

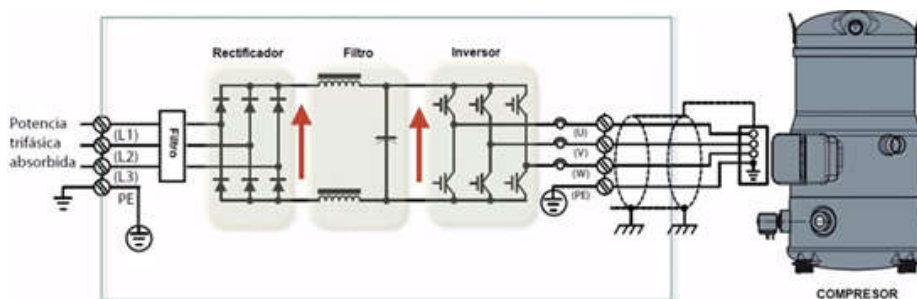
DIDATRONICA

-Power Electronic-



MODULO: DT-001PE

“Tecnología Inverter: Teoría y Aplicaciones”



Fredy Marius

2018

CONTENIDO

[Introducción, 4](#) NOTA: Haga "Control + Clic" en los tópicos del Contenido para llegar a la página deseada.

[I-Visión Básica de Electricidad y Magnetismo, 5](#)

[a-Leyes: Faraday-Lenz; Ohm; Kirchhoff; Ampere, 5](#)

[b- Corrientes y Voltajes AC y DC; Tipos de Ondas, Valor Eficaz, 8](#)

[c-Principio de Motores Eléctricos AC: Monofásicos y 3 Fases, Inducción, Universales, Torque, RLA \(FLA\) y LRA, 14](#)

[d-Principio de Motores Eléctricos DC: Serie, Paralelo, Compound, Stepper \(Paso a paso\), Servo. Controles, 22](#)

[e-Componentes: Resistencia, Condensador, Inductor. Corrientes y Voltajes DC y AC. Potencias: Activa, Aparente y Reactiva; Transformadores; Factor de Potencia y Corrección. 27](#)

[II-Visión Básica de Electrónica, 42](#)

[a-Componentes: Diodos: Zener, Schottky, Led, Transistores BJT \(Corte-Activo-Saturación\), MOSFET, IGBT, TIRISTORES \(SCR, FET, UNIUNCTION\). Optoisolator, Osciladores, Amplificadores, Comparadores, ¿Qué es la Modulación? La Modulación PWM, 42](#)

[b-Componentes Digitales: 1-Circuitos Combinacionales: Compuertas lógicas 2-Circuitos Secuenciales: SR, D, JK, Multivibradores, Etc., 110](#)

[c-Fuentes de poder estándar: Media Onda, Onda Completa. Reguladores de Voltajes, Fuentes Trifásicas, Fuentes Conmutadas. 124](#)

[III-Visión Básica de Refrigeración y Aire Acondicionado, 141](#)

[a-Ciclo Básico de refrigeración y sus Componentes, 138](#)

[b-Componentes: Compresor \(Tipos: Rotativos, Scroll, D. Positivo\); Evaporador; Los Refrigerantes; Condensador; Separador de Aceite, Válvula Expansión, Timer; Válvula de Solenoide, Relays \(Análogos y de estados Sólidos\) Sensores, \(1-Tipo Efecto Hall, Etc\). 2-Termostatos, 3-Termistores \[NTC, PTC\], 4-Protectores Térmicos para Motores, LDR \(Light Dependent Resistor\), 5-Termocoplador o Termopar, 6- Switch de Presión, 7-Limit Switch, 8-Flow Switch, 9-Tacómetro, 10-Caudalímetro, 11-Float Switch, 12-Controles de Protección de Temperatura. 13-El Fusible, 14-El Control Remoto, 15-Controles Universales, 143](#)

IV- LA TECNOLOGIA INVERTER: VFD, MODULO IPM-Averías, 214

a-Introducción a la Tecnología Inverter, 214

b-1-Variadores de Frecuencias (VFD); Teoría Básica Componentes, Funcionamiento, 2-Modulo IPM: Averías y Códigos de Errores, 227

c-Módulos Universales, 227

d-Otras Aplicaciones en el Mercado: 1-Máquinas de Soldar, 2-Lavadoras, 3-Smart TV, 4-Automóvil Eléctrico (Tesla), 5-Equipos Marinos, 6-Aire Acondicionado Solar

Inverter., 352

e-Sistemas UPS, 359

f-Energías Alternativas de hoy: Inver-Solar e Inver-Eólica., 362

g-Sistemas de Controles Avanzados: ON-OFF, PID y PLC, 364

h-Reconocimiento de Fabricantes de Marcas:, 369

-Samsung; Frigidaire, Carrier, General Electric, Westinghouse, LG, Mitsubishi; Fujitsu; Daikir; Keeprite; Copeland; Sharp; Panasonic; York, Kenmore, Whirlpool, Yonan Mini Split, Toshiba.

i-¿Cómo el Técnico debe recomendar un Sistema de Aire Acondicionado? 369

-APENDICE, 373

A-Aplicaciones y Ventajas del VFD. 373

B-Medidores Eléctricos para Mantenimiento y Averías, 374

C-Como Medir la Tension de Salida desde un VFD a un Motor, 377

D-Control de motores de CC "Puente H" 400

E-Glosario Técnico Inglés – Español,405

F-Referencias y Ayudas del Internet, 412

G-Códigos de Seguridad Eléctrico y Estándares, 420

H-Didatrónica: Otros Cursos de Interés para Estudiantes, Técnicos e Ingenieros, 424

El Técnico actual debe estar a la vanguardia de la tecnología, de lo contrario estará destinado al fracaso de sus Conocimientos y por ende a sus Ingresos.

INTRODUCCION

-La tecnología avanza cada día más y los ingenieros, técnicos y estudiantes necesitan conectarse al ritmo de esa tecnología, de lo contrario no avanzara en el saber y en lo económico. Por tal motivo es necesario ponerse al día.

-En el contenido, se muestra todo lo que trataremos desde los conceptos básicos de la electricidad y electrónica hasta los conceptos avanzados hasta llegar a la comprensión de la tecnología Inverter con sus aplicaciones y soluciones de averías, que es nuestro principal objetivo.

-La duración de este módulo dependerá de los conocimientos que tengan los participantes y su sentido de superación, por lo que a mayor conocimiento, mejor entendimiento a menor tiempo. Sin embargo se tomará en cuenta que los participantes tengan ciertos conocimientos generales de Electricidad y Electrónica.

-Se presentará un cuestionario de Admisión de 12 preguntas simplemente para evaluar, en sentido general, el promedio de conocimiento de los estudiantes en lo básico de Electricidad y Electrónica, lo cual me dará una idea promedio del nivel a que me voy a enfrentar para el entrenamiento.

-En el curso Iniciaremos con los conocimientos básicos de la Electricidad, Magnetismo y Electrónica, los cuales aplicarán en el tema central en cuestión, luego pasaremos a una revisión del Sistema de Aire Acondicionado y luego a la teoría del Inverter (VFD), sus aplicaciones y averías.

-El principal objetivo es que los estudiantes de ingeniería, profesionales, técnicos o profesores de ingeniería tengan a mano los recursos para ponerse al día en las nuevas tecnologías en la ingeniería de la industria de hoy. Esto ayudará tanto en la parte técnica como en la parte económica, ya que podrá aumentar sus ingresos por el conocimiento de estas tecnologías, aplicadas a Motores, a la reparación y mantenimiento en Refrigeración, Aire Acondicionado, Smart TV, equipos de Soldadura Industrial y otros tantos equipos electrónicos con la tecnología Inverter.

Algo muy importante: Es muy necesario aprender los términos básicos en **INGLES** con relación a todo lo concerniente en este módulo, ya que ello conduce a una mejor interpretación a la solución de los problemas. Por eso en todo momento he mantenido este propósito durante todo el curso incluyendo en el Apéndice un glosario inglés-español, de los términos más comunes usados en nuestro tema. Los códigos de averías, generalmente están en inglés, pero

algunos fabricantes, como la Toshiba, las tiene en cinco idiomas y puedes cargar su aplicación en tu celular y tener siempre a mano la solución. Para otros cursos, favor ver Apéndice G.

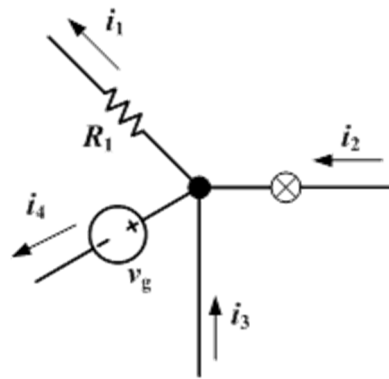
I-Visión Básica de Electricidad y Magnetismo

a-Leyes: 1-Kirchoff;2- Ohm, 3-Faraday-Lenz; 4-Ampere

-A grosso modo, veamos las leyes principales del electromagnetismo.

a-Primera Ley de Kirchoff (Corriente)

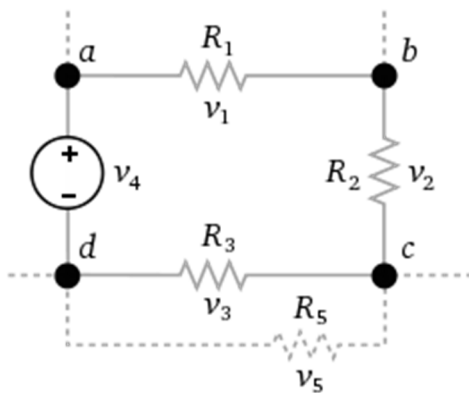
$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$



En

cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero.

b-Segunda Ley de Kirchoff (Voltaje)



$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$

La suma de las diferencias de voltajes en cada nodo es igual a cero.

2-LEY DE OHM



El triángulo de la ley de Ohm.

La Ley de Ohm es uno de los pilares de la electricidad y de la electrónica. Su fórmula, bastante simple, relaciona las tres magnitudes eléctricas fundamentales: la tensión, la corriente y la resistencia.

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

Ley de Ohm: fórmula para calcular la corriente conociendo la tensión y la resistencia.

Es decir, la corriente equivale a la tensión dividida la resistencia. Mayor será la tensión, mayor la corriente. Mayor la resistencia, menor la corriente. Si aplicamos el pasaje de términos en la fórmula podemos obtener la tensión y también la resistencia como incógnitas. Estas serían las fórmulas derivadas:

$$V = I * R$$

Fórmula para calcular la tensión conociendo la corriente y la resistencia.

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

Fórmula para calcular la resistencia conociendo la tensión y la corriente.

La tensión (o diferencia de potencial) se mide en Volts (V), la corriente en Amperios o Amperes (A) y la resistencia en Ohm (Ω)

Potencia eléctrica y Ley de Ohm

La fórmula de la potencia eléctrica (que se mide en Watt) es muy sencilla y equivale a la tensión multiplicada por la corriente.

$$P = V * I$$

De esta forma logramos obtener fórmulas de potencia que incluyen la resistencia.

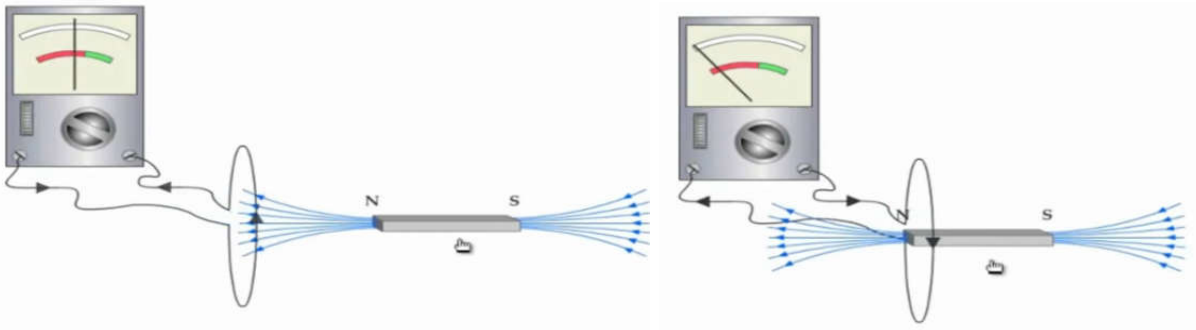
$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$P = I^2 \cdot R$$

3 - Faraday - Lenz

1. **La ley de Faraday**, descubierta por el físico del siglo XIX [Michael Faraday](#).

Relaciona la razón de cambio de [flujo magnético](#) que pasa a través de una espira (o lazo) con la magnitud de la *fuerza electromotriz* \mathcal{E}



- 2.
3. La FEM inducida es directamente proporcional a la **rapidez** con que **cambia** con el **tiempo** el flujo magnético que atraviesa el área que encierra la espira
 $\mathcal{E} = d\Phi/dt$, o sea la variación del flujo magnético produce una FEM

La fuerza electromotriz, o *FEM*, se refiere a la diferencia de potencial a través de la espira *descargada* (es decir, cuando la resistencia en el circuito es alta). En la práctica es a menudo suficiente pensar la FEM como un voltaje, pues tanto el voltaje y como la FEM se miden con la misma unidad, el [volt](#).

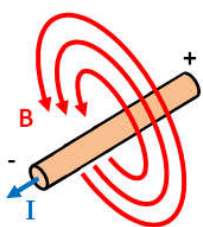
4. **La ley de Lenz** es una consecuencia del [principio de conservación de la energía](#) aplicado a la inducción electromagnética. Fue formulada por [Heinrich Lenz](#) en 1833. Mientras que la *ley de Faraday nos dice la magnitud de la FEM producida, la ley de Lenz nos dice en qué dirección fluye la corriente*, y establece que la dirección siempre es tal que **se opone al cambio de flujo que la produce**. Esto significa que cada campo magnético generado por una corriente inducida va en la dirección **opuesta** al cambio en el campo original. Se experimenta cuando se

desconecta un Relé (Relay) por eso se le conecta en paralelo, un diodo de protección.

4-Ley de Ampere

"La circulación de un campo magnético a lo largo de una línea cerrada es igual al producto de μ_0 por la intensidad neta que atraviesa el área limitada por la trayectoria".

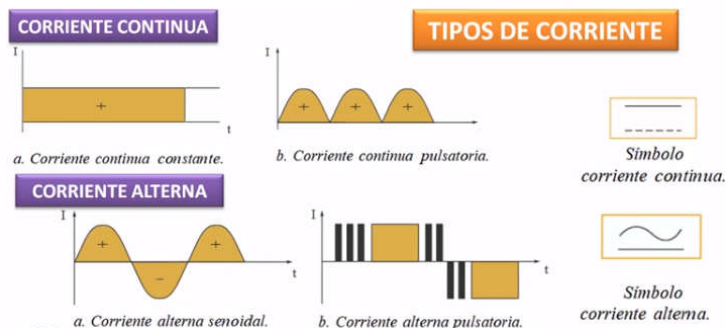
$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot i$$



- El campo magnético en el espacio alrededor de una corriente eléctrica, es proporcional a la corriente eléctrica que constituye su fuente, de la misma forma que el campo eléctrico en el espacio alrededor de una carga, es proporcional a esa carga que constituye su fuente.

Concepto: Una corriente eléctrica variable produce un campo magnético, siguiendo la ley de Ampere.

b- Corrientes y Voltajes DC y AC; Tipos de Ondas, Valor Eficaz;



CORRIENTE CONTINUA

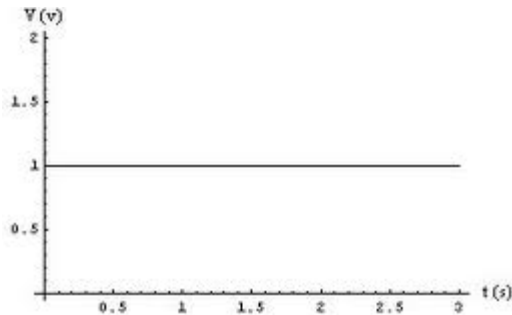
La corriente continua **la producen las baterías, las pilas y las dinamos**. Entre los extremos de cualquiera de estos generadores se genera una **tensión constante**

que no varía con el tiempo. Por ejemplo, si la pila es de 12 voltios, todo los receptores que se conecten a la pila estarán siempre a 12 voltios (a no ser que la pila este gastada y tenga menos tensión).

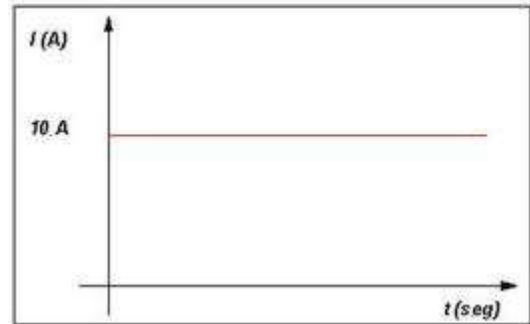
Además de estar todos los receptores a la tensión de la pila, al conectar el receptor (una lámpara por ejemplo) la corriente que circula por el circuito es siempre constante (mismo número de electrones) , y no varía de dirección de circulación, siempre va en la misma dirección. Por eso siempre el polo + y el negativo son los mismos.

Conclusión, en c.c. (corriente continua o DC) la Tensión siempre es la misma y la Intensidad de corriente también.

Si tuviéramos que representar las señales eléctricas de la Tensión y la Intensidad en corriente continua en una gráfica quedarían de la siguiente forma:



a-Voltaje Directo



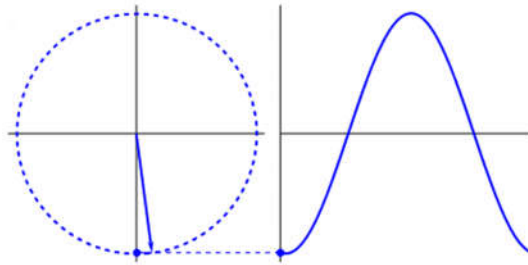
b-Corriente Directa

Prácticamente todos los equipos electrónicos, como un ordenador, aunque se conecten a corriente alterna, utilizan corriente continua. En su interior llevan una fuentes de alimentación que hace de convertidor de corriente alterna a continua.

CORRIENTE ALTERNA

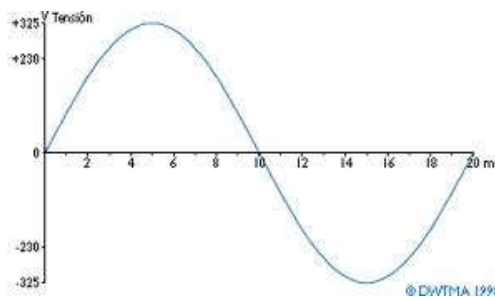
Este tipo de corriente **es producida por los alternadores** y es la que se genera en las centrales eléctricas. La corriente que usamos en los enchufes o tomas de corriente de las viviendas es de este tipo. Este tipo de corriente es la más habitual porque es la más fácil de generar y transportar.

El alternador hace girar sus espiras (rotor) 60 veces cada segundo generando **una onda de corriente y tensión senoidal o sinusoidal**. Esta velocidad de giro se dice que tiene una frecuencia de 60Hz (vueltas por segundo). En Europa es de 50Hz.



En este tipo de corriente, la intensidad varía con el tiempo (número de electrones variable) y además, cambia de sentido de circulación 60 veces cada segundo (frecuencia de 60Hz). También la tensión generada entre los dos bornes (polos) varía con el tiempo en forma de onda senoidal (ver gráfica), por lo que no es constante.

Veamos cómo es la gráfica de la tensión en corriente alterna.



Onda Senoidal

Como vemos pasa 2 veces por 0V (voltios) y 2 veces por la tensión máxima (V_0) que es de 325V (ahora de 400V). Es tan rápida la velocidad a la que se genera la onda que cuando no hay tensión en los receptores, no se aprecia y no se nota, excepto en los tubos fluorescentes (efecto estroboscópico). Además vemos como a los 10ms (milisegundos) la dirección cambia y se invierten los polos, ahora llega a una tensión máxima de -325V (tensión negativa).

Esta onda se conoce como **onda alterna senoidal** y es la más común ya que es la que tenemos en nuestras casas. La onda de la intensidad sería de igual forma pero con los valores de la intensidad

lógicamente, en lugar de los de la tensión.

La onda senoidal que genera el alternador tiene en cada instante el mismo valor que la proyección sobre el eje Y del punto donde se encuentra la espira:

El **ángulo de fase φ** de una señal alterna es el ángulo que forma el vector que la representa con el origen de ángulos, en el instante inicial. El desfase es el ángulo que la señal considerada presenta respecto a una señal de referencia de la misma frecuencia.

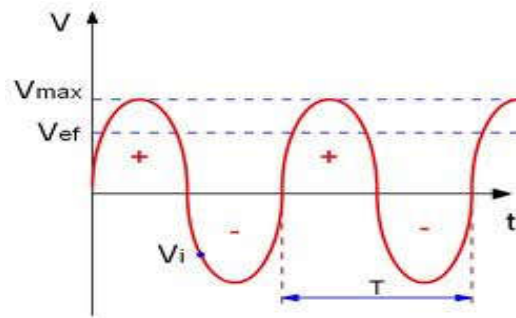
Veamos **los valores más característicos** de este tipo de corriente según su curva senoidal.

- Valor Instantáneo: El valor instantáneo (en un instante cualquiera) de la onda será: $v(t) = V_{\max} \cdot \text{sen}(\varphi)$
- Valor máximo: Es el máximo valor que toma la señal alterna durante un ciclo: V_{\max}
- Valor mínimo: Es el mínimo valor que toma la señal alterna durante un ciclo. Es el mismo que el máximo pero de signo contrario: V_{\min} ($V_{\min} = -V_{\max}$)
- Valor de cresta o de pico: Para una única señal alterna, coincide con el valor máximo.
- Valor de pico a pico: Es la diferencia de amplitud entre el pico y el valle de la señal. Para una única señal alterna, es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo.
- **Valor eficaz:** Es aquel valor que, en las mismas condiciones, produce los mismos efectos caloríficos en una resistencia eléctrica que una magnitud (tensión o intensidad) continua del mismo valor.

Matemáticamente es:

$$V_{\text{efi}} = V_{\text{máximo}} / \sqrt{2}$$

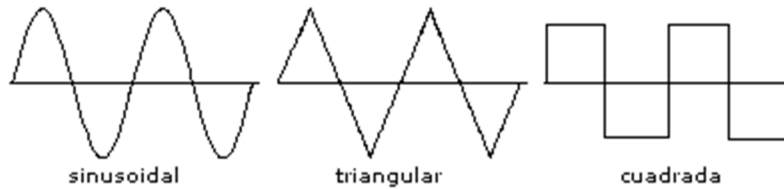
- Como ya vimos la frecuencia de la onda (f) es el número de ciclos de la onda que se repitan cada segundo y se expresa en Hertzios. suele ser una onda de **60Hz de frecuencia** (50Hz en Europa).



- El periodo (T) es la duración de un ciclo y es la inversa de la frecuencia. $T = 1/f$ $f =$ frecuencia
 - ω es la velocidad angular de la onda o ángulo girado por la onda en la unidad de tiempo (radianes/segundo). 1 ciclo son 2π radianes.
- $\omega = 2 \times \pi \times f$. (π es el número pi) Se expresa en radianes/segundo.
- La amplitud de la señal es la distancia entre 2 picos o valles.

La curva de la tensión generada por un alternador (corriente alterna) y la curva de la intensidad tendrán la misma forma (senoidal) pero con diferentes valores máximos.

Otras Ondas:

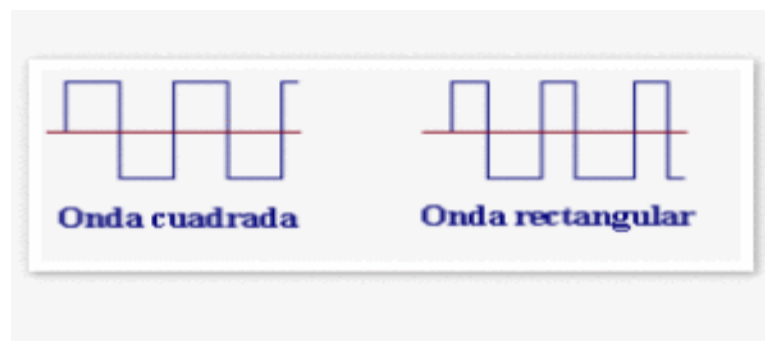


Además de las ondas Senoidales, existen otras ondas muy importantes para nuestro estudio: La Onda Cuadrada y la Diente de Sierra o Triangular. Si conoces la transformada de Fourier, te recomiendo la uses para obtener sus armónicos, periodos, Etc.

1-Onda Cuadrada

Las ondas cuadradas son básicamente ondas que pasan de un estado a otro de tensión, a intervalos regulares, en un tiempo muy reducido. Son utilizadas usualmente para probar amplificadores (esto es debido a que este tipo de señales contienen en si mismas todas las frecuencias). La televisión, la radio y los ordenadores utilizan mucho este tipo de señales, fundamentalmente como relojes y temporizadores.

Las ondas rectangulares se diferencian de las cuadradas en no tener iguales los intervalos en los que la tensión permanece a nivel alto y bajo. Son particularmente importantes para analizar circuitos digitales y en los Reguladores Inverter.



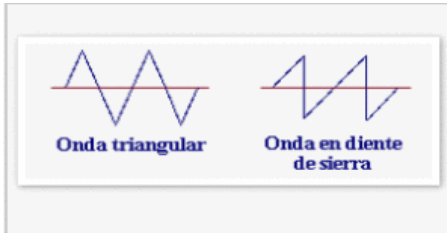
Se conoce por **onda cuadrada** a la onda de corriente alterna (CA) que alterna su valor entre dos valores extremos sin pasar por los valores intermedios (al contrario de

lo que sucede con la onda senoidal y la onda triangular, etc.)

Se usa principalmente para la generación de pulsos eléctricos que son usados como señales (1 y 0) que permiten ser manipuladas fácilmente, un circuito electrónico que genera ondas cuadradas se conoce como generador de pulsos, este tipo de circuitos es la base de la electrónica digital Esta onda las veremos con más calma cuando estudiemos la **PWM**.

2-Onda Triangular o Diente de Sierra

Se producen en circuitos diseñados para controlar voltajes linealmente, como pueden ser, por ejemplo, el barrido horizontal de un osciloscopio analógico ó el barrido tanto horizontal como vertical de una televisión. Las transiciones entre el nivel mínimo y máximo de la señal cambian a un ritmo constante. Estas transiciones se denominan rampas. Esta onda se usa como transportadora en los Inverter para la producción del voltaje directo modulado en los compresores.

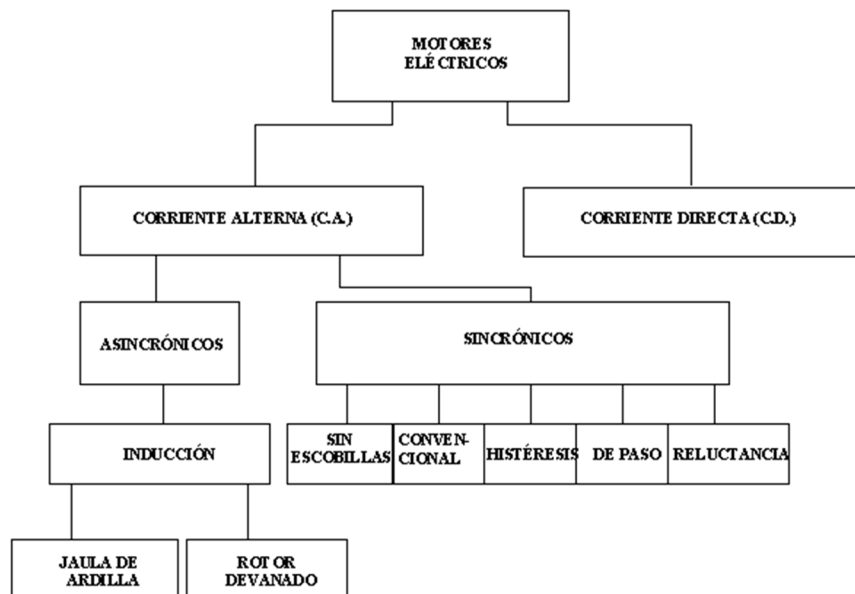


La onda en diente de sierra es un caso especial de señal triangular con una rampa descendente de mucha más pendiente que la rampa ascendente.

-La Alimentación Básica de una Residencia:

c-Principio de Motores Eléctricos AC: Monofásicos y 3 Fases, Inducción, Universales, Torque.

Clasificación de los Motores Eléctricos:



- Motores de Corriente Alterna (CA): Sincrónicos/Asincrónicos.
Monofásicos y Trifásicos:

- Sincrónicos/Asincrónicos

Ambos motores son de corriente alterna, la diferencia entre estos radica en que un motor sincrónico gira a una velocidad llamada sincrónica que es directamente proporcional a la frecuencia de línea con que es alimentado, un motor asincrónico gira a una velocidad un poco menor que la sincrónica

debido a una característica de estos motores

$$n_s = f \times 60 / P$$

$$n_s = (1-S) \times f$$

$$n_s = \frac{120 \times f}{2p} \times (1 - s)$$

Donde:
 n_s = Rotación sincrónica (rpm);
 f = Frecuencia (Hz);
 $2p$ = Numero de polos;
 s = Deslizamiento

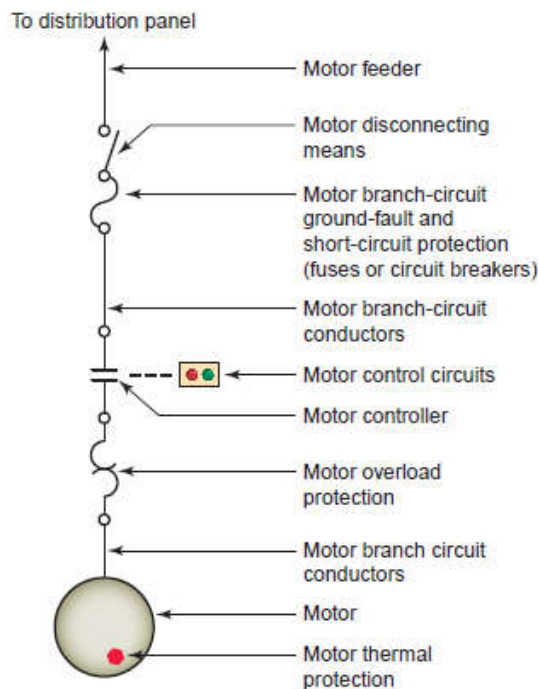
N = Velocidad

f = Frecuencia

P = Numero de

S = Resbalam

Nº de polos	Rotación sincrónica por minuto	
	60 Hz	50Hz
2	3600	3000
4	1800	1500
6	1200	1000
8	900	750



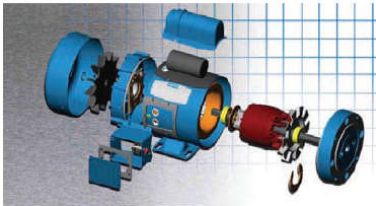
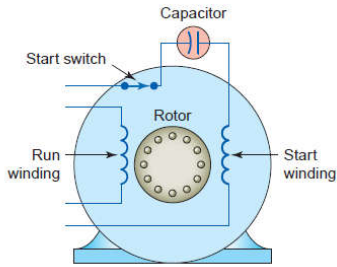
← Terminología de Instalación de un Motor convencional (Ver glosario para la traducción)

Motor monofásico.

▪ Un motor monofásico funciona a través de una fuente de potencia

monofásica.

- En el cableado de un motor monofásico, podemos encontrar dos tipos de cables: uno caliente y otro neutro.
- Poseen una potencia de hasta 3KW.
- En un sistema monofásico, los voltajes de alimentación varían al unísono. Utiliza dos arrollamientos: uno de Arranque y otro de Marcha.
- Pueden alimentarse entre una fase y el neutro.
- Preferido para el uso en hogares, oficinas, tiendas, empresas pequeñas no industriales y en algunos casos en fábricas pequeñas debido a que alcanza los requerimientos de potencia de estos lugares. Su uso dentro de grandes áreas o sectores es muy raro.



- No produce un campo magnético rotatorio, solo pueden crear un campo alterno. Esto significa que primero tiran en una dirección y luego de manera contraria. Asimismo, al no generar un campo rotatorio no puede arrancar por sí solo. Necesita de un condensador para el arranque.

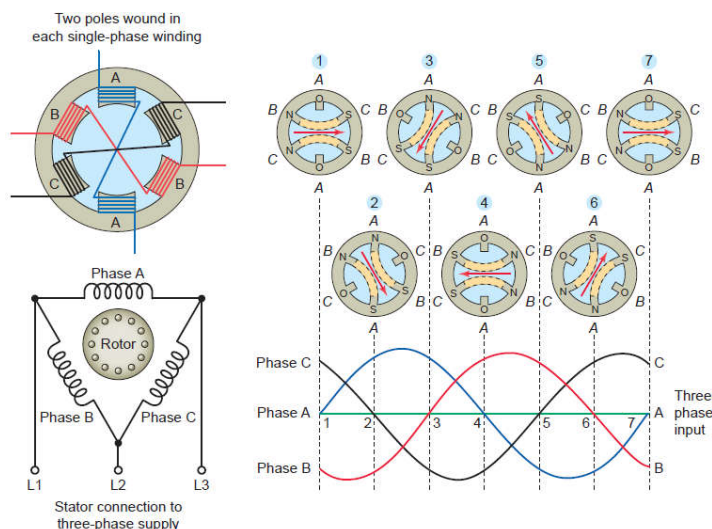
- Consta de una parte fija (estator) y otra móvil (rotor).

- La ejecución de un motor monofásico puede ser un poco más ruidosa y con vibraciones.

- Sus aplicaciones pueden ser variadas: para la refrigeración comercial y doméstica, ventilación, calefacción, bombas de agua, compresoras de aire y todo lo que tenga que ver con el movimiento del aire.
- Fáciles de reparar y cuidar.
- Precio más asequible.
- El condensador genera un torque por el desfase de la corriente 90°

Motor Trifásico:

- Funciona a través de una fuente de potencia trifásica. Es impulsado por tres corrientes alternas de la misma frecuencia, los cuales alcanzan sus valores máximos de forma alternada. Esto resulta en una transferencia constante de potencia durante cada ciclo de la corriente, haciendo posible producir un campo magnético rotatorio en el motor. Arranca por sí solo, sus tres fases se encargan de generar el torque.



- En un sistema trifásico, su función alterna entre generar, transmitir y distribuir la energía.

- Poseen una potencia de hasta 300KW y velocidades entre 900 y 3600 RPM.

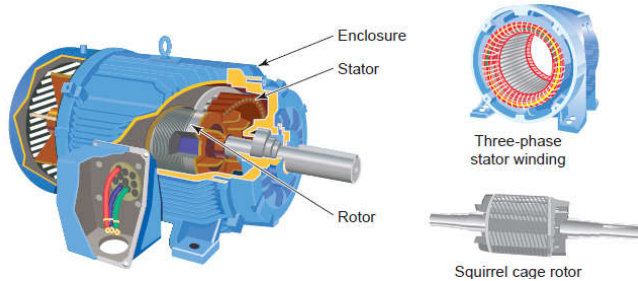
- Muy usado en el sector industrial ya que posee una potencia mayor de 150% que un motor monofásico. Asimismo, la energía eléctrica trifásica

es el método más común utilizado por las redes eléctricas en todo el mundo debido a que transfieren más potencia.

- La energía eléctrica trifásica es más económica ya que usa menos material conductor para transmitir energía. Es decir, disminuye el consumo de energía.
- Consta de una parte fija (estator) y otra móvil (rotor).
- Tiene una marcha más pareja que el motor monofásico. No produce vibraciones y es mucho menos ruidoso.
- Su costo suele ser un poco más elevado.

-El Motor de Inducción:

Los Motores de Inducción o Asíncronos pueden ser de: Jaula de Ardilla y Rotor Bobinado:

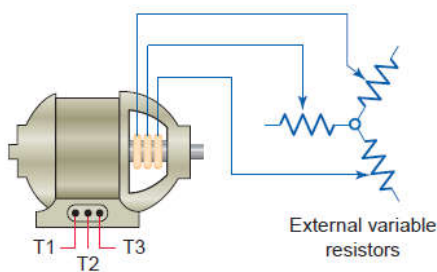


El motor de jaula de

ardilla

consta de un rotor constituido por una serie de conductores metálicos (normalmente de aluminio) dispuestos paralelamente unos a

otros, y cortocircuitados en sus extremos por unos anillos metálicos, esto es lo que forma la llamada jaula de ardilla por su similitud gráfica con una jaula de ardilla. Esta 'jaula' se rellena de material, normalmente chapa apilada. De esta manera, se consigue un sistema n-fásico de conductores (siendo n el número de conductores, comúnmente 3) situado en el interior del campo magnético giratorio creado por el estator, con lo cual se tiene un sistema físico muy eficaz, simple, y muy robusto (básicamente, no requiere mantenimiento al carecer de escobillas).



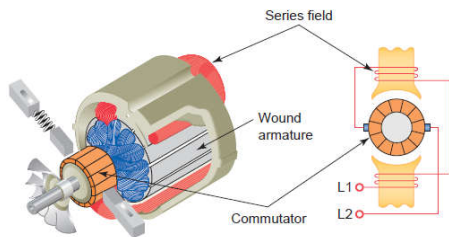
El motor de rotor bobinado

tiene un rotor constituido, en vez de por una jaula, por una serie de conductores bobinados sobre él en una serie de ranuras situadas sobre su superficie. De esta forma se tiene un bobinado en el interior del campo magnético del estator, del mismo número de polos (ha de ser construido con mucho cuidado), y en

movimiento. Este rotor es mucho más complicado de fabricar y mantener que el de jaula de ardilla, pero permite el acceso al mismo desde el

exterior a través de unos anillos que son los que cortocircuitan los bobinados. Esto tiene ventajas, normalmente es como la posibilidad de utilizar un reóstato de arranque que permite modificar la velocidad y el par de arranque, así como el reducir la corriente de arranque.

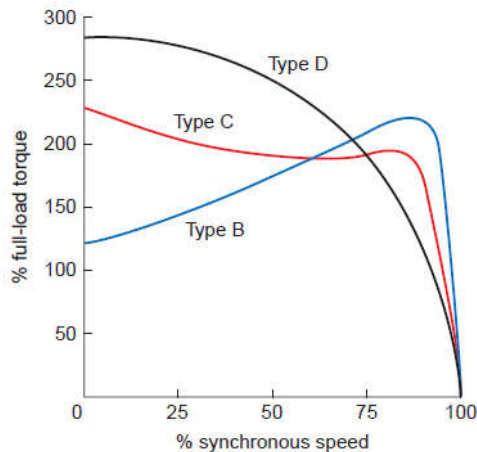
En cualquiera de los dos casos, el campo magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera unas corrientes inducidas en el rotor, que son las que producen el movimiento.



-El **motor universal** se denomina así por ser el único motor que puede conectarse tanto a corriente alterna como a corriente continua. Cuando el **motor universal** se conecta a la corriente continua con una carga constante, la velocidad y la potencia aumentan proporcionalmente con el voltaje aplicado. Cuando este motor se conecta a la corriente alterna con carga constante, la velocidad y la potencia aumentan proporcionalmente con el voltaje aplicado a partir de los 3000 r.p.m. (revoluciones por minuto): Usos en Taladros, Licuadoras, Etc.

-Torque (Par Motor) En sistemas Convencionales

El **par motor** es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión. En los **motores eléctricos** sin embargo, **el par motor** es máximo al inicio del arranque, disminuyendo luego paulatinamente con el régimen. Tipos: B, C y D.



En los sistemas convencionales el torque es variable, produciendo pérdidas.

En los sistemas Inverter, el torque es constante, lo que implica mayor eficiencia y menos

desgaste en el compresor, como veremos mas adelante.

-RLA y LRA

Estos son dos datos muy importantes que trae la Placa del motor del Compresor y cualquier motor.



Run-Load and Locked-Rotor Amperage

- Running load amperage (RLA)
 - Similar to full load amperage (FLA); amperage drawn while operating
- **Locked rotor amperage (LRA)**
 - Five to seven times greater than RLA or FLA; amperage drawn on startup
- Both RLA and LRA must be considered when choosing a control device

El LRA (Locked Rotor Amperage), es la corriente de arranque, la cual es casi cinco veces la LRA mientras que RLA (Running Locked Amperaje) es la corriente de trabajo. Estos valores nos pueden diagnosticar la condición del compresor.

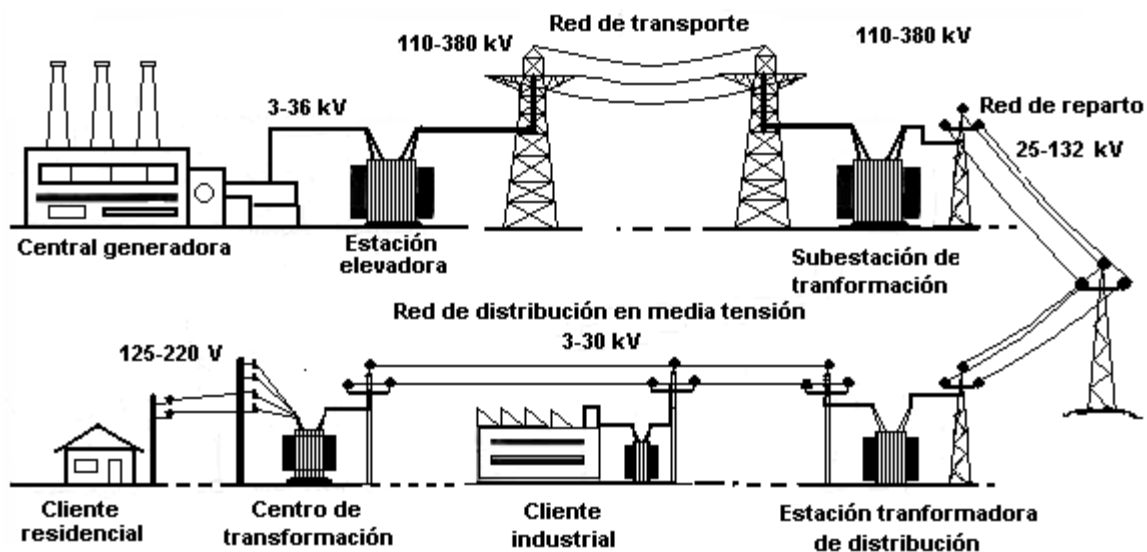
En la placa de arriba del motor: RLA = 35 Amp. y LRA = 160 Amp.

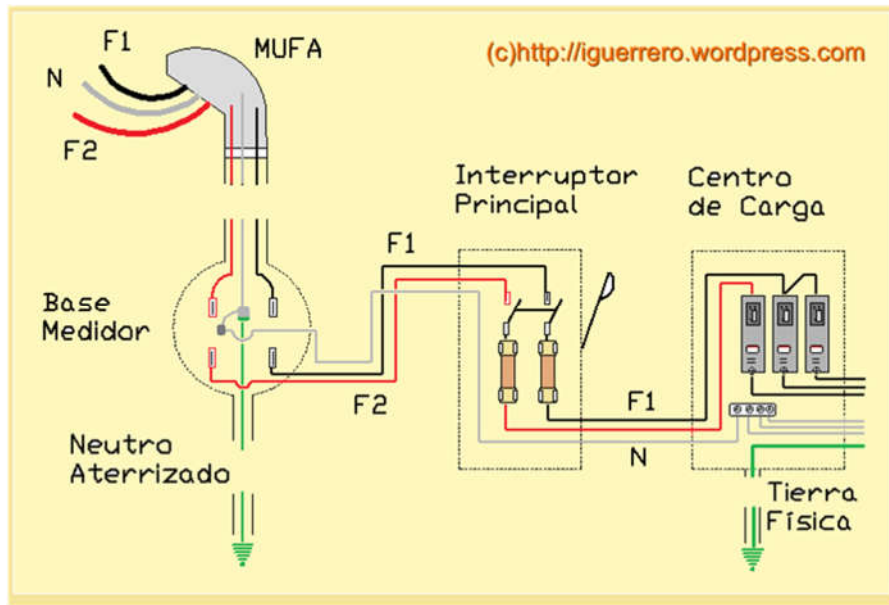
Note que LRA es casi 4.6 veces mayor que RLA. Esto no sucede en los motores inverter. El arranque es suave y el torque es constante.

-ALIMENTACION DE POTENCIA RESIDENCIAL:

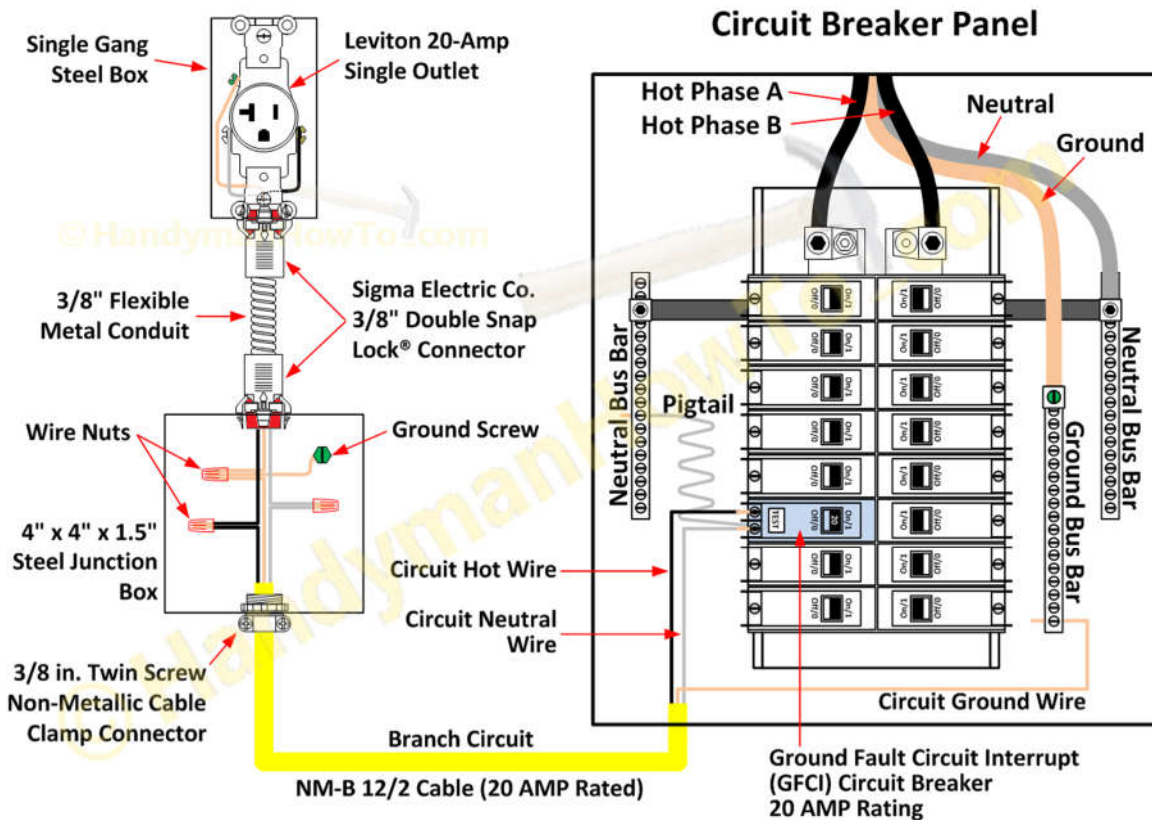
A continuación una breve descripción de la alimentación eléctrica residencial, de manera que el técnico tenga una idea de lo que se podría enfrentar.

En la primera gráfica notamos como nos llega la electricidad a nuestros hogares.



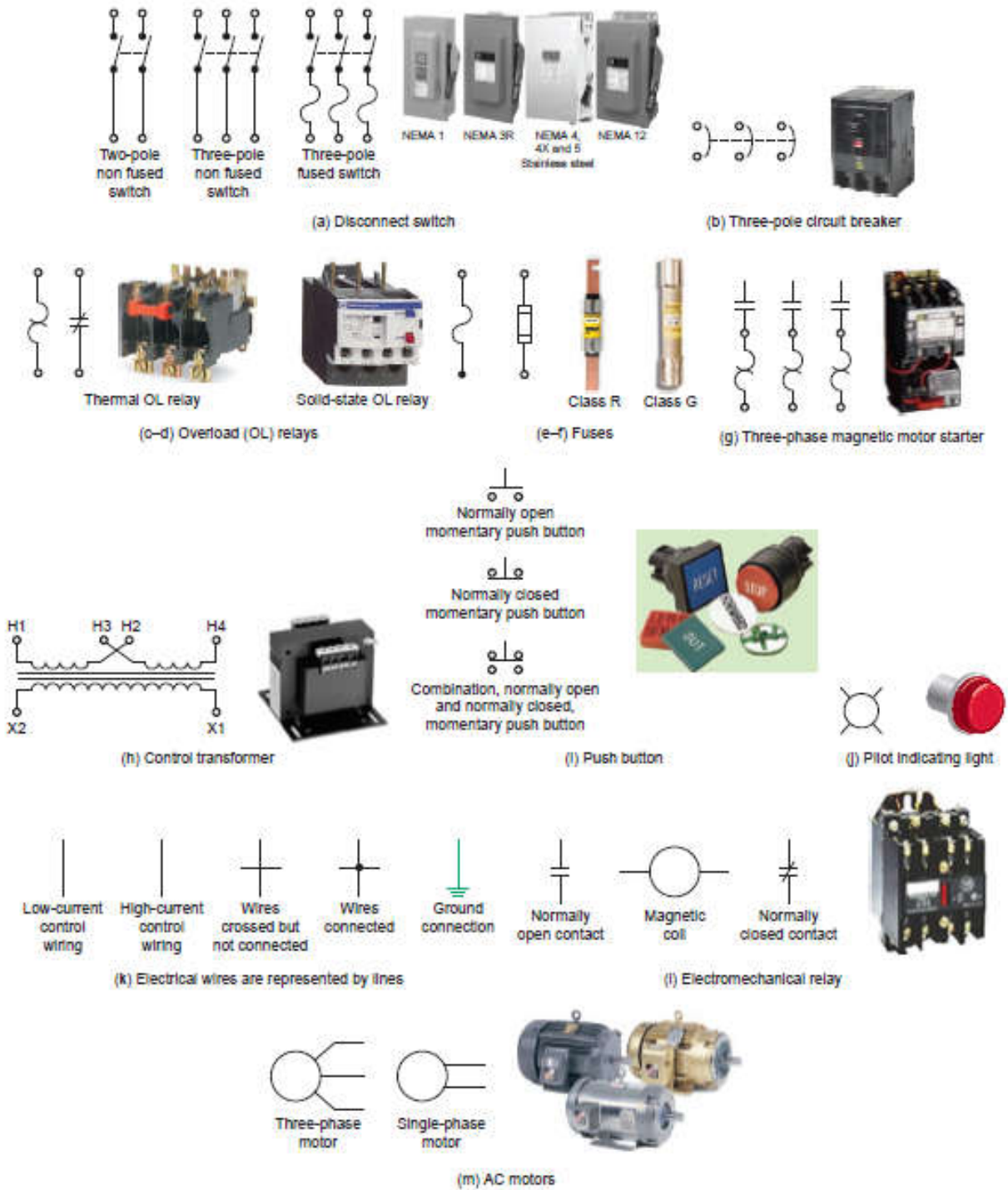


La alimentación Secundaria Exterior: F₁, F₂ y N (220VAC-120VAC) 60Hz



Panel convencional: Fases A, B, Neutro y Tierra

-Como una guía (por si acaso), les dejo con la simbología general de Motores. (Para la traducción al español, véase el Apéndice; pero les aconsejo aprendérselo de memoria).



d-Principio de Motores Eléctricos DC: Serie, Paralelo, Compound, Stepper (Paso a paso), Servo.

Estos motores de DC o CC se clasifican por la forma de conexión de sus **bobinas inductoras e inducidas**.

Podemos encontrar:

- *Motor de excitación independiente*

Son aquellos que obtienen la **alimentación del rotor y del estator** de dos fuentes de tensión independientes. El campo del estator es constante al no depender de la carga del motor, y el par de fuerza es prácticamente constante también. Las variaciones de velocidad al aumentar la carga se deberán a la disminución de la fuerza electromotriz por aumentar la caída de tensión en el rotor.

- *Motor en serie o de excitación en serie*

Consiste en un motor eléctrico de **corriente continua** en el cual **el inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie**. La conexión forma un circuito en serie en el que la intensidad es absorbida por el motor al conectarlo a la red es la misma, tanto para la bobina conductora (del estator) como para la bobina inducida (del rotor). El voltaje aplicado es constante mientras que el campo de excitación aumenta con la carga.

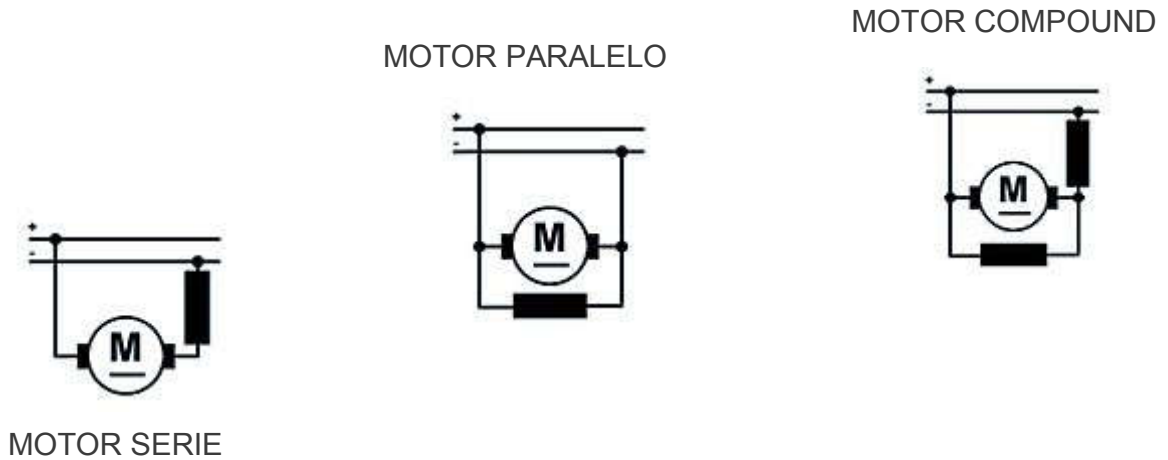
- *Motor en derivación o motor Shunt*

Motor eléctrico de **corriente continua** cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación o paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar. En este tipo de motores la **velocidad se mantiene** prácticamente constante para cualquier carga. De toda la corriente absorbida por el motor, una parte circula por las bobinas inducidas y la otra por la inductoras.

- *Motor Compound*

Motor eléctrico de **corriente continua** cuya excitación es originada por **dos bobinados inductores independientes**; uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados.

Una parte de la intensidad de corriente absorbida circula por las bobinas inducidas y por una de las inductoras, mientras que el resto de la corriente recorre la otra bobina inductora.



-Motores Stepper (Paso a Paso)



El **motor paso a paso** conocido también como **motor de pasos** es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un [convertor digital-analógico](#) (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de [sistemas digitales](#). Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan los [robots](#), [drones](#), [radiocontrol](#), [impresoras](#)

digitales, automatización, fotocomponedoras, pre prensa, Las persianas del Evaporador para el control de la dirección del aire.

Fig. 13: Este motor es considerado como un motor digital, ya que opera a través de secuencias de pulsos.

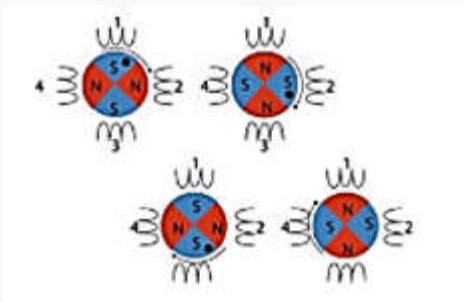
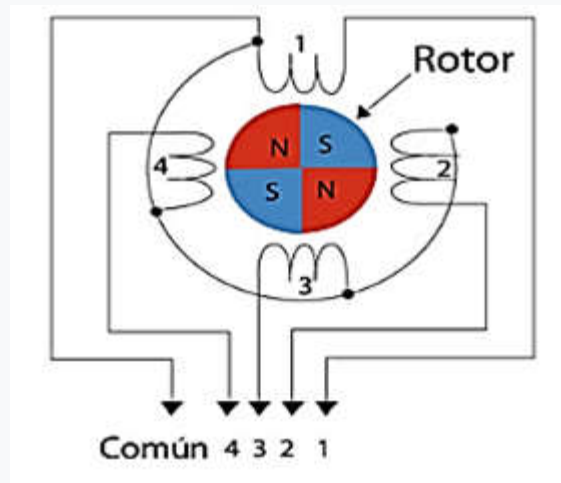


Fig. 14: Una secuencia de bobinas son energizadas con el fin de orientar el núcleo a una posición específica.

Una Nota importante a los Técnicos:

MOTOR OSCILADOR (MOTOR A PASOS)

Nos referimos directamente al motor que se encarga de mover la rejilla de salida de aire del evaporador. Muchas veces no conocer su funcionamiento es un verdadero dolor de cabeza al querer resolver una falla extraña en esta sección. Podemos darnos cuenta que este componente cuenta con múltiples cables en su conector que puede darnos una nueva impresión o hacernos dudar del funcionamiento del mismo.

Realmente no tiene mucha complicación. El motor oscilador se le conoce en electrónica como Motor a Pasos. Esto es porque los giros que realiza, los hace lentamente a través de una serie de secuencias comandadas desde el microcontrolador. Internamente está constituido por cuatro bobinas o devanados unidos entre sí por un mismo cable, que denominaremos "Común", así mismo existe un cable asignado para cada bobina para ser energizada y dar secuencia al movimiento del rotor (ver figura 13 y 14). El rotor tiene incrustaciones magnéticas mismas que serán orientadas según la polarización de las bobinas. Para hacer girar el motor en sentido contrario sólo basta con invertir la secuencia de voltaje en las terminales de las bobinas.

Este tipo de motor opera con 12VDC, sin embargo, este voltaje no puede ser medido con un multímetro convencional, para esto se requiere un osciloscopio. Midiendo la resistencia de los devanados podemos darnos una idea si el motor está en buen estado eléctricamente.

Igualmente:

MOTOR SWING

En los equipos tipo mini-split, se utiliza un motor a pasos para controlar el movimiento del deflector de aire. A través de este motor, la rejilla se posiciona en la dirección donde lo necesita el usuario. A simple vista este proceso cíclico puede resultar muy sencillo, sin embargo, puede ocasionar un gran dolor de cabeza cuando se desconoce el principio de operación de este componente y más aún si cree que opera con 12 VDC.



Fig.17: Es el usado en el sistema de deflexión del aire en el evaporador, y como ya vimos tienen cinco terminales a tomar en cuenta.

Dentro de su composición cuenta con una particularidad: tiene cuatro bobinados que están unidos hacia una terminal común para obtener, en la mayoría de los casos, un conector con cinco cables (ver figura 17).

Este motor opera con impulsos de voltaje, que son suministrados en forma secuencial hacia cada devanado para hacerlo girar en un sentido. De tal forma, que cuando se requiere girar en sentido contrario la secuencia de voltaje será en sentido inverso. Es por ello, que al faltar la señalización en algunas de sus terminales, el funcionamiento del motor es erróneo.

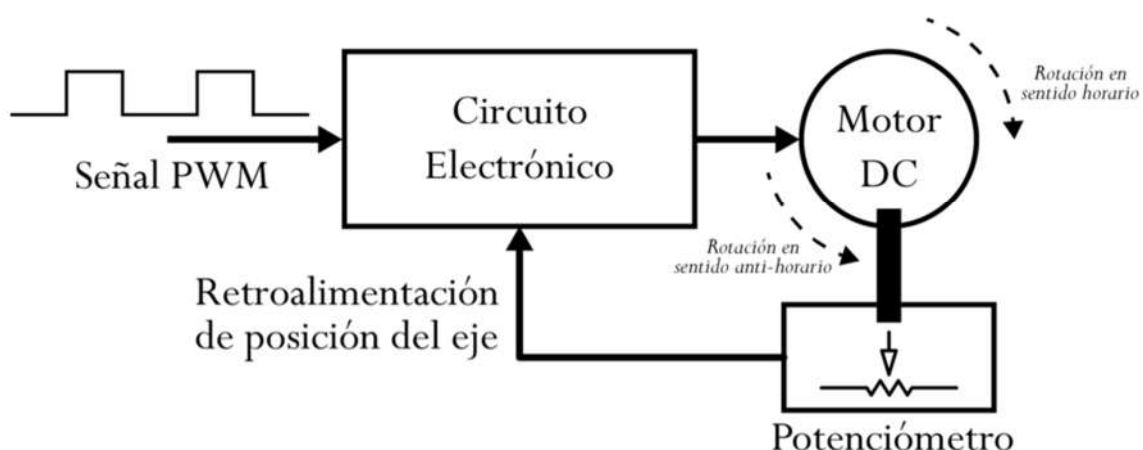
La falla más recurrente en este componente es cuando uno de sus devanados se encuentra en circuito abierto, interrumpiendo la secuencia proveniente del Microcontrolador. En caso de ocurrir, se debe reemplazar el motor a pasos por uno nuevo.

-Motor Servo

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición

La necesidad de una señal de control para el funcionamiento de este tipo de motores hace que sea imposible utilizarlos sin un circuito de control adecuado. Esto se debe a que para que el circuito de control interno funcione, es necesaria una señal de control modulada. Para esto se utiliza [modulación por ancho de pulsos](#), es decir, PWM.

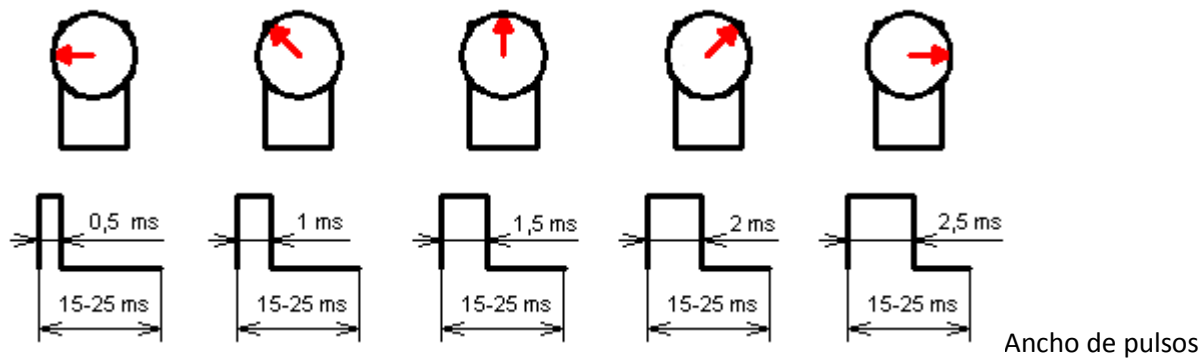
DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SERVOMOTOR



El diagrama de bloque del servomotor representa de forma visual el servomotor como un sistema. El circuito electrónico es el encargado de recibir la señal PWM y traducirla en

movimiento del Motor DC. El eje del motor DC está acoplado a un potenciómetro, el cual permite formar un divisor de voltaje. El voltaje en la salida del divisor varía en función de la posición del eje del motor DC.

Las señales de PWM requeridas para que el circuito de control electrónico son similares para la mayoría de los modelos de servo. Esta señal tiene la forma de una onda cuadrada. Dependiendo del ancho del pulso, el motor adoptará una posición fija.



para lograr diferentes posiciones en un servomotor (180°, 135°, 90°, 45° y 0°)

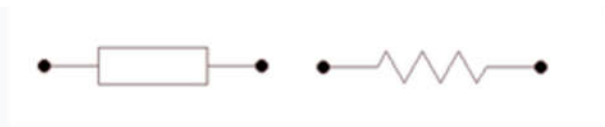
Las señales que vemos en la imagen son las que permiten que el eje del motor adquiera determinada posición. Éstas señales deben repetirse en el tiempo para que el motor mantenga una posición fija.

Este tren de pulsos puede ser generado por un circuito oscilador ([como un 555](#)) o por un microcontrolador.

Estos motores generalmente se usan en Robotica, y quizás en los reguladores de la dirección del aire en los sistemas de Aire Acondicionado.

e-Componentes: Resistencia, Capacitores, Inductores. Corrientes y Voltajes DC y AC. Potencias: Activa, Aparente y Reactiva; Transformadores; Factor de Potencia y Corrección.

-RESISTENCIA:



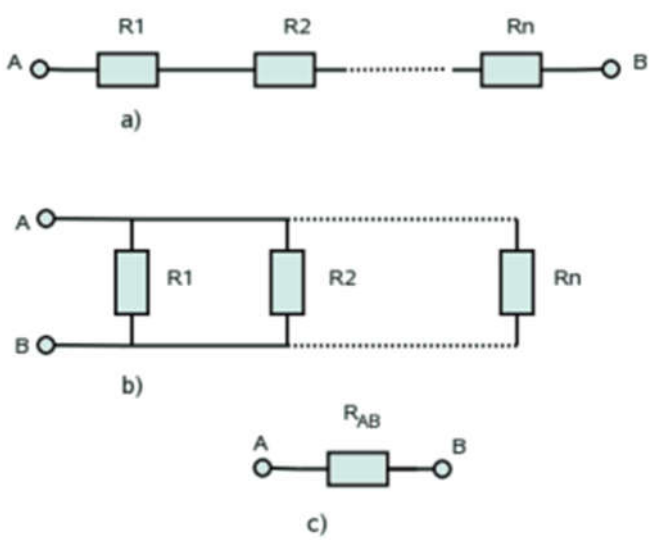
Símbolos de la resistencia eléctrica en un [circuito](#).

Se le denomina **resistencia eléctrica** a la oposición al flujo de electrones al moverse a través de un conductor.¹² La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega omega (Ω), en honor al físico alemán [Georg Simon Ohm](#), quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre. Para un conductor de tipo cable, la

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

resistencia está dada por la siguiente fórmula: Por otro lado, de acuerdo con la [ley de Ohm](#) la resistencia de un material puede definirse como la razón entre la diferencia de potencial eléctrico y la corriente en que atraviesa dicha resistencia, así:³⁴ $R = V / I$

En un circuito podemos obtener el equivalente Resistivo según estén en Serie o en Paralelo:



Y el equivalente en Serie :

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{k=1}^n R_k$$

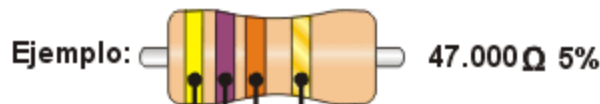
Y el equivalente en Paralelo:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

De donde:

$$R_{AB} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

Código de colores para resistencias con 4 bandas



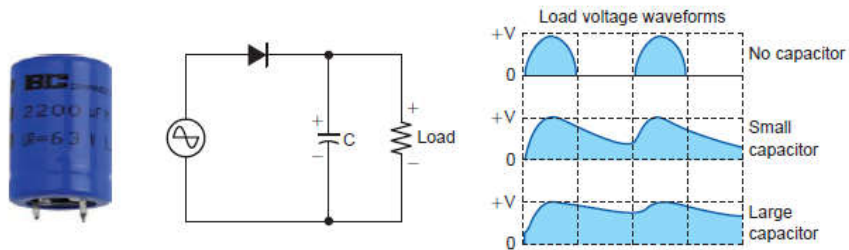
COLOR	BANDA 1	BANDA 2	MULTIPLICADOR	TOLERANCIA
NEGRO	0	0	x 1Ω	
MARRON	1	1	x 10Ω	±1%
ROJO	2	2	x 100Ω	±2%
NARANJA	3	3	x 1KΩ	
AMARILLO	4	4	x 10KΩ	
VERDE	5	5	x 100KΩ	
AZUL	6	6	x 1MΩ	
VIOLETA	7	7		
GRIS	8	8		
BLANCO	9	9		
DORADO			x 0,1Ω	±5%
PLATEADO			x 0,01Ω	±10%
			SIN BANDA	±20%

WWW.INVENTABLE.EU

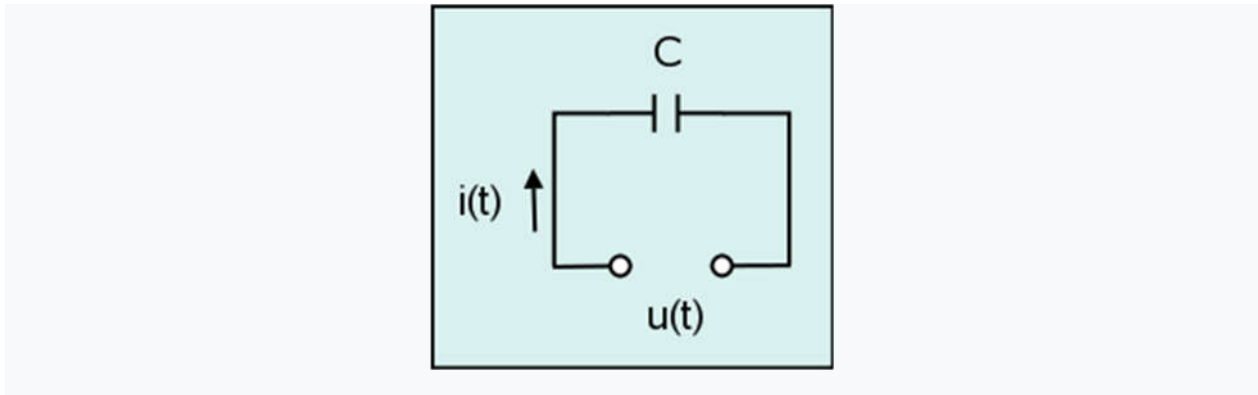
-CAPACITORES:

En [electromagnetismo](#) y [electrónica](#), la **capacidad eléctrica**, que es también conocida como **capacitancia**, es la propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica. La capacidad es también una medida de la cantidad de energía eléctrica almacenada para una diferencia de potencial eléctrico dada. El dispositivo más común que almacena

energía de esta forma es el condensador. La relación entre la diferencia de potencial (o tensión) existente entre las placas del condensador y la carga eléctrica almacenada en éste, se describe mediante la siguiente expresión matemática: $C = Q/V$ ($Q =$ Carga, $V =$ Voltaje)



Capacitor como Filtro: Mayor capacidad, mayor eficiencia.



Comportamiento en corriente continua

Un condensador real en CC (DC en inglés) se comporta prácticamente como uno ideal, es decir, como un circuito abierto. Esto es así en régimen permanente ya que en régimen transitorio, esto es, al conectar o desconectar un circuito con condensador, suceden fenómenos eléctricos transitorios que inciden sobre la diferencia de potencial en sus bornes (ver circuitos serie RL y RC).

Comportamiento en corriente alterna

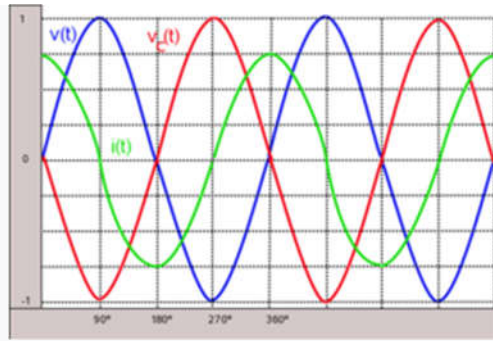


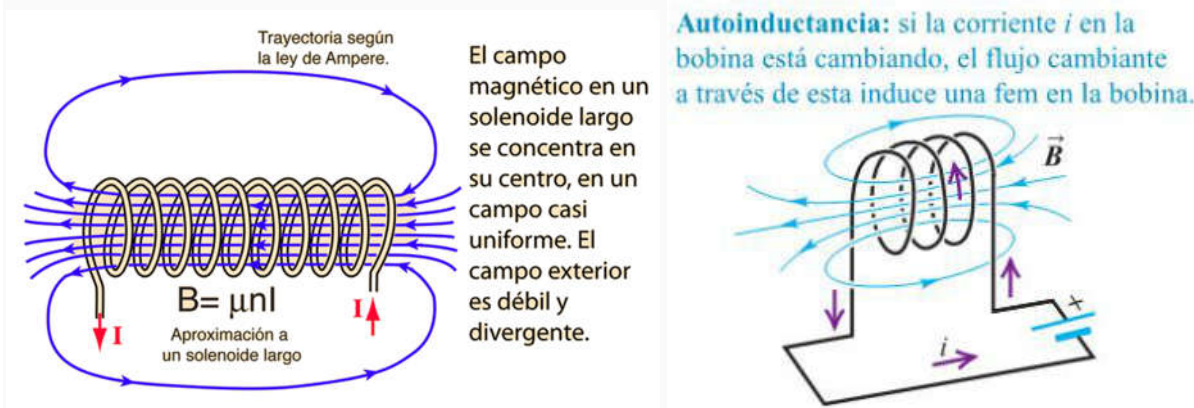
Fig. 2: Diagrama cartesiano de las tensiones y corriente en un condensador.

Al conectar una CA sinusoidal $v(t)$ a un condensador circulará una corriente $i(t)$, también sinusoidal, que lo cargará, originando en sus bornes una caída de tensión, $-v_c(t)$, cuyo valor absoluto puede demostrarse que es igual al de $v(t)$. Todo lo anterior, una vez alcanzado el régimen estacionario. Al decir que por el condensador «circula» una corriente, se debe puntualizar que, en realidad, dicha corriente nunca atraviesa su dieléctrico. Lo que sucede es que el condensador se carga y descarga al ritmo de la frecuencia de $v(t)$, por lo que la corriente circula externamente entre sus armaduras. Esto hace referencia a la corriente de conducción pero, en el interior del dieléctrico podemos hablar de la corriente de desplazamiento

-INDUCTORES:

Un **inductor**, **bobina** o **reactor** es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

La inductancia es la propiedad de un circuito eléctrico para resistir el cambio de corriente. Una corriente que fluye a través de un cable tiene un campo magnético alrededor. El flujo magnético depende de la corriente y cuando la corriente varía, el flujo magnético también varía con ella. Cuando el flujo magnético varía, se desarrolla un emf a través del conductor de acuerdo con la ley de Faraday.



Esta **emf** está en la dirección opuesta a la dirección de la corriente, tal como postula la Ley de Lenz. El emf inducido puede ser descrito por la siguiente ecuación.

$$V = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

Donde V es el voltaje, L es la inductancia en el henry y I es la corriente.

La unidad de inductancia es el Henry, llamado así en honor a José Henry, quien primero descubrió la auto-inductancia. El símbolo de la inductancia es L, en honor a Heinrich Lenz quien postuló la Ley de Lenz que describe la dirección del emf inducido.

En corriente continua

Una bobina ideal en corriente continua se comporta como un cortocircuito (conductor ideal), ya que al ser $i(t)$ constante, es decir, no varía con el tiempo, no hay autoinducción de ninguna f.e.m

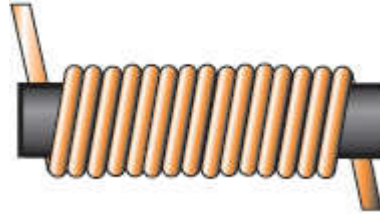
$$v = L \frac{di}{dt} = 0$$

Una bobina real en régimen permanente se comporta como una resistencia

En corriente alterna

En corriente alterna, una bobina ideal ofrece una resistencia al paso de la corriente eléctrica que recibe el nombre de **reactancia inductiva**, (X_L) cuyo valor viene dado por : $X_L = \omega L = 2\pi f L$

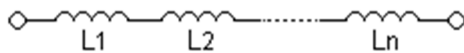
$$v = L \frac{di}{dt}$$



Si la pulsación está en radianes por segundo (rad/s) y la inductancia en henrios (H) la reactancia resultará en ohmios.

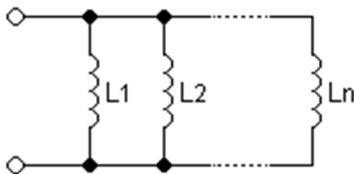
De acuerdo con la ley de Ohm circulará una corriente alterna que se verá retrasada 90° respecto a la tensión aplicada.

Inductores en Serie



$$L_{AB} = L_1 + L_2 + \dots + L_n = \sum_{k=1}^n L_k$$

Inductores en Paralelo



$$L_{AB} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{L_k}}$$

-Localización de corto circuitos, fallas en circuitos pasivos (R-C-L)

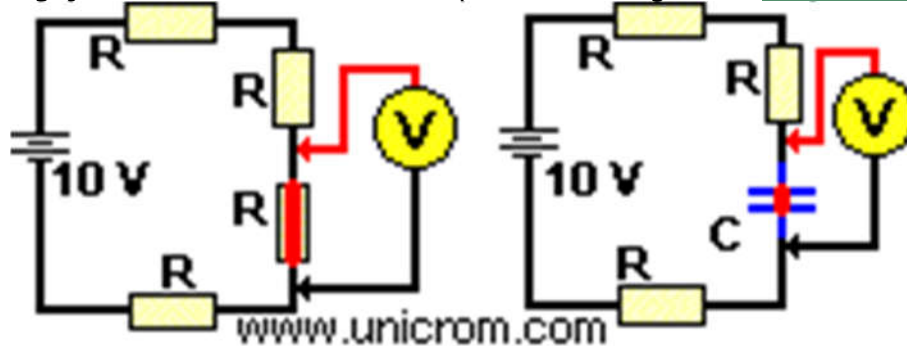
Corto circuito

Los resistores y otros elementos pueden entrar en **corto circuito**. Si esto sucede, la resistencia de este se reduce a cero (0 ohmios) y la corriente aumenta, debido a que ya no hay la oposición al paso de la corriente que había antes. En este caso la tensión que hay en el elemento que entra en corto se reduce a cero (0 voltios). Por ley de Ohm: $V = I \times R$. Si $R = 0$ ohmios, $V = 0$ voltios

Hay circunstancias que hacen que la corriente en un corto aumente a valores muy grandes, pudiendo dañar otros elementos del circuito. En el caso de la corriente de alimentación de un circuito, esto se evita con la utilización de fusibles.

Fallas en circuitos con condensadores / capacitores:

Para saber si un [condensador](#) está defectuoso, se puede probar si éste da continuidad. (está en corto) Si es así, el capacitor está dañado y hay que cambiarlo. Una prueba adicional se hace la ayuda de un [multímetro analógico](#) (con aguja) conectándolo en paralelo con el capacitor. Estando el capacitor inicialmente descargado (0 voltios en sus terminales), este se cargará con la [corriente](#) que le suministra el multímetro y se podrá ver como la aguja se mueve conforme el capacitor se carga. Ver [carga de un capacitor](#).



Nota: hay que descargar el capacitor antes de hacer esta prueba. Hacerlo con cuidado en capacitores de gran valor (electrolíticos) o descargarlo a través de una [resistencia](#). Ver [descarga de un capacitor](#).

Algunos multímetros modernos permiten probar capacitores y son muy útiles para el caso en que el capacitor haya variado su valor de fábrica.

Nota: Cuando se reemplaza un capacitor hay que respetar la tensión máxima que debe tener entre sus terminales (dato del fabricante)

Fallas en circuitos con inductores

Normalmente estos elementos no se dañan. Para saber si un [inductor](#) está defectuoso, se puede probar si éste da continuidad. Si no da continuidad, el inductor está dañado (está abierto) y hay que cambiarlo. Hay que tener en cuenta que si a un inductor se le prueba continuidad cuando está conectado en el circuito, se puede medir continuidad sin tenerla, pues podrían haber elementos en paralelo con el inductor que provoque esta medida. Es necesario desconectarlo antes de dichas pruebas.

Potencias: Activa, Aparente y Reactiva; Factor de Potencia y su Correccion.

Podríamos decir que la Potencia podría ser:

"La relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo"

"Energía absorbida o entregada por un receptor en un tiempo determinado"

"La capacidad que tiene un receptor eléctrico para transformar la energía en un tiempo determinado".

Como ves en esta definición habla de transformar la energía, pero esta transformación puede ser energía eléctrica en luminosa, en mecánica, en calorífica, etc., depende del receptor. No te olvides que un receptor eléctrico transforma la energía eléctrica en otro tipo de energía.

Lógicamente la energía consumida dependerá del tiempo conectado y también de la potencia del receptor que conectemos. Su fórmula es muy sencilla $E = P \times t$, potencia por tiempo conectado. Pero la potencia es siempre la misma!!!

Potencia en Corriente Continua

La corriente continua es la que tienen las pilas, las baterías y las dinamos. Todo lo que se conecte a estos generadores serán receptores de corriente continua.

Ya hemos dicho que para calcular la potencia en c.c. (corriente continua) se hace mediante la fórmula:

$$P = V \times I = \text{Tensión} \times \text{Intensidad.}$$

Cuando la tensión se pone en Voltios (V) y la Intensidad en Amperios (A), la potencia nos dará en vatios (w).

Potencia en Corriente alterna

La corriente alterna es la que se genera en las centrales eléctricas, por eso todos los receptores que se conecten a los enchufes de las viviendas son de corriente alterna (c.a).

Aquí la potencia es un poco más compleja, ya que no solo hay una potencia, sino que hay 3 diferentes.

Tipos de Potencia

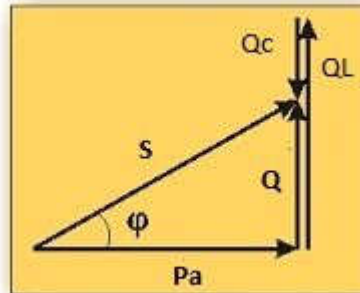
$$\text{Potencia Activa} = P_a = V \times I \times \text{coseno } \rho \text{ se mide en w (vatios)}$$

Potencia Reactiva = $Q = V \times I \text{ seno } \varphi$; se mide en VAR (voltio amperios reactivos)

Potencia Aparente = $S = V \times I$ se mide en voltio amperios (VA)

Aquí puedes ver el triángulo de potencias para su cálculo y deducir sus fórmulas:

TRIÁNGULO DE POTENCIAS EN ALTERNA



La potencia activa es la única de las 3 potencia que se transforma en energía útil, es decir es la potencia útil del receptor.

La potencia reactiva es una potencia perdida. Esta potencia es una potencia consumida por las bobinas y por los condensadores.

Tenemos 2 potencias reactivas, Q_l (potencia reactiva inductiva) que será la potencia reactiva consumida por las bobinas para crear campos magnéticos y Q_c (potencia reactiva capacitiva) potencia reactiva consumida por los condensadores para crear campos eléctricos. La suma vectorial de ambas será la potencia reactiva total como luego veremos en los ejemplos. Las dos son potencias perdidas, no sin ser realmente útiles.

La potencia aparente es la suma vectorial de las otras dos, es la potencia útil más la potencia perdida.

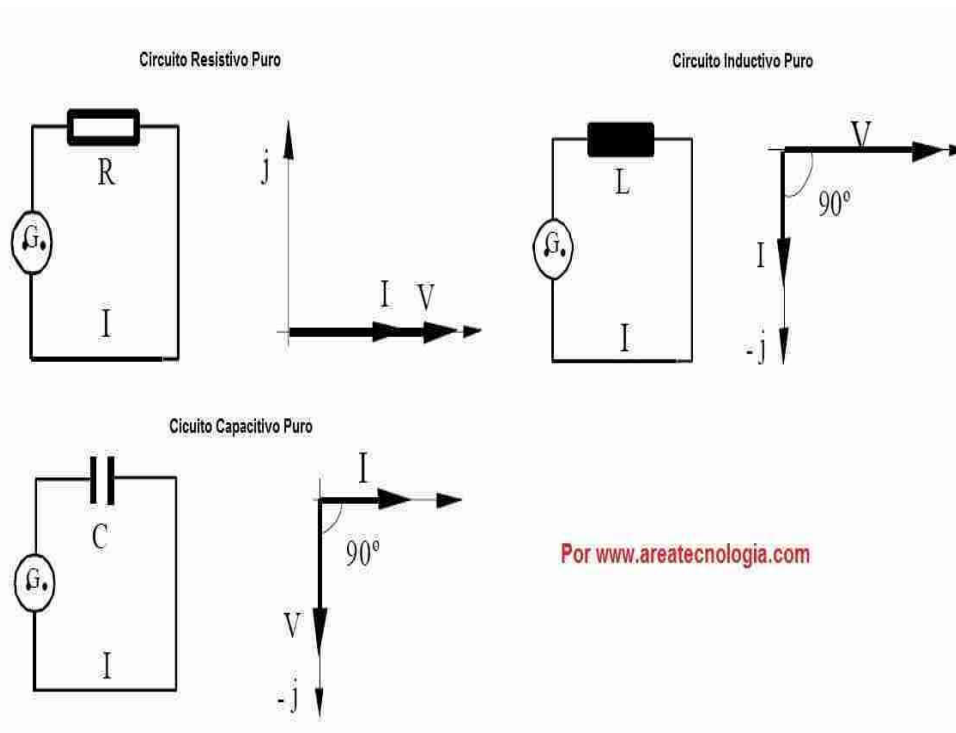
Empecemos por la más importante, generalmente la que se conoce como la potencia activa, y dependiendo del tipo de receptor.

Potencia Activa

Esta potencia es la que se transforma en energía en los receptores, la que disipan por la parte de resistencia que tienen, la única que se transforma en energía

útil. **Solo esta potencia eléctrica se transforma en trabajo por el receptor.** Esta es la que realmente nos da el dato de qué potente es el receptor y es la que viene expresada en las características de todos los receptores. Es por lo tanto la más importante. Se mide en vatios (w) igual que en c.c..

Como las señales eléctricas en c.a. son una onda sinodal, que varían con el tiempo, la fórmula de la potencia depende de la gráfica de la tensión y la intensidad, de cuanto se retrasa una de la otra, por eso se debe utilizar el ángulo a través de coseno del ángulo ρ (fi), ángulo de retraso de la onda de la tensión con respecto a la onda de la intensidad. Fíjate como son estos desfases en 3 circuitos puros, uno resistivo puro (resistencia pura), uno inductivo puro (bobina pura) y uno capacitivo puro (condensador puro):



La potencia activa se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia Activa} = V \times I \times \coseno \rho$$

El **coseno ρ** también se conoce como "**Factor de Potencia**", es el ángulo de desfase entre la V y la I. Fíjate en los ángulos de desfases de la figura anterior. Según esto, tenemos para cada tipo de circuito:

Resistivo puro: La V y la I están en fase. ángulo de desfase 0°; coseno 0° = 1. El factor de potencia en receptores de resistencias puras es 1. Se llaman **circuitos**

R.

Inductivo puro: La V está adelantada 90° respecto a la I. ángulo de desfase 90° , $\cos 90^\circ = 0$; el factor de potencia es 0. Se llaman **circuitos L**.

Capacitivo puro: La V está atrasada 90° respecto a la I. ángulo de desfase -90° , $\cos -90^\circ = 0$; el factor de potencia 0. Se llaman **circuitos C**.

Factor de potencia en Resistencias = 1, es decir siempre tendrá el valor 1 y la fórmula quedará igual que los receptores en c.c.. (al ángulo para que el $\cos \rho$ se igual a 1 es el ángulo de 0°). Esto paso por que la Tensión y la Intensidad siempre **están en fase**, no se desfasan ningún ángulo (0°).

Potencia en Circuitos RLC

Potencia Activa

Como conclusión diremos que un circuito que tenga componentes RLC (resistivo, inductivo y capacitivo) tiene un factor de potencia que será mayor de 0 y menor de 1. Para calcular su potencia activa será:

$$P_{activa} = V \times I \times \cos \phi = w \text{ (vatios).}$$

Potencia Reactiva

Es la potencia que solo tienen los circuitos que tengan parte inductiva o capacitiva (LC) y no se transforma en energía, **no produce trabajo útil**, por eso podemos considerarla incluso una pérdida. Se representa por la letra Q y su fórmula es:

$$Q = V \times I \text{ seno } \phi; \text{ se mide en VAR (voltio amperios reactivos)}$$

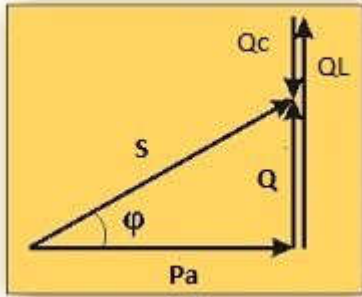
Potencia Aparente

Es la **suma vectorial de las potencias activa y reactiva**. Se representa por la letra S y su fórmula es:

$$S = V \times I \text{ se mide en voltio amperios (VA)}$$

Recuerda siempre el llamado **triángulo de potencias en c.a.**

TRIÁNGULO DE POTENCIAS EN ALTERNA



Así podemos calcular el capacitor de un motor.

Como ves las potencias en c.a. se representan por vectores llamados fasores. Podríamos calcular una potencia teniendo las otras 2 simplemente aplicando Pitágoras en el triángulo. Por ejemplo:

$$P = S \times \cos \varphi; \text{ o lo que es lo mismo } P = V \times I \times \cos \varphi. \text{ (recuerda } S = V \times I \text{).}$$

$$Q = S \times \sin \varphi; \text{ o lo que es lo mismo } Q = V \times I \times \sin \varphi.$$

Creo que con esto es suficiente para entender las potencias eléctricas.

Corrección del Factor de Potencia

Si queremos mejorar la potencia útil en un circuito, lo que debemos es **disminuir la potencia reactiva**. A la vista de lo explicado antes esto lo podemos conseguir **aumentando la potencia reactiva capacitiva** mediante condensadores en paralelo. Con esto conseguimos reducir el ángulo φ . Ya sabemos que **al coseno φ se le llama factor de potencia**, pues lo ideal es que el **coseno $\varphi = 1$ ($\varphi = 0$)**, ya que todo sería potencia útil.

Un coseno $\varphi = 0,95$ es más eficiente que un coseno $\varphi = 0,85$ en un circuito con receptores.

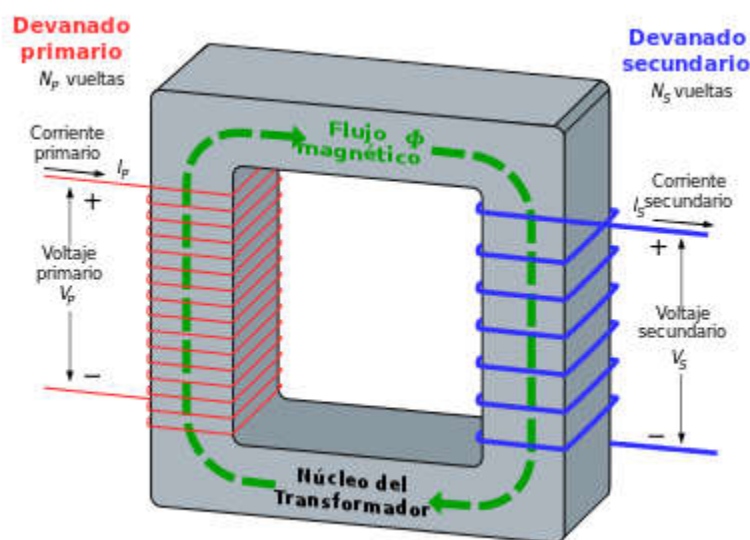
Poniendo en paralelo con el receptor un condensador o varios, depende si es monofásico o trifásico, mejoramos el factor de potencia.

En la tecnología Inverter, se busca la forma de que el Factor de Potencia sea lo más atractivo posible para evitar pérdidas.

Transformadores

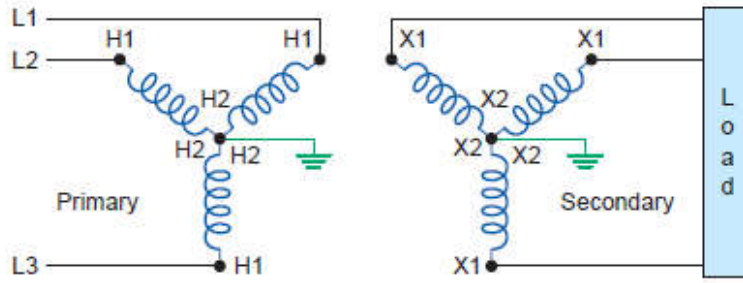
Se denomina **transformador** a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. Convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética.

. Las bobinas o devanados se denominan *primario* y *secundario* según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

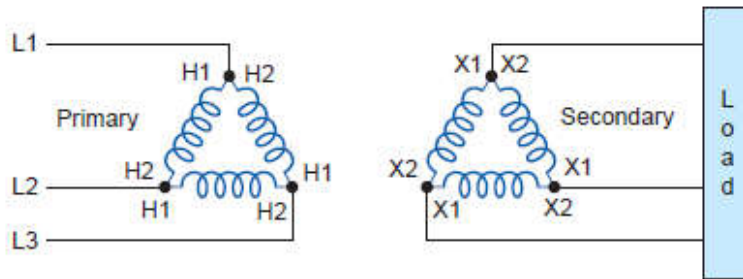


-Los transformadores pueden ser “Monofásicos”, Trifásicos, de Alta y de Baja Potencia

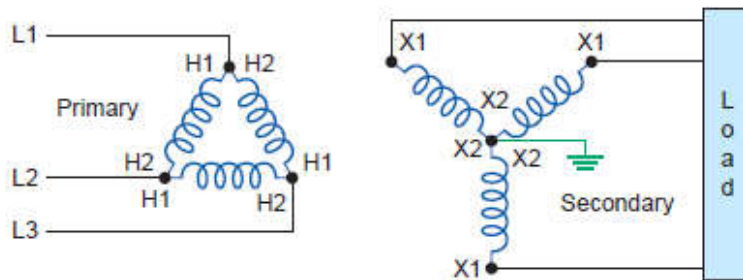
Los transformadores *Monofásicos* son los usados en circuitos electrónicos, mientras que los *Trifásicos* son los utilizados en grandes instalaciones de Motores, y para la transmisión de Potencia. En generación cerca de los generadores para elevar la insuficiente tensión de estos, así como también en las líneas de transmisión y, por último, en distribución en donde se distribuye la energía eléctrica a voltajes menores hacia casas, comercios e industrias. Todos los transformadores desde el generador hasta la entrada a nuestros hogares o industrias son transformadores *Trifásicos*. Veamos:



Wye-wye three-phase transformer connection



Delta-delta three-phase transformer connection



Delta-wye three-phase transformer connection

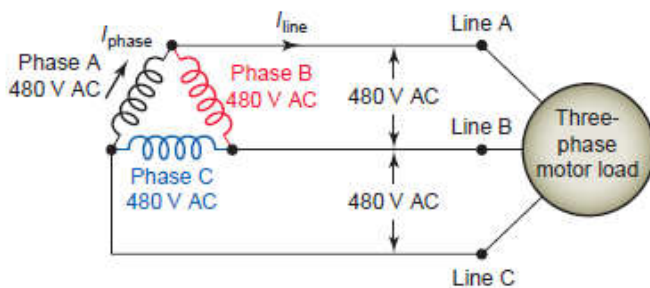
Single-phase loads: $kVA = \frac{I \times E}{1,000}$

Potencia: **Three-phase loads:** $kVA = \frac{I \times E \times \sqrt{3}}{1,000}$

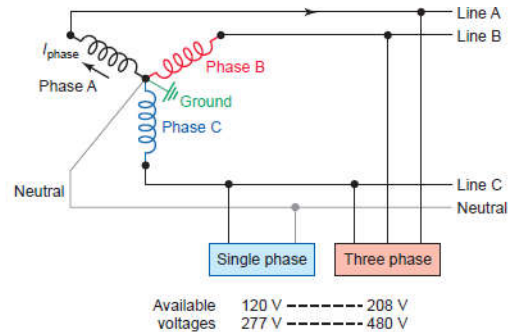
Single-phase: Full-load current = $\frac{VA}{Voltage}$ or $\frac{kVA \times 1,000}{Voltage}$

Corriente: **Three-phase:** Full-load current = $\frac{kVA \times 1,000}{1.73 \times Voltage}$

Principales conexiones de los Transformadores Trifásicos: D-Y



Conexión “DELTA” y sus voltajes



Conexión en “Y” y sus voltajes

Transformador elevador/reductor de tensión (Alta/Baja Tensión)

Son empleados por empresas de generación eléctrica en las [subestaciones](#) de la red de transporte de energía eléctrica, con el fin de disminuir las pérdidas por [efecto Joule](#). Debido a la resistencia de los conductores, conviene transportar la energía eléctrica a tensiones elevadas, lo que origina la necesidad de reducir nuevamente dichas tensiones para adaptarlas a las de utilización. La mayoría de los dispositivos electrónicos en hogares hacen uso de transformadores reductores conectados a un circuito [rectificador de onda completa](#) para producir el nivel de tensión de corriente directa que necesitan. Este es el caso de las [fuentes de alimentación](#) de equipos de audio, video y computación. (5, 12, 24, 48 Voltios).

II-Visión Básica de Electrónica

a-Componentes: (Diodos, Zener, Schottky)

-Diodos:

El Diodo es un componente electrónico que solo permite el paso de la corriente en un sentido (por eso es un semiconductor, por que es conductor solo en determinadas condiciones). Si quieres saber cómo funcionan los semiconductores físicamente vete al siguiente enlace : [Semiconductores](#).

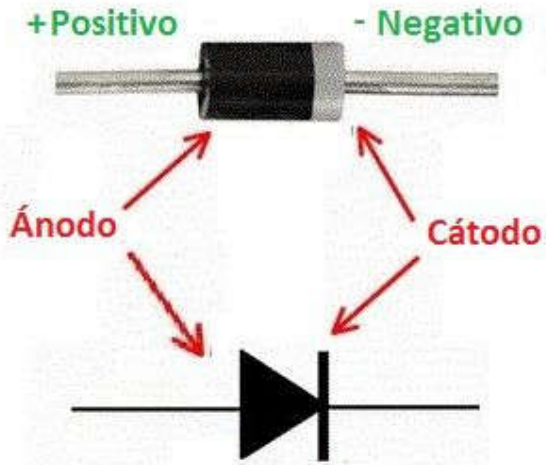
En esta página solo explicaremos el diodo de forma práctica.

En la imagen de abajo vemos el diodo real y su símbolo. Si el ánodo (triángulo en el símbolo y patilla de la parte negra en el diodo real) se conecta al polo positivo y el cátodo (Raya en el símbolo y patilla de la franja gris en el diodo real) al negativo, entonces **por el diodo podrá circular corriente**, sería similar a un interruptor cerrado. Así conectado, se dice que está **polarizado directamente**. Si lo conectamos al revés la corriente no pasará a través del diodo, será como un interruptor abierto. Fíjate que en el diodo real, para identificar el cátodo, es la parte de la banda de color gris del diodo.

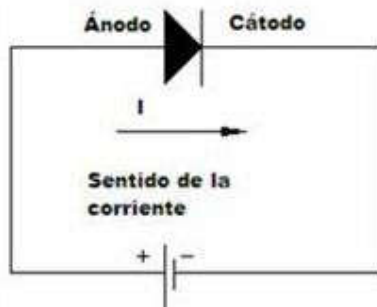


FUNCIONAMIENTO Y POLARIZACIÓN DEL DIODO

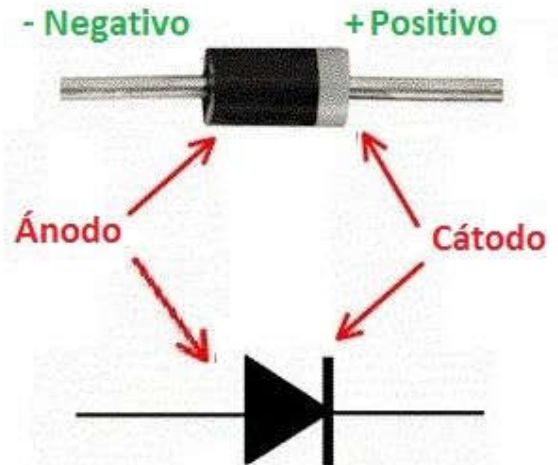
Polarización Directa



La Corriente Circula
En este Sentido Por el Diodo



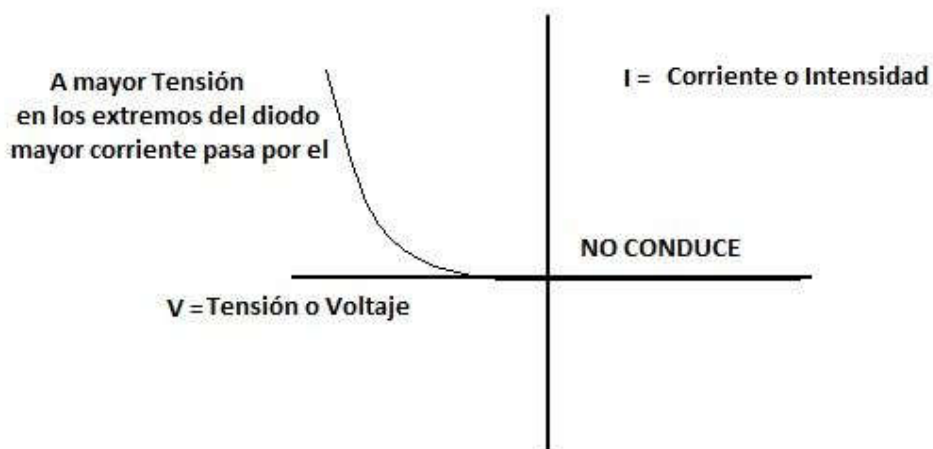
Polarización Indirecta



La corriente no circula por el diodo (se
comporta como un interruptor abierto)



La pila está al Revés que en Directa

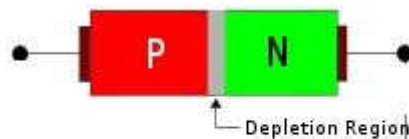


El diodo polarizado directamente permite el flujo a través de él de los electrones, o lo que es lo mismo permite el paso de la corriente eléctrica. En polarización inversa no permite el paso de los electrones por él.

Arriba puedes ver la gráfica típica de funcionamiento de un diodo. Para tensiones con polarización directa del diodo, según aumentamos la tensión en los bornes del diodo (patillas o extremos) va aumentando la corriente que circula por él.

Lógicamente el diodo tendrá una tensión máxima de trabajo que no se podrá sobrepasar porque se quemaría. Para tensiones con polarización negativa no conduce y por lo tanto, por mucho que aumentemos la tensión no se producirá corriente alguna a través del diodo.

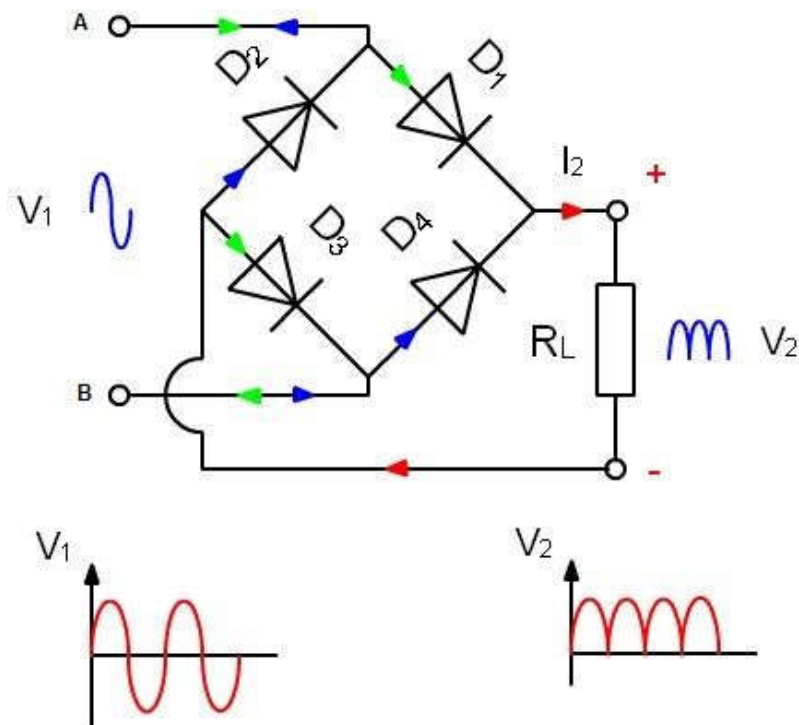
Como vemos los diodos semiconductores tienen la valiosa propiedad de que los electrones solamente fluyen en una dirección a través de ellos y, como resultado, actúan como rectificadores (ver [rectificador de media onda](#)). Son la estructura fundamental de los semiconductores y muchos otros componentes electrónicos se fabrican teniendo como base a los diodos. Los diodos tienen una estructura electrónica llamada **Unión PN**, es decir son la unión de un material semiconductor llamado N con otro llamado P. Para saber más sobre esto ve al enlace anterior.



Unión PN Diodo

Solo hay unos diodos especiales que conducen en tensiones contrarias, es decir polarizados inversamente, son los llamados diodos zener, si quieres saber más sobre estos diodos sigue el siguiente enlace: [Diodo Zener](#). El resto su funcionamiento es el explicado.

Otro tipo de diodos son los [Diodos Led](#), que emiten luz cuando están polarizados directamente, que lo veremos luego, pero la mayoría de los diodos se utilizan como rectificadores de corriente, un puente de diodos (varios diodos conectados) puede rectificar una corriente alterna en una continua. Aquí te dejamos el puente de diodos:



Verde: Ciclo positivo

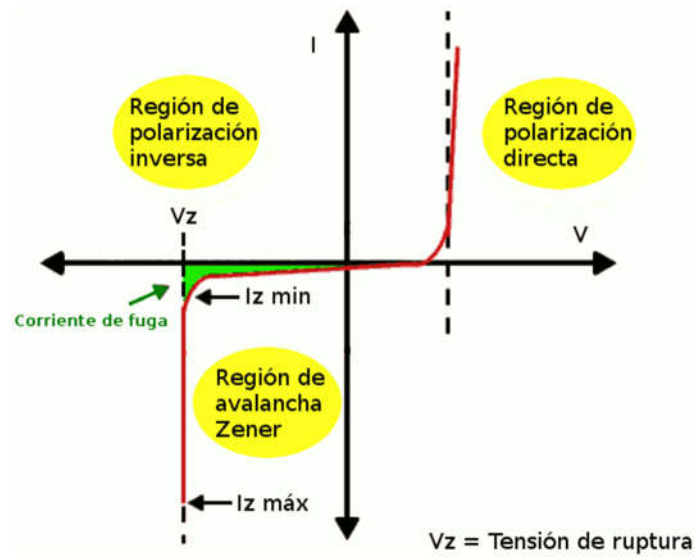
Este rectificador de diodos es muy utilizado en las [Fuentes de Alimentación](#). Una onda senoidal alterna a la entrada se convierte en una onda continua rectificada por los diodos.

Diodos ZENER:

El diodo Zener es un [diodo](#) de [silicio](#) fuertemente llenado de impurezas (Dopado)

Si a un diodo Zener se le aplica una [tensión eléctrica](#) positiva del [ánodo](#) respecto a negativa en el [cátodo](#) (polarización directa) toma las características de un [diodo rectificador básico](#) (la mayoría de casos), pero si se le suministra [tensión eléctrica](#) positiva de [cátodo](#) a negativa en el [ánodo](#) (polarización inversa), el diodo mantendrá una tensión constante. No actúa como rectificador sino como un estabilizador de tensión

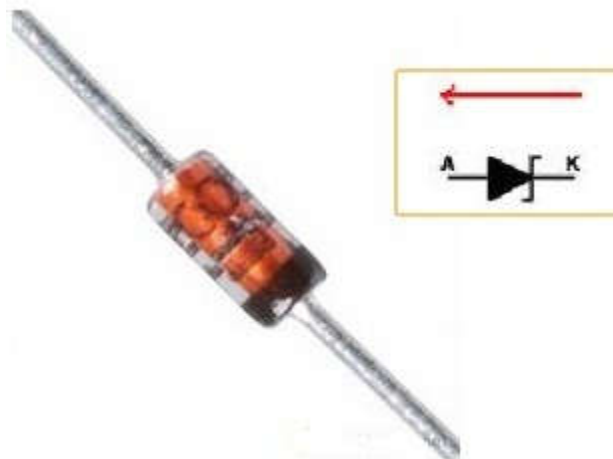
En conclusión: el diodo Zener debe ser polarizado inversamente para que adopte su característica de regulador de tensión.



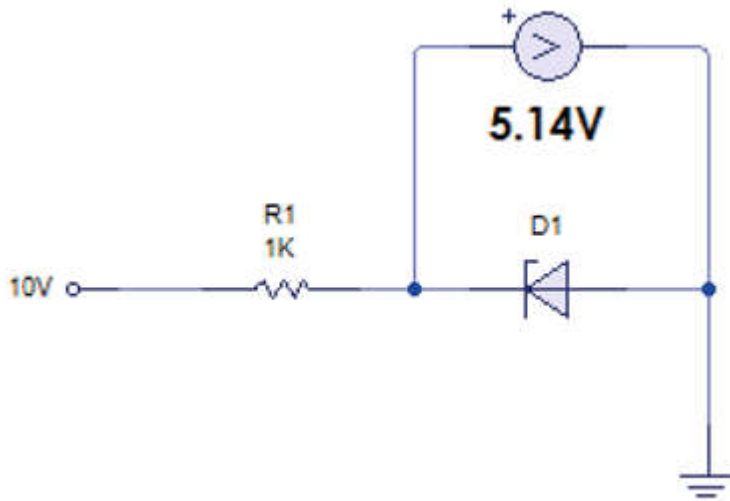
- Regulación de Voltaje: El diodo Zener

El diodo Zener es un tipo especial de diodo que permite mantener determinado potencial eléctrico. Vienen hechos para diferentes potenciales.

A diferencia del diodo común, el Zener se debe conectar al revés, con el área de mayor potencial conectada al cátodo, y el ánodo al área de menor potencial.



Veamos cómo funcionaría un sencillo regulador de voltaje con el diodo Zener.



El diodo de la figura está diseñado para 5.1 voltios. Se debe colocar en serie con una resistencia que limita la cantidad de corriente que pasa por el diodo que no puede ser mucha.

El cátodo se coloca en el área de mayor potencial, contrario al diodo común. Si se colocara como un diodo común su funcionamiento sería el de un diodo común.

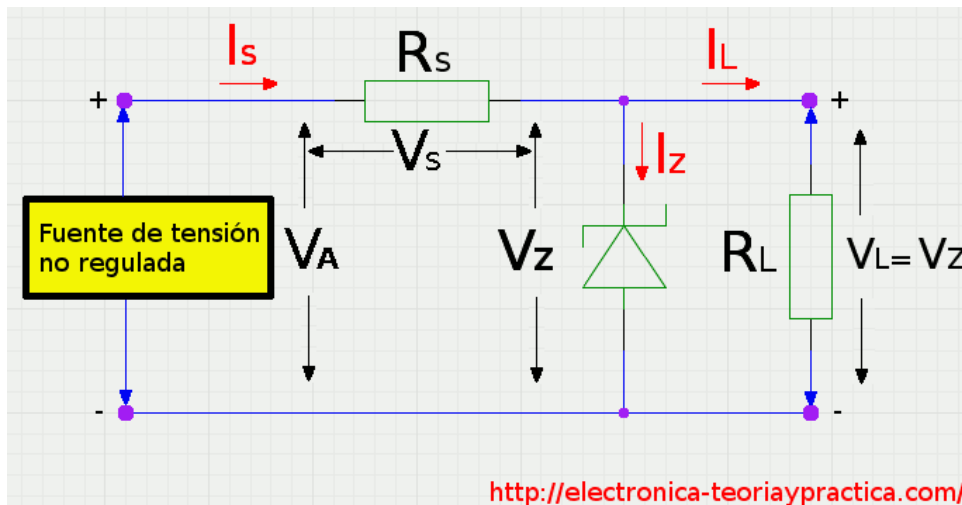
La diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo es igual al valor para el que ha sido diseñado el diodo, en este caso 5.1 voltios (con una pequeña desviación de 0.04 voltios).

Utilizamos el diodo Zener para la regulación de voltajes fijos, es decir, para mantener un nivel de potencial fijo cuando necesitemos de ello. De esta manera no hay que usar circuitos reguladores de voltaje y tenemos la seguridad de que el potencial en dicho punto no sobrepasará cualquier límite establecido.

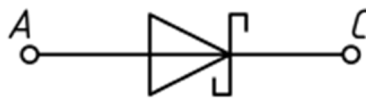
Si por ejemplo, tenemos un Zener de 5,1V y le aplicamos tensión en sus bornes poco a poco cuando estemos cerca de 5,1V el diodo empezara a conducir para que la tensión no suba más.

La corriente que fluye ahora a través del diodo zener veremos que aumenta drásticamente hasta el valor máximo que puede soportar (que

normalmente en los circuitos está limitado por una resistencia en serie) y una vez alcanzada esta corriente de saturación inversa permanece constante en una amplia gama de voltajes aplicados. El voltaje en el que la tensión a través del diodo zener se estabiliza se denomina “voltaje zener”, este voltaje puede oscilar según el modelo entre 2,7V y hasta 200V y podemos encontrar potencias de hasta 50W para aplicaciones muy específicas.



-Diodo Schottky

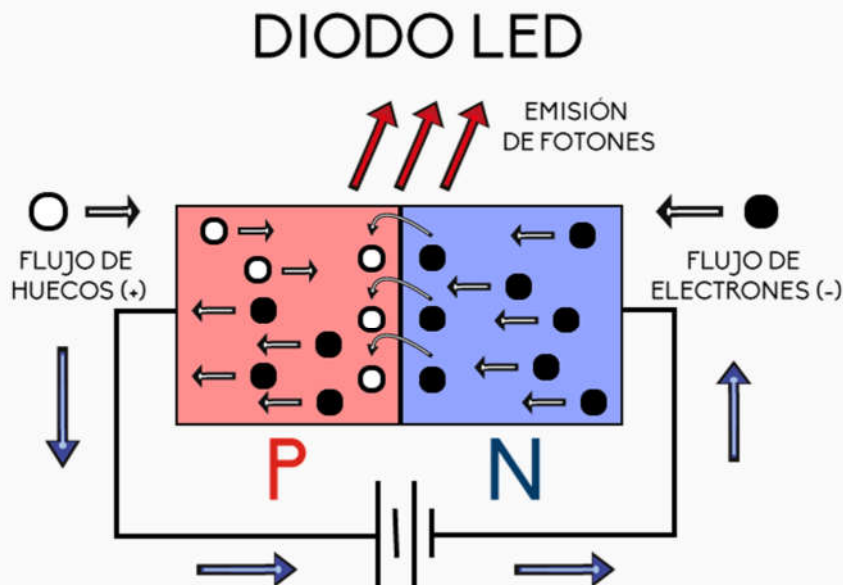


El **diodo Schottky** o **diodo de barrera Schottky**, llamado así en honor del físico alemán [Walter H. Schottky](#), es un dispositivo [semiconductor](#) que proporciona conmutaciones muy rápidas entre los estados de conducción directa e inversa (menos de 1 [ns](#) en dispositivos pequeños de 5 mm de diámetro) y muy bajas tensiones umbral (también conocidas como tensiones de codo, aunque en inglés se refieren a ella como "knee", es decir, rodilla). Pero produce corrientes parasitas, por eso su poco uso.

Diodos Led

Las bases de la tecnología LED está basada en el diodo, este es un componente electrónico de dos puntas que permite la circulación de energía a través de él en un solo sentido. Se trata del envío de energía a través de los materiales conductores.

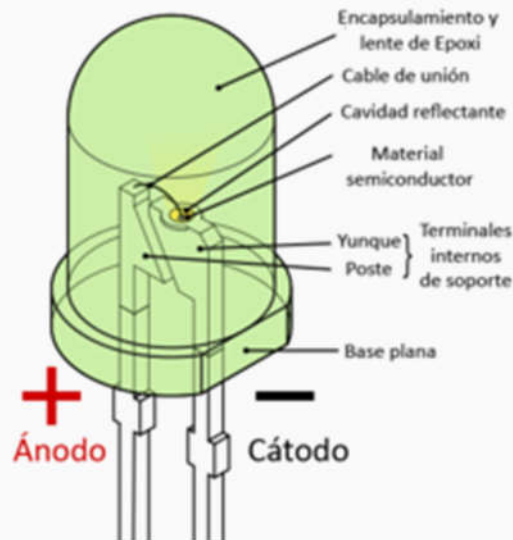
Para crear el diodo LED, se unen dos regiones: N y P. En la juntura de las regiones se forma una barrera potencial cuya función es impedir el paso de los electrones de la región N a la P cuando no se encuentran debidamente polarizados y los electrones no poseen la suficiente energía para atravesarla. Es imprescindible conocer todo sobre el diodo LED, pues ellos son los que nos decodifican los errores en las tarjetas de los inverters.



Cuando le aplicamos tensión que permite polarizar directamente a los extremos de un LED, los electrones que provienen de la fuente de suministro de corriente directa comienzan a fluir. Cada vez que un electrón en exceso con carga negativa presente en la región N adquiere energía para poder vencer la resistencia que le ofrece la barrera de potencial, la atraviesa y se combina con un hueco positivo en exceso en la región P. En el mismo instante que ocurre esa combinación, la energía en exceso que

adquirió el electrón para poder atravesar la barrera de potencial, se transforma en energía electromagnética, que se libera en forma de **fotón de luz**.

¿Qué nos encontramos dentro de un LED?



Lo más importante que tenemos que saber sobre el interior de un LED, es que encerrado en una pequeña cúpula de resina de color claro (también puede ser oscura), se encuentra el **chip semiconductor** (num 4). La estructura del chip de los diodos LED utiliza una combinación de materiales semiconductores que poseen la propiedad de emitir fotones de luz diferentes colores cuando lo recorre una corriente eléctrica.



CALCULANDO LA RESISTENCIA DE LED

Para calcular la resistencia de un LED, debes saber que todos los circuitos electrónicos se llevan tras la ley conocida como **ley de Ohm**. Esta establece que la caída de voltaje de un elemento del circuito es igual a la intensidad (corriente) que circula por él, multiplicado por **resistencia** que cada componente ejerza al paso de esta corriente.

$$V=I \cdot R$$

Donde:

R=Resistencia de LED

V=Voltaje

I=intensidad (corriente)

La fuente proporciona el voltaje a trabajar en el circuito conectado (batería, pila...) la resistencia la mayoría de los componentes al paso de la intensidad (entre estos el LED).

A continuación se mostraran los valores estándares de cada LED.

Color	Tensión umbral
Rojo	1.9v
Amarillo	1.7v a 2v
Verde	2.4v
Naranja	2.4v
Blanco	3.4v
Azul	3.4v

Para el ejemplo se utilizará un LED rojo de 5mm. Por lo tanto, sus especificaciones van de una diferencia de potencial en el diodo de 1.8v-2.3v y una corriente funcional del diodo de 20mA.

Para el cálculo de la Resistencia de LED se utilizara la siguiente ecuación. Para la cual forzamos la corriente a ser la requerida mediante una resistencia.

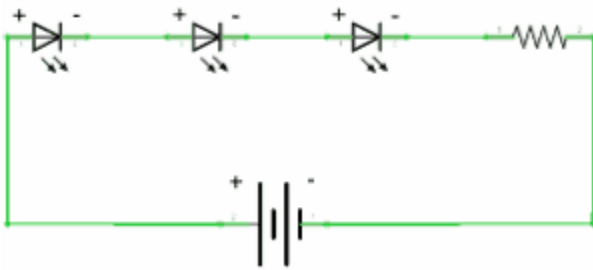
$$V - V_{led} = I \times R$$
$$R = (V_{fuente} - V_{led}) / I$$

Conexiones de los LEDs

1-LEDs en Serie

Cuando conectas varios componentes en serie, lo que estás haciendo es que por todos ellos circule la misma corriente. En este caso, como

la resistencia de los LEDs es prácticamente nula, la intensidad será prácticamente la misma que cuando solo conectas uno.

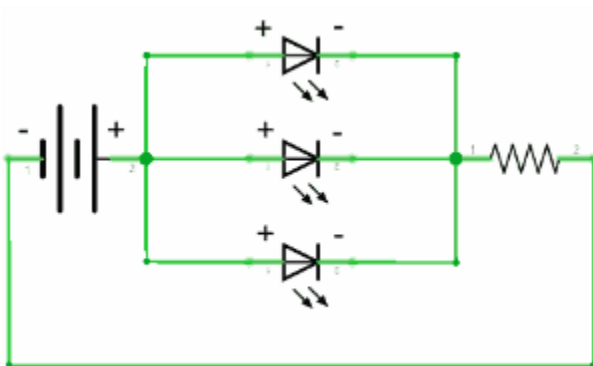


En el caso del voltaje, estás *añadiendo* caídas de tensión (voltaje), por lo que tu fórmula quedará como:

$$(V_{\text{fuente}} - V_{\text{led}} - V_{\text{led}} - \dots) = I \times R$$

2-LEDs en Paralelo

Si conectas varios componentes en paralelo, les *llega* a todos el mismo voltaje. Sin embargo, la intensidad se reparte por las diferentes *ramas*, circulando una intensidad mayor por aquellas *ramas* que oponen menos dificultad al paso de la corriente, es decir, las *ramas* que tienen menor resistencia.



Como se está conectando LEDs y su resistencia es similar, estás repartiendo por igual la corriente entre todas las *ramas*. La fórmula en ese caso será:

$$V_{\text{fuente}} = I_{\text{total}} \times R$$

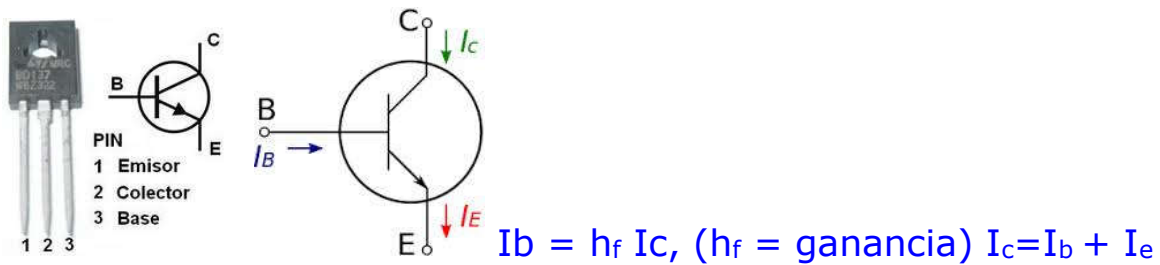
La intensidad total será la suma de las intensidades que circulan por cada una de las *ramas*.

NOTA FINAL: Es necesario dominar el comportamiento del LED, pues ellos son las claves para la interpretación de averías en las tarjetas madres de control (PIM) en el sistema inverter.

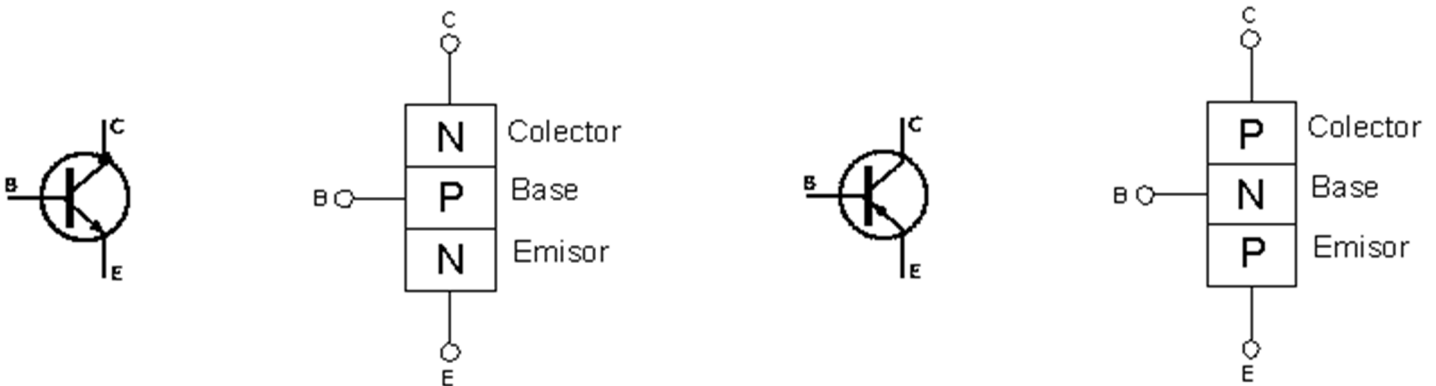
Transistores (Corte-Activo-Saturación), BJT,

RESUMEN: El Transistor:

I-Constitución



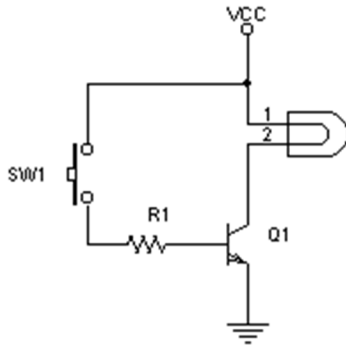
Dispositivo semiconductor que permite el control y la regulación de una corriente grande mediante una señal muy pequeña. Existe una gran variedad de transistores. En principio, se explicarán los bipolares. Los símbolos que corresponden a este tipo de transistor son los siguientes: NPN y PNP



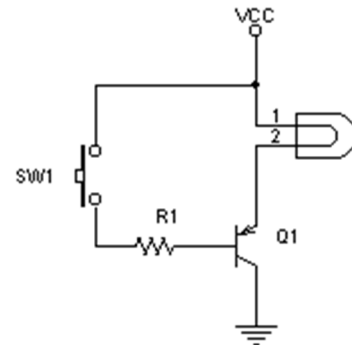
Transistor NPN Estructura de un transistor NPN Transistor PNP Estructura de un transistor PNP

II-POLARIZACIÓN DE UN TRANSISTOR

Una polarización correcta permite el funcionamiento de este componente. No es lo mismo polarizar un transistor NPN que PNP.



Polarización de un transistor NPN



Polarización de un transistor PNP

III-FUNCIONAMIENTO BASICO

Cuando el interruptor SW1 está abierto no circula intensidad por la Base del transistor por lo que la lámpara no se encenderá, ya que, toda la tensión se encuentra entre Colector y Emisor. (Figura 1).

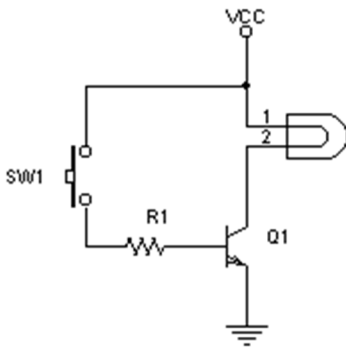


Figura 1

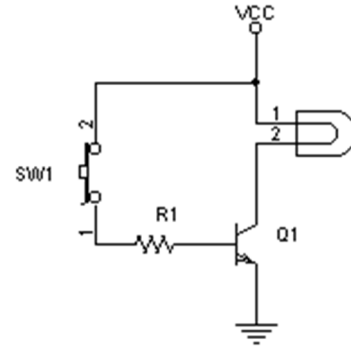


Figura 2

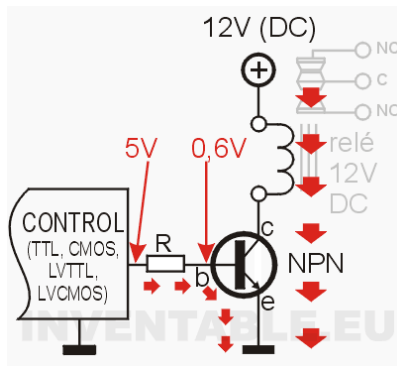
Cuando se cierra el interruptor SW1, una intensidad muy pequeña circulará por la Base. Así el transistor disminuirá su resistencia entre Colector y Emisor por lo que pasará una intensidad muy grande, haciendo que se encienda la lámpara. (Figura 2). El voltaje base-emisor, V_{be} debe superar los 0.6 voltios para poder conducir.

$$\text{En general: } I_E < I_C < I_B ; I_E = I_B + I_C ; V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$$

IV-Estados:

- 1- Saturación
- 2- Corte
- 3- Activa

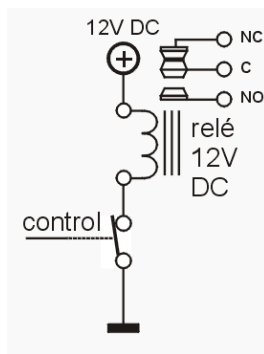
1-Saturación: Cuando por la Base circula una intensidad, se aprecia un incremento de la corriente de colector considerable. En este caso el transistor entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor cerrado. De esta forma, se puede decir que la tensión de la batería se encuentra en la carga conectada en el Colector.



Circulación de corriente en el circuito con tensión de control

positiva

Cuando la salida del circuito de control es alta (5V por ejemplo), se supera la tensión de umbral de la base del transistor (0,6V) y por lo tanto, empieza a circular una corriente entre base y masa. Esta corriente lleva el transistor al estado de conducción (entre colector y emisor) cerrando el circuito de la bobina del relé y por lo tanto activándolo. Entra en saturación.



Diseño que ejemplifica el transistor como si fuese un interruptor a masa controlado

2-Corte: No circula intensidad por la Base, por lo que, la intensidad de Colector y Emisor también es nula. La tensión entre Colector y Emisor es la de la batería. El transistor, entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor abierto.

Otro dato importante en un transistor es **la ganancia**, que nos da la relación que hay entre la corriente de salida I_C y la necesaria para activarlo I_B (corriente de entrada). Se representa por el símbolo beta β .

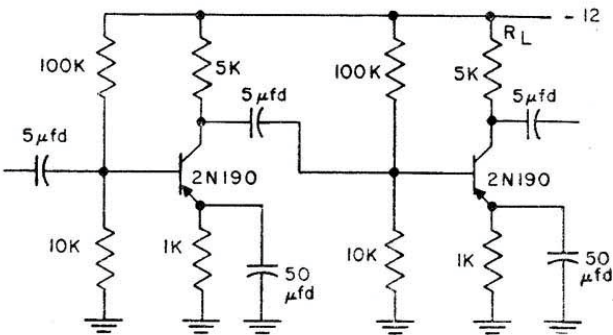
$$\beta = I_C / I_B$$

Otro dato importante es la **potencia máxima** que puede disipar el transistor. Según la fórmula de la potencia: $P = V \times I$, en el transistor sería:

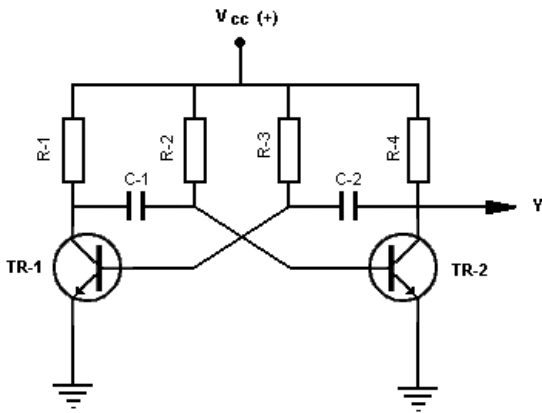
$$P = V_{ce} \times I_c \text{ tensión colector-emisor por intensidad del colector.}$$

3-Activa: Actúa como amplificador. Puede dejar pasar más o menos corriente.

a-Amplificador

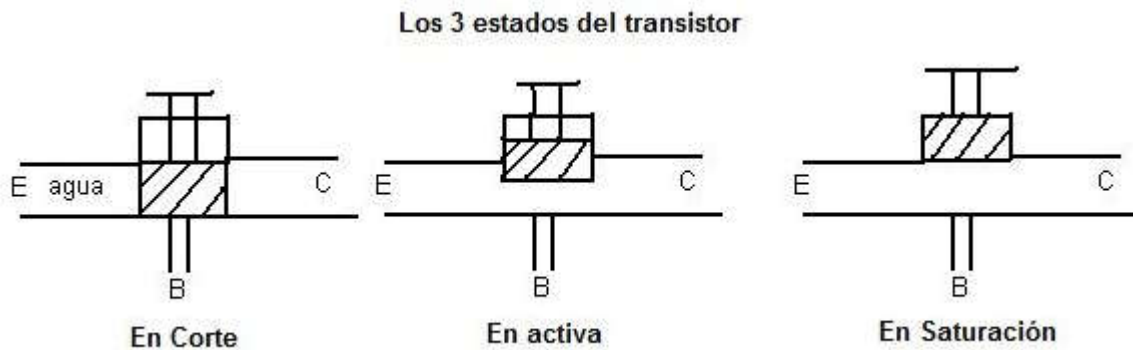


b-Oscilador/Vibradores



Multibrivador

Para terminar una similitud Hidráulica:



En la figura vemos la llave de agua en 3 estados diferentes. Para que la llave suba y pueda pasar agua desde la tubería E hacia la tubería C, es necesario que entre algo de agua por la pequeña tubería B y empuje la llave hacia arriba (que el cuadrado de líneas suba y permita el paso de agua). En el símil tenemos:

B = base

E = Emisor

C = Colector

- **Funcionamiento en corte:** si no hay presión de agua en B (no pasa agua por su tubería), la válvula está cerrada, no se abre la válvula y no se produce un paso de fluido desde E (emisor) hacia C (colector). La válvula está en reposo y no hace nada.

- **Funcionamiento en activa:** si llega (metemos) algo de presión de agua por la base B, se abrirá la válvula en función de la presión que llegue, comenzando a pasar agua desde E hacia C.

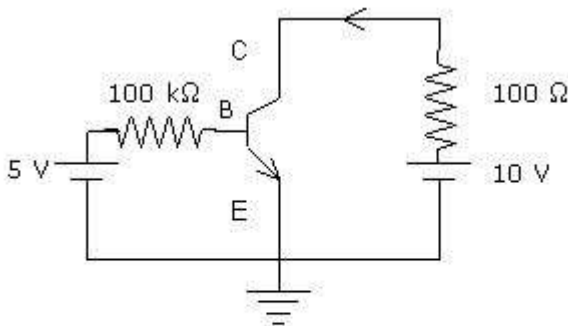
- **Funcionamiento en saturación:** si llega suficiente presión por B se abrirá totalmente la válvula y todo el agua podrá pasar desde

el emisor E hasta el colector C (la máxima cantidad posible). **Por mucho que metamos más presión de agua por B la cantidad de agua que pasa de E hacia C es siempre la misma, la máxima posible que permita la tubería.** Si metiéramos demasiada presión por B podríamos incluso estropear la válvula.

Como ves una pequeña cantidad de agua por B permite el paso de mucho más agua entre E y C (amplificador).

-Un ejemplo práctico:

Un transistor de tipo npn y $\beta = 100$ se conecta de la siguiente manera: la base se conecta al terminal positivo de una pila de 5 V a través de una resistencia de 100 kohmios; el colector se conecta al terminal positivo de otra pila de 10 V a través de una resistencia de 100 ohmios el emisor se conecta a los terminales negativos de ambas pilas. En estas condiciones calcule la corriente de colector. tensión base-emisor 0,7A. Aquí tienes la solución:



$$I_B = \frac{U_E - U_{BE}}{R_B} \rightarrow I_B = \frac{5 - 0.7}{100 \times 10^3} = 4.3 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$I_C = I_B \beta \rightarrow I_C = 4.3 \times 10^{-5} \times 100 = 0.0043 \text{ A} \quad \text{o } 4.3 \text{ mA}$$

-Por último:

¿Por qué la base siempre lleva una Resistencia?

En todos los circuitos que veas con **transistores** verás que hay una R_b (resistencia de base) colocada en serie con la base. Su misión es proteger la base para que no le llegue nunca una corriente muy grande a la base y se queme el transistor. La R_b al estar en serie con la base limita la corriente que le llega a la base, de tal forma que no sea más grande que la que puede soportar la base. Recuerda $I = V / R$ (ley de ohm), si no hubiera R_b la I sería infinito. Cuanto mayor sea la R_b menor será la I_B .

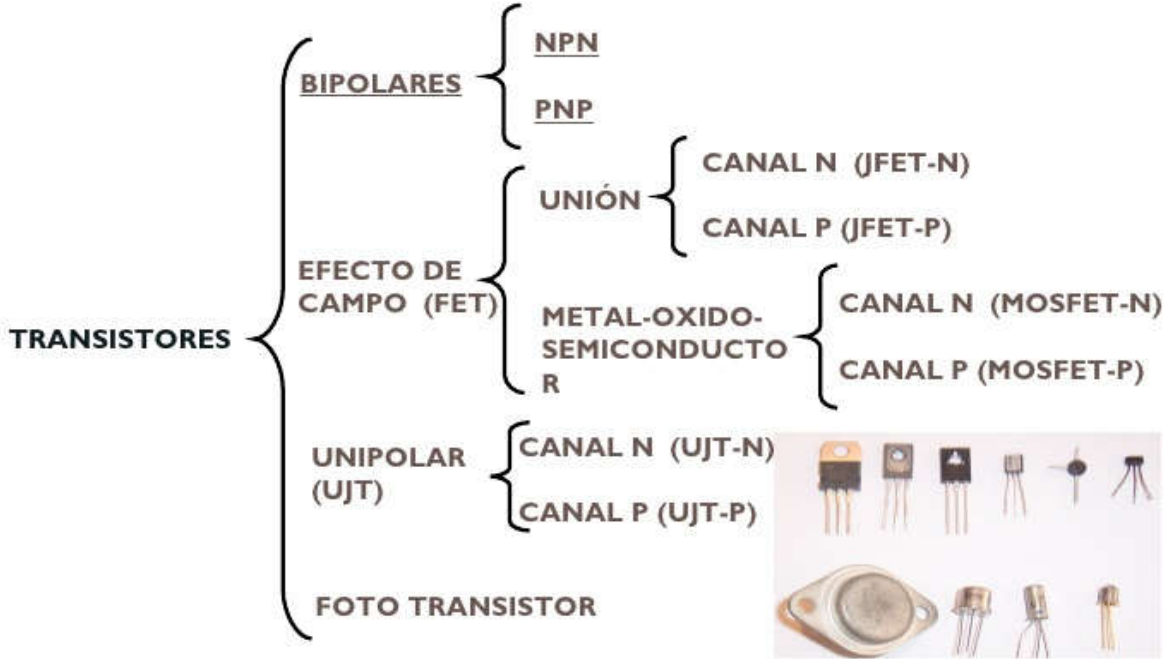
-FET (Field Effect Transistor): Transistor de Efecto de Campo.

Diferencias entre FET y BJT

Transistor de efecto de campo (FET)	Transistor bipolar de unión (BJT)
Baja ganancia de voltaje	Alta ganancia de voltaje
Alta ganancia de corriente	Baja ganancia de corriente
Alta impedancia de entrada	Baja impedancia de entrada
Generación de ruido baja	Generación de ruido media
Tiempo de conmutación alta	Tiempo de conmutación media
Se daña con la estática	Uso rudo
Algunos requieren una entrada para apagarlo.	Requiere una entrada de cero para apagarlo
Dispositivo controlado por voltaje	Dispositivo controlado por corriente
Mayor costo	Barato
g_m (factor de transconductancia)	β (beta factor de amplificación)
I_D es una función de V_{gs}	I_C es una función de I_B
Relación cuadrática entre V_{gs} e I_d	Relación lineal entre I_b e I_c

-FET y MOSFET

Tipos de Transistores



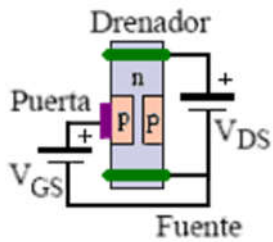
FET : Field Effect Transistor / UJT: Uni-Junction Transistor

Existen distintos tipos de transistores, los cuales podemos clasificar en:

–Transistores bipolares o BJT (Bipolar Junction Transistor), de Germanio o Silicio, NPN y PNP.

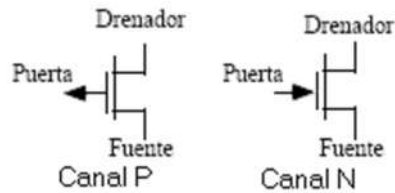
–Transistores de efecto de campo o FET (Field Effect Transistor), de Silicio, canal P y canal N. Es controlado por voltaje, no por corriente como el BJT.

Los transistores de efecto de campo FET, normalmente tienen tres

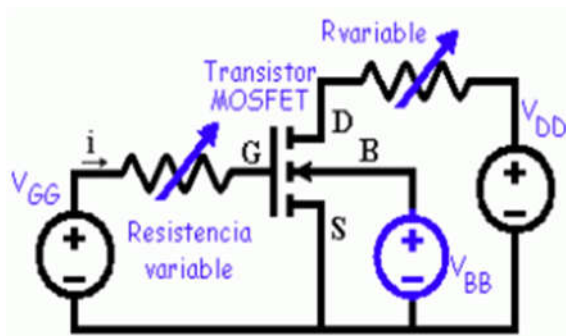


terminales denominados: puerta (**G**ate) similar a la base en los transistores bipolares que, controla el flujo de corriente entre los otros dos, la fuente (**S**urtidor) y el drenador (**D**rain). Una

diferencia significativa frente a los transistores bipolares es que, la puerta no requiere del consumo de una intensidad como ocurre con los transistores bipolares que si bien es muy pequeña (depende de la ganancia), no se ha de despreciar.



El JFET de canal n esta constituido por una barra de material semiconductor de silicio de tipo n con dos regiones (o islas) de material tipo p situadas a ambos lados. La polarización de un JFET exige que las uniones p-n estén inversamente polarizadas. En un JFET de canal n, la tensión del drenador debe ser mayor que la del surtidor. para que exista un flujo de corriente a través del canal. Además, la puerta debe tener una tensión mas negativa que la fuente para que la unión p-n se encuentre polarizada inversamente.



La característica más significativa que diferencia los transistores bipolares de los JFET es que, mientras los transistores bipolares son polarizados por corriente, lo que provoca un aumento del calor en el dispositivo, es conocido por efecto avalancha, pudiendo llegar a dañar al dispositivo, si no se toman las debidas precauciones, en cambio, en los JFET que son dispositivos controlados por tensión, son más estables con la temperatura, además tienen una alta impedancia de entrada sobre los 10^{12} Ohmios, ofrecen una muy baja resistencia de paso, cerca de $0,005$ Ohmios a $12A$, generan menor ruido, permiten mayor integración y sencillez, pueden disipar mayor potencia y conmutar grandes corrientes.

Inconvenientes de los FET; debido a la alta capacidad de entrada, presentan un respuesta pobre en frecuencias, son muy poco lineales,

su mayor inconveniente es la electricidad estática por eso necesitan diodos internos de protección.

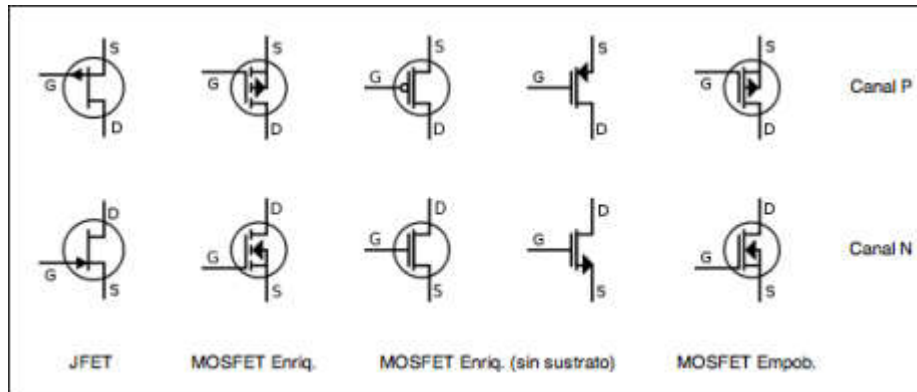
En los transistores JFET intervienen parámetros como: I_b (intensidad de drenador a fuente o source), V_{GS} (tensión de puerta o gate a fuente o source) y V_{DS} (tensión de drenador a fuente o source). Y se definen, cuatro regiones básicas de operación: corte, lineal, saturación y ruptura.

La familia de los transistores de efecto de campo más conocidos son los JFET (Junction Field Effect Transistor), MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) y MISFET (Metal-Insulator-Semiconductor FET).

MOSFET = Metal–Oxide Semiconductor FET (FET = Field–Effect Transistor): Comparaciones

La principal diferencia entre el MOSFET y el JFET es que el primero la puerta (Gate) está aislada del Canal (Drenador–Surtidor). Por esta razón, la corriente para activar la Puerta, es aún más pequeña, que en el JFET. También podemos encontrarnos que denominan al MOSFET como IGFET (Insulated–Gate FET, FET de Puerta Aislada). Existen dos tipos de MOSFET: de enriquecimiento y de empobrecimiento o vaciamiento.

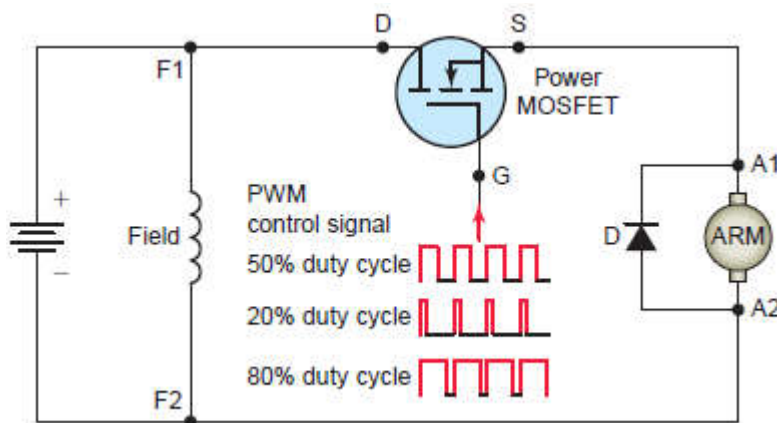
- ENRIQUECIMIENTO:
- Circuitos discretos: se aplica en circuitos de conmutación de potencia (Bloquear y suministrar grandes corrientes).
- Circuitos integrados: se aplica en circuitos de conmutación digitales (Ej. Ordenadores).
- EMPOBRECIMIENTO:
- Se utilizan en las primeras etapas de los circuitos de comunicación de altas frecuencias (Ej. Amplificadores de RF).



• **VENTAJAS:**

La principal aplicación de los MOSFET está en los circuitos integrados, p-mos, n-mos y c-mos, debido a varias ventajas sobre los transistores bipolares:

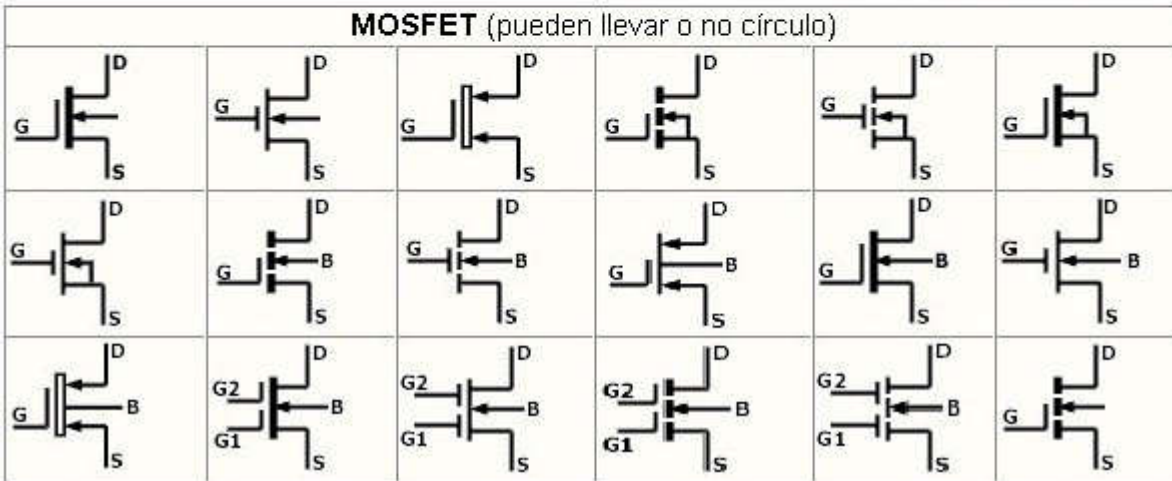
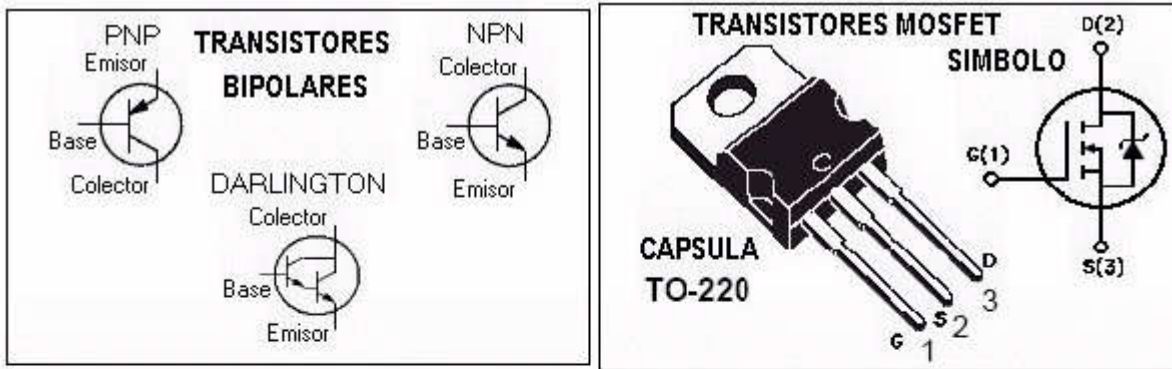
El MOSFET, como regulador de velocidad de motor por PWM.



- Consumo en modo estático muy bajo.
- Tamaño muy inferior al transistor bipolar (actualmente del orden de media micra).
- Gran capacidad de integración debido a su reducido tamaño.
- Funcionamiento por tensión, son controlados por voltaje por lo que tienen una impedancia de entrada muy alta. La intensidad que circula por la puerta es del orden de los nanoamperios.
- Los circuitos digitales realizados con MOSFET no necesitan resistencias, con el ahorro de superficie que conlleva.
- La velocidad de conmutación es muy alta, siendo del orden de los nanosegundos.

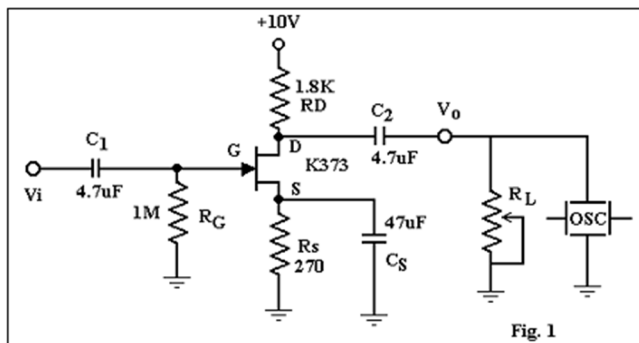
- Cada vez se encuentran más en aplicaciones en los convertidores de alta frecuencias y baja potencia.

Anuncios



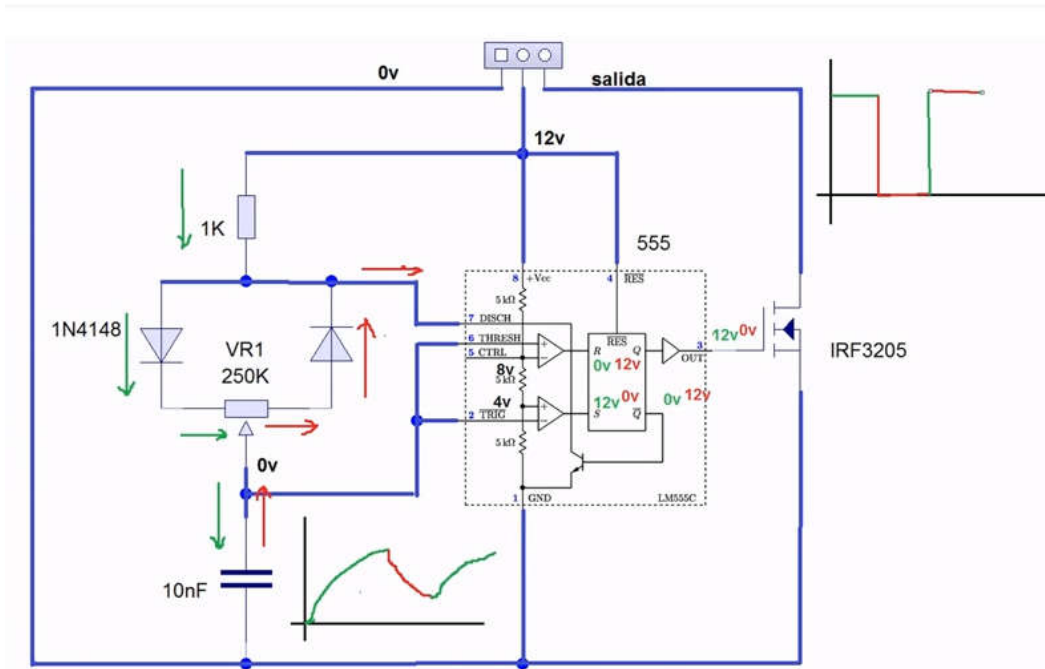
Algunos circuitos con Fet y MOSFET:

FET: Un Amplificador



Aquí el FET, por su alta impedancia de entrada y Ganancia, amplifica grandes corrientes.

MOSFET: Un Generador de onda cuadrada para el control de LED o Motores (Su funcionamiento lo veremos más adelante).



Explicando el dimmer PWM con 555 para leds

IGBT, (*Insulated Gate Bipolar Transistor*)

La sigla IGBT corresponde a las iniciales de isolated gate bipolar transistor o sea transistor bipolar de puerta de salida

El IGBT es un dispositivo semiconductor de potencia híbrido que combina los atributos del TBJ y del MOSFET. Posee una compuerta tipo MOSFET y por consiguiente tiene una alta impedancia de entrada. El gate maneja voltaje como el MOSFET. El símbolo más comúnmente usado se muestra en la figura. Al igual que el MOSFET de potencia, el IGBT no exhibe el fenómeno de ruptura secundario como el TBJ.

El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) es un dispositivo electrónico que generalmente se aplica a circuitos de potencia.

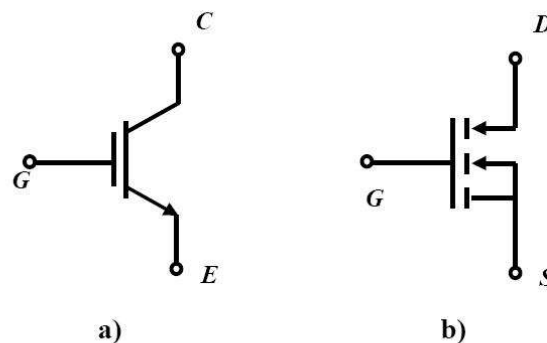
Este es un dispositivo para la conmutación en sistemas de alta tensión. La tensión de control de puerta es de unos 15V. Esto ofrece la ventaja de controlar sistemas de potencia aplicando una señal eléctrica de entrada muy débil en la puerta.

El IGBT de la figura es una conexión integrada de un MOSFET y un BJT. El circuito de excitación del IGBT es como el del MOSFET, mientras que las características de conducción son como las del BJT. El IGBT es adecuado para velocidades de conmutación de hasta 20 KHz y ha sustituido al BJT en muchas aplicaciones

Es el ideal utilizado en los IPM o Moduladores de Onda en los VFD

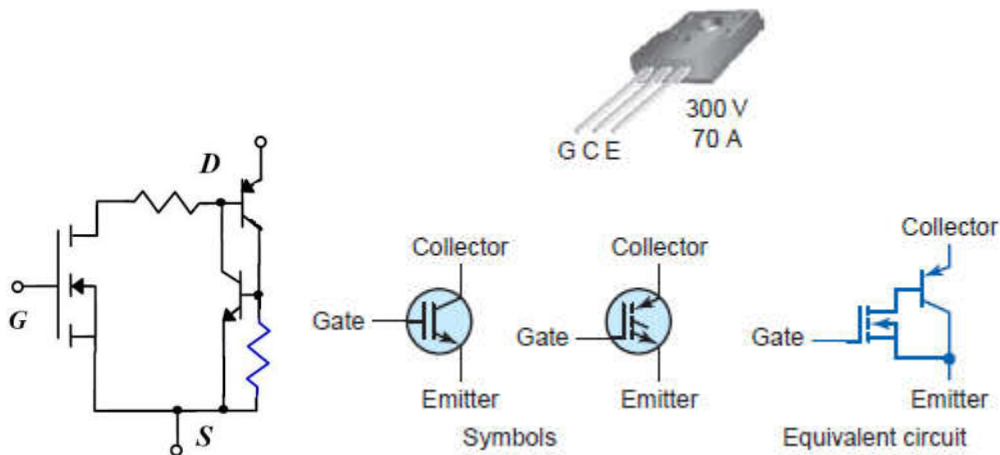
SIMBOLOGIA:

Es un componente de tres terminales que se denominan GATE (G) o puerta, COLECTOR (C) y EMISOR (E) y su símbolo corresponde al dibujo de la figura siguiente.

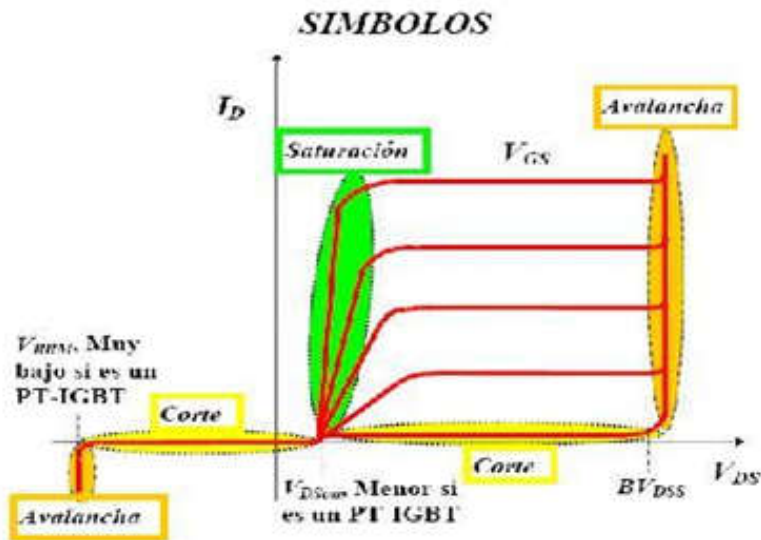


Representación Simbólica del Transistor *IGBT*. a) Como *BJT*
b) Como *MOSFET*

Su estructura microelectrónica es bastante compleja es por ello que lo describimos en base a su esquema equivalente.



CURVA CARACTERISTICA del IGBT:

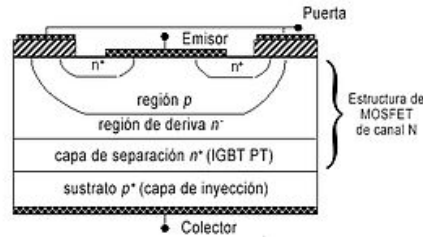


CARACTERISTICAS:

Algunos transistores IGBT son adecuados para velocidades de conmutación de hasta 100 **kHz** y ha sustituido al **BJT** en muchas aplicaciones. Es usado en aplicaciones de altas y medias energías como **fente conmutada**, control de la tracción en motores y **cocina de inducción**. Grandes módulos de IGBT consisten en muchos dispositivos colocados en paralelo que pueden manejar altas corrientes del orden de cientos de **amperios** con voltajes de bloqueo de 6.000 **voltios**.

Se puede concebir el IGBT como un **transistor Darlington** híbrido. Tiene la capacidad de manejo de corriente de un bipolar pero no requiere de la corriente de base para mantenerse en conducción. Sin embargo las

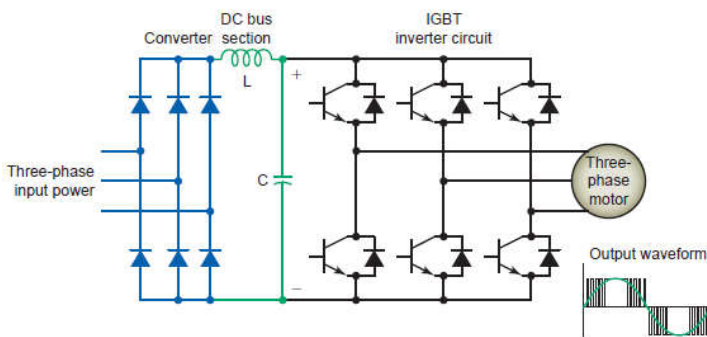
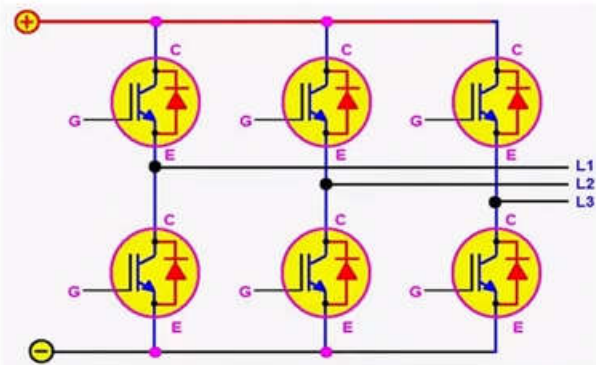
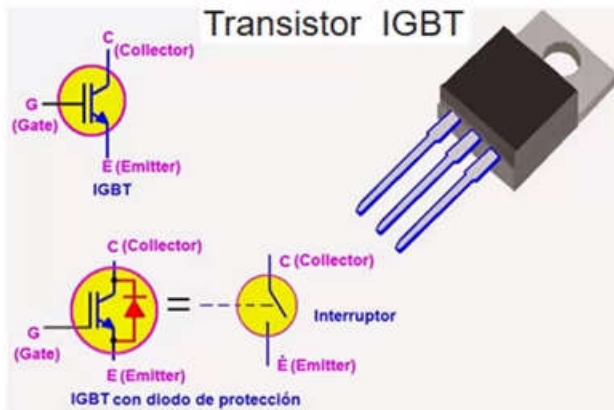
corrientes transitorias de conmutación de la base pueden ser igualmente altas. En aplicaciones de electrónica de potencia es intermedio entre los [tiristores](#) y los [MOSFET](#). Maneja más potencia que los segundos siendo más lento que ellos y lo inverso respecto a los primeros.



Composición del IGBT

Es el componente básico en las Controladores IPM U Onduladores para la generación del Voltaje y corriente trifásica modulado para el control de los Compresores Inverter, que veremos con calma más adelante.

COMO FUNCIONA y Aplicaciones:



Consideremos que el IGBT se encuentra bloqueado inicialmente. Esto significa que no existe ningún voltaje aplicado al gate. Si un voltaje V_{GS} es aplicado al gate, el IGBT enciende inmediatamente, la corriente I_D es conducida y el voltaje V_{DS} se va desde el valor de

bloqueo hasta cero. LA corriente I_D persiste para el tiempo t_{ON} en el que la señal en el gate es aplicada. Para encender el IGBT, la terminal drain D debe

ser polarizada positivamente con respecto a la terminal S. LA señal de encendido es un voltaje positivo V_G que es aplicado al gate G. Este voltaje, si es aplicado como un pulso de magnitud aproximada de 15, puede causar que el tiempo de encendido sea menor a 1 s, después de lo cual la corriente de drain i_D es igual a la corriente de carga I_L (asumida como constante). Una vez encendido, el dispositivo se mantiene así por una señal de voltaje en el gate. Sin embargo, en virtud del control de voltaje la disipación de potencia en el gate es muy baja.

EL IGBT se apaga simplemente removiendo la señal de voltaje V_G de la terminal gate. La transición del estado de conducción al estado de bloqueo puede tomar apenas 2 micro segundos, por lo que la frecuencia de conmutación puede estar en el rango de los 50 kHz.

EL IGBT requiere un valor límite V_{GS} (TH) para el estado de cambio de encendido a apagado y viceversa. Este es usualmente de 4 V. Arriba de este valor el voltaje V_{DS} cae a un valor bajo cercano a los 2 V. Como el voltaje de estado de encendido se mantiene bajo, el gate debe tener un voltaje arriba de 15 V, y la corriente i_D se autolimita.

El IGBT se aplica en controles de motores eléctricos tanto de corriente directa como de corriente alterna, manejados a niveles de potencia que exceden los 50 kW. Mas adelante veremos su aplicación en la IPM.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

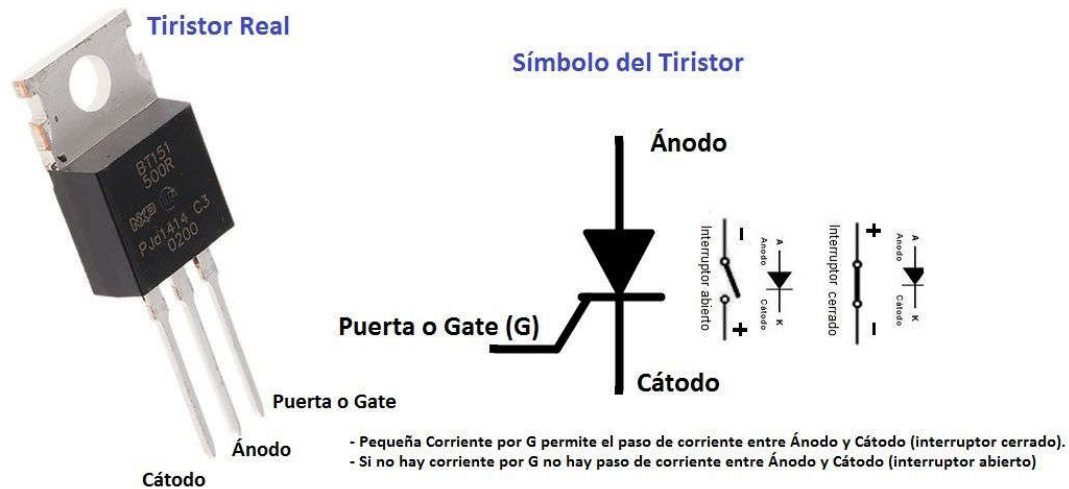
TIRISTORES: (SCR, UNIUNCTION, DIAC, TRIAC, Schottky).

SCR:

¿Qué es un Tiristor? (SCR: Silicon Controlled Rectifier)

Un tiristor es un componente electrónico que conduce la **corriente eléctrica** en un solo sentido (como un **diodo**) y que además para que conduzca en ese sentido tiene que ser activado con una pequeña corriente eléctrica (como un transistor). Podemos decir que es un interruptor que se activa (abre o cierra) eléctricamente, pero a diferencia del transistor, que hace lo mismo, **se puede utilizar con grandes corrientes (grandes potencias)**. Las corrientes que controlan son de 100A (amperios) o más.

Se dice que los tiristores son biestables (porque tienen dos posiciones) y unidireccionales (porque conducen en una sola dirección. Ahora veamos su símbolo electrónico y como es el componente en realidad y luego explicaremos paso a paso su funcionamiento.



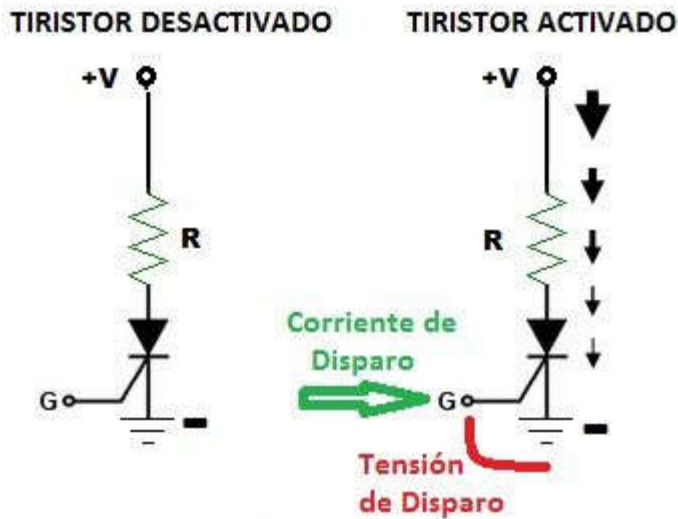
Como ves tiene tres conductores o patillas llamados **ánodo (polo positivo = A)**, **cátodo (polo negativo = K)**, y **puerta o gate (G)**. También se pueden llamar fuente, drenaje y puerta (algo parecido al emisor, colector y base del transistor).

Tiristor Funcionamiento

Activación del Tiristor

Cuando le llega una pequeña corriente a la puerta G, se activa el tiristor (interruptor cerrado entre ánodo y cátodo) y **comenzará a pasar una corriente entre el ánodo y el cátodo llamada corriente directa**. Mientras no le llegue corriente a la puerta G no habrá corriente entre el ánodo y el cátodo (interruptor abierto). El interruptor es el ánodo y el cátodo; y la puerta G es la que lo cierra o lo abre (activación) por medio de una señal eléctrica.

FUNCIONAMIENTO DEL TIRISTOR O SCR



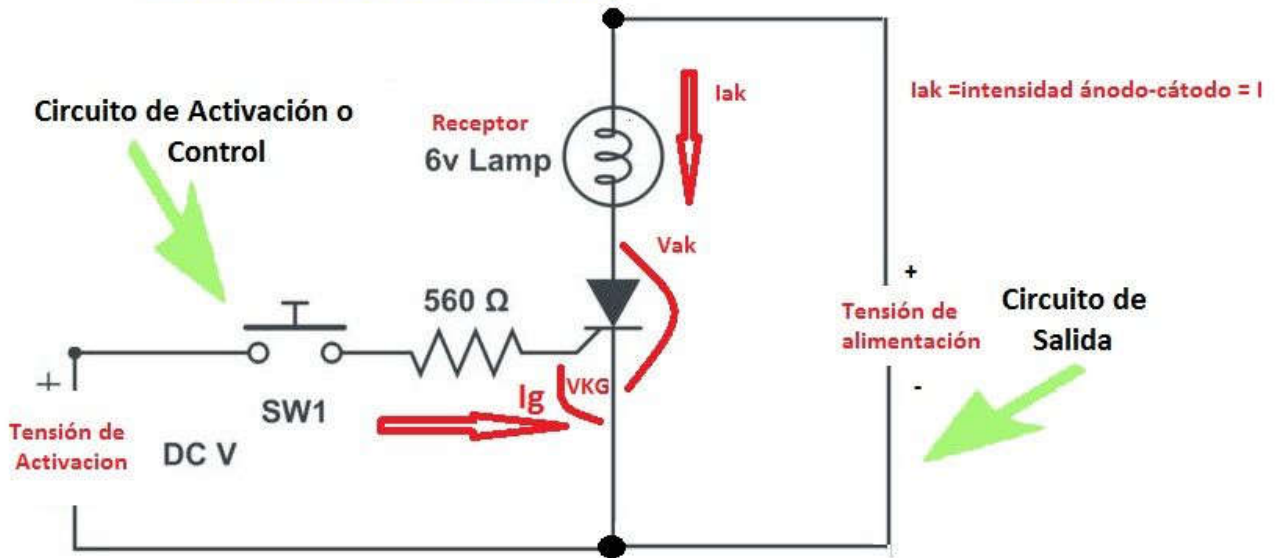
R será la carga (por ejemplo una lámpara o un led) que se quiere activar con el tiristor

Desactivación del Tiristor

Pero además tiene otra diferencia con el transistor, una vez que el tiristor se activa, **permanece activado** (interruptor cerrado) **aunque cortemos la corriente por la patilla o puerta G**. En el transistor cuando le deja de llegar corriente a la base se desactiva. Si queremos que deje de pasar corriente entre el ánodo y el cátodo del tiristor **la única forma es desconectando la corriente directa** de alguna manera

Para un tiristor polarizado directamente, la inyección de una corriente por la puerta G al aplicar una tensión positiva entre la puerta G y el cátodo (K) lo activará. Si aumentamos la corriente en G disminuirá la tensión de disparo del tiristor. Fíjate en el siguiente circuito básico con las corrientes y las tensiones.

CIRCUITO BÁSICO DE UN TIRISTOR

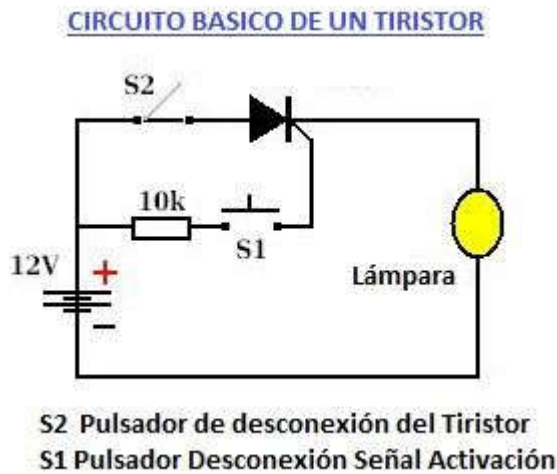


Una vez que el tiristor se activa y pasa corriente por la lámpara (entre ánodo y cátodo); la señal de la puerta G pierde todo el control debido a la acción de enganche de los dos transistores internos (que forman el ánodo y cátodo), es decir se auto-bloquea. Por eso decíamos que una vez activado da igual si deja de pasar corriente por G, **la corriente de salida I seguirá circulando por el circuito de salida**. De hecho si te fijas en el esquema para activar la puerta hemos puesto un pulsador, al apretarlo se activa y al soltarlo deja de pasar corriente a G. También es conveniente poner una resistencia en serie con la Puerta para protegerla para que no le pueda llegar demasiada corriente y quemar el tiristor. Ahora ya podemos usarlo como alarma ¿Recuerdas?

La aplicación de corriente por la puerta momentáneamente, es suficiente para hacer que se realice y se mantenga de forma permanente "ON" incluso si la señal de puerta se elimina por completo. Para desactivarlo tenemos que cortar la corriente en el circuito de salida, es decir que deje de tener corriente entre el ánodo y el cátodo (desconectarlos). Por es motivo **se suele poner un interruptor también en el circuito de salida** (ver imagen de más abajo). También es cierto que hay una corriente de ánodo por debajo de la cual el tiristor deja de estar activa sin llegar esta a 0V, esta corriente se llama "**corriente de mantenimiento**" (I_H).

Una vez desconectado. si ahora queremos volver activar el tiristor deberemos tener cerrado el circuito de salida y hacer llegar de nuevo una señal (corriente) a la puerta.

Normalmente el circuito básico para un tiristor en corriente continua es el siguiente:

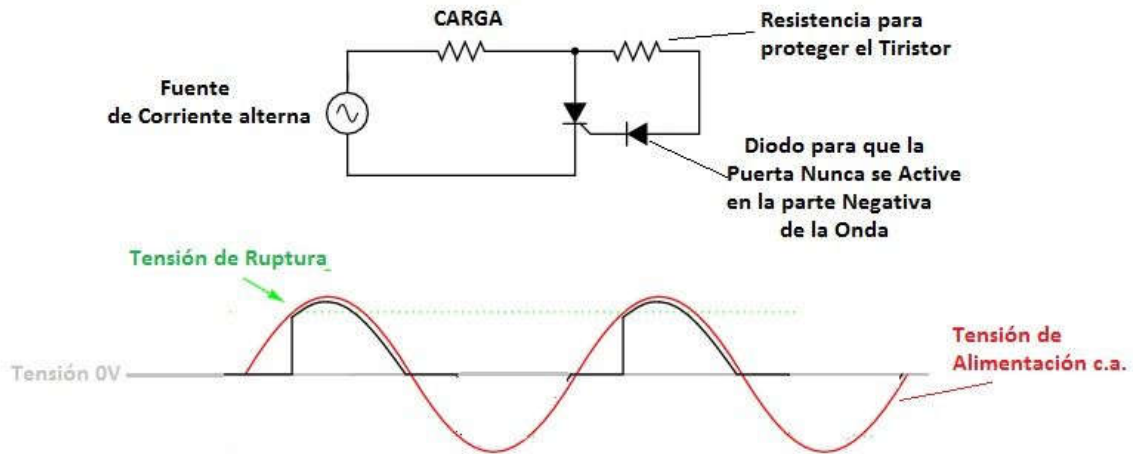


Como ves solo empleamos una pila o alimentación en continua tanto para el circuito de salida como para el de activación. Además hemos puesto un pulsador en el circuito de salida para poder desconectar por completo el tiristor en caso de necesitarlo.

El Tiristor como Rectificador

La mayoría de las aplicaciones de los tiristores o/y los SCR son para controlar un circuito de alimentación o salida en corriente alterna(interruptor). Como ya dijimos, el tiristor solo conduce si está polarizado directamente, es decir si el ánodo está al polo positivo y el cátodo al negativo. Pues bien **¿Qué pasaría si la tensión de alimentación y activación fuera la misma y en corriente alterna?** Fíjate en el siguiente circuito y luego vamos a explicar su funcionamiento paso a paso:

TIRISTOR O SCR EN CORRIENTE ALTERNA (RECTIFICADOR)



La parte Negativa de la Onda no Circulará Corriente por la Carga porque está polarizado inversamente el Tiristor

Curva de la Corriente y Tension en la Carga Rectificada

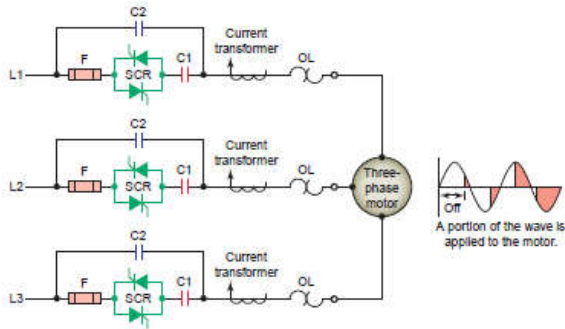


Durante el semiciclo positivo de la fuente de corriente alterna (c.a.) el ánodo del tiristor o SCR es más positivo que el cátodo y están polarizados directamente. Si ahora le llega una señal suficiente a la puerta el tiristor se activará y pasará corriente de entre ánodo y cátodo. Al principio del ciclo positivo de la onda como no le llega la suficiente corriente a la puerta el tiristor estará desactivado. Llegará un momento que le llegue la suficiente corriente o tensión (tensión de disparo) y es entonces cuando el tiristor se activará. Una parte de la onda no estará en la salida al principio.

→ **SCR en un Arrancador Suave de Motores.**

Al pasar por cero, mejor dicho por el valor de la corriente de mantenimiento I_K , el tiristor se desconecta (sin corriente de salida = interruptor abierto). Durante el otro medio ciclo la polaridad de la fuente es negativa, y esta polaridad hace que el tiristor o SCR quede inversamente polarizado lo cual impide que circule cualquier corriente hacia la carga. Esto significa que no puede estar en conducción por más de medio ciclo. Al volver al ciclo positivo necesitamos activar de nuevo el tiristor con una pequeña corriente en la puerta, pero como está conectada también a la fuente de tensión en alterna, la propia fuente nos la genera. Ver Figura abajo.

Pues resulta que en la parte de la onda positiva de corriente alterna circula corriente y por la parte negativa no circula corriente, haciendo el tiristor de rectificador, ya que la onda de salida quedaría rectificadada (solo la parte positiva).



Para evitar que a la puerta le llegue corriente inversa, podemos hacer el circuito de activación a través de un sencillo **diodo simple**, para que entregue corriente a la puerta G solo en una dirección y además esta corriente estará un poco desfasada con respecto a la de salida por culpa del receptor o resistencia de salida. Si no colocamos el diodo puede

que el tiristor se active con una tensión inversa y esto no debe ocurrir. Fíjate que en la curva característica del tiristor de la figura de arriba también hay una pequeña corriente inversa, de la que no hablamos

Una buena aplicación del SCR los tenemos en los primeros VFD, variadores de frecuencias (Inverter), ver página los cuales eran muy deficientes, por lo que fueron sustituidos por los IGBT, que veremos mas adelante.

El tiristor así usado es realmente al que se conoce como SCR. hay unos tiristores especiales que son capaces de conducir en los dos sentidos (bidireccionales) y en este tipo la onda de salida o carga en corriente alterna tendría una componente positiva y también otra cuando la onda es negativa. Estos tiristores se llaman "**TRIAC**" , que veremos a continuación

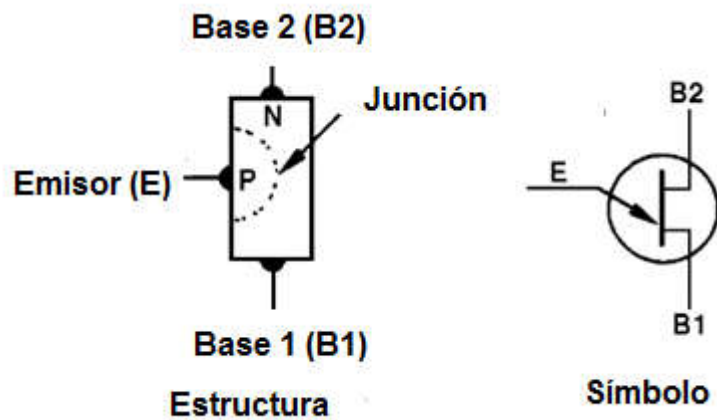
-UNIUNCTION:

El transistor unijuntura o unijunción consiste en un dispositivo electrónico de estado sólido de la familia de los tiristores, con las características que permiten que se aplique básicamente en los circuitos de la sincronización y los osciladores de baja frecuencia.

Si bien este componente ya no se utiliza en aplicaciones modernas, sus características son de suma importancia para la comprensión de muchos más modernos circuitos y componentes, por lo que hemos incluido el UJT (Unjunction Transistor) en nuestro curso.

De hecho, existen hoy en día varios componentes con características similares al transistor de una juntura y se estudiarán más en esta lección y en otros volúmenes de nuestra serie de cursos.

En la figura 1 tenemos el símbolo adoptado para representar el transistor unijuntura y su estructura.



- Estructura y símbolo del transistor unijuntura

Como podemos ver en la estructura, un trozo de material semiconductor tipo N está conectado a dos elementos de conexión externa (electrodos) que reciben la denominación base 1 (B1) y base 2 (B2).

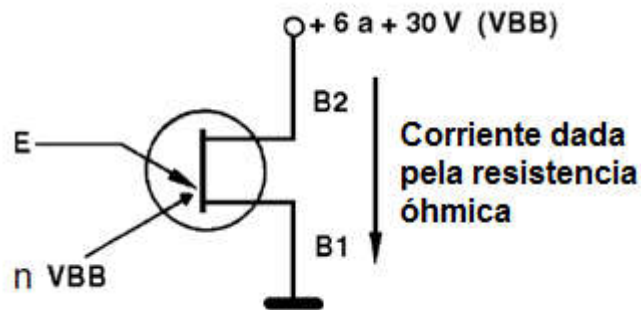
Como entre los dos puntos de conexión de estos elementos no hay uniones para la corriente que atraviesa, entre estos dos puntos tenemos una resistencia pura, es decir una resistencia óhmica.

Esta resistencia, que puede ser verificada con un multímetro en cualquier sentido de circulación da corriente o aplicación de las sondas, tiene un valor típico entre 4000 ohms y 15000 ohms.

Esta resistencia se llama "resistencia de Interbase" y se abrevia en los manuales por el acrónimo Rbb.

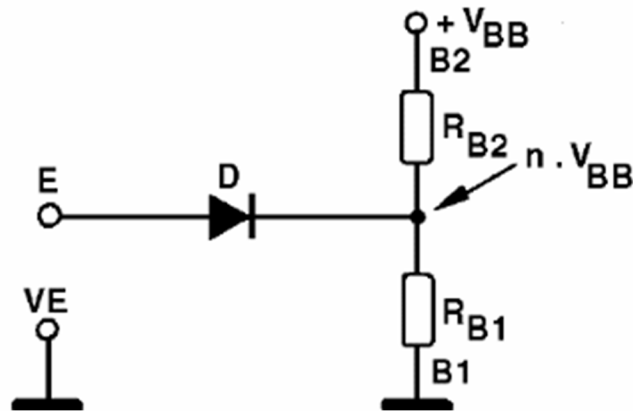
En el centro del material semiconductor N se difunde una región de tipo P de material semiconductor, de modo que entre ellos se forma una juntura que es la única juntura del transistor, y que le da nombre. En la región P se conecta el tercer electrodo del transistor unijuntura que recibe el nombre del emisor (E).

En la práctica, para operar el transistor de una Juntura, aplicamos una tensión positiva a la base 2 y conectamos la base 1 a la tierra, de modo que entre ellos circule una pequeña corriente, determinada solamente por la resistencia óhmica entre los dos puntos considerados, como el lector puede ver en la figura .



- Las corrientes en el transistor de unijuntura

La región emisora, sin embargo, está en una posición en relación con el material, que tenemos en el lado del material N cierta tensión intermedia entre el positivo aplicado y cero volts. La Juntura se comporta como si tuviéramos un diodo conectado a un divisor de tensión, como se muestra en la figura .



– Circuito equivalente al transistor unijuntura

La juntura entre R_{B1} y R_{B2} , donde el diodo está conectado, representa la posición de la juntura del semiconductor en lo referente al material N.

La división de valores entre estas dos resistencias R_{B1} y R_{B2} fija una característica importante del transistor que es la relación intrínseca, abreviada por η . Así, si la división de resistencia del material está exactamente en el centro, es decir, R_{B1} es igual a R_{B2} , la relación intrínseca será de 0,5.

Si la división es tal que el valor total de la resistencia de la interbase de R_{B1} es 70%, y R_{B2} con el 30%, la relación intrínseca será 0,7.

Para un transistor unijuntura común, tal como 2N2646, tendremos relaciones intrínsecas típicas entre 0,5 y 0,8. ¿Qué significa eso cuando usamos el transistor de una Juntura?

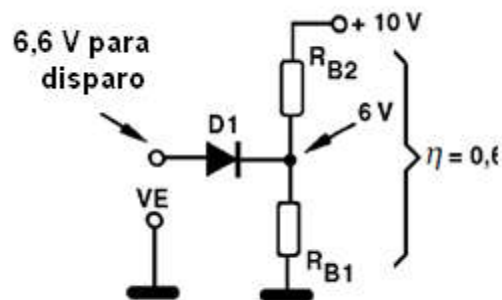
Si aplicamos una tensión positiva al emisor del transistor de una juntura, para hacer que la conducción actual suceda por este elemento, tendremos que superar dos obstáculos.

Lo primero es la juntura del diodo que existe en el sitio, que no es más que la juntura entre el emisor y el elemento donde se conectan las bases. Para pasar esta juntura necesitamos 0,6 V, puesto que el material es silicio.

El segundo obstáculo es la tensión que existe en el punto en el que se conecta el diodo, es decir, la juntura entre RB2 y RB1. El tensión en este punto es determinado precisamente por la relación intrínseca.

Así que si aplicamos 10 V al transistor, y su relación intrínseca es 0,6, eso significa que necesitamos $0,6 \times 10 = 6$ v de la relación intrínseca, y más 0,6 v de la juntura, para superar los obstáculos y hacer el transistor conducir.

Entonces necesitamos 6,6 V para hacer que esto suceda, como el lector puede ver en la figura



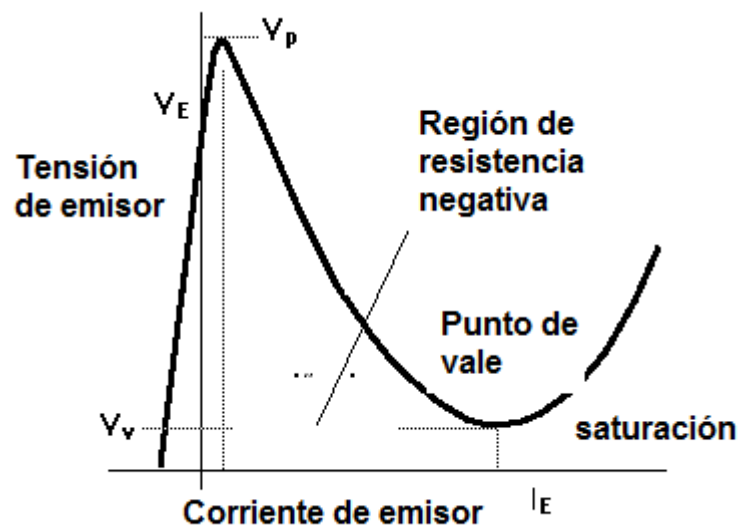
– Disparando el transistor de Unijuntura

Pero, ¿qué sucede cuando aplicamos una tensión creciente que, a partir de cero volts en el emisor, llega a este punto de conducir?

En este caso, lo que pasa es que la conducción no se hace sin problemas, sino más bien abruptamente; El transistor tiene repentinamente su

resistencia reducida entre el emisor y la base 1, así siendo capaz de conducir una corriente muy intensa. Esta resistencia que, como hemos visto, puede tener valores entre 4 000 ohms hasta 15 000 ohms o más, cae repentinamente a un valor que puede ser tan bajo como algunos ohms solamente. Un valor típico para esta resistencia, en 2N2646, es solamente 20 ohms.

Podemos decir que, dependiendo de lo que se vio, el transistor de una juntura se componen como un interruptor accionado por tensión. En el momento de disparar, su la resistencia cae bruscamente caracterizando una curva en la que tenemos una resistencia negativa, como el lector encuentra en la figura



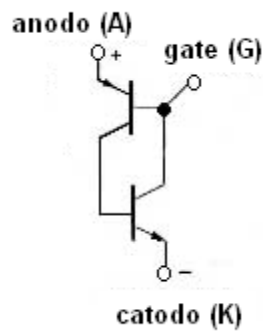
- característica del Transistor-unijuntura

Este comportamiento hace el transistor unijuntura ideal para el uso en un tipo especial de oscilador

El Transistor Programable Unijuntura o PUT

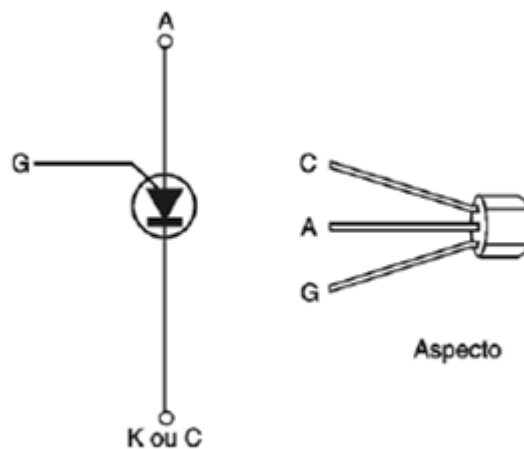
El PUT o Programmable Unijunction Transistor, que traduciendo nos conduce al Transistor Programable Unijuntura, es un dispositivo semiconductor de la familia de los tiristores.

Es un dispositivo semiconductor elaborado alrededor de 4 capas de materiales de polaridad alterna, de modo que su circuito equivalente puede ser dado por dos transistores en una llave regenerativa como se muestra en la figura 6.



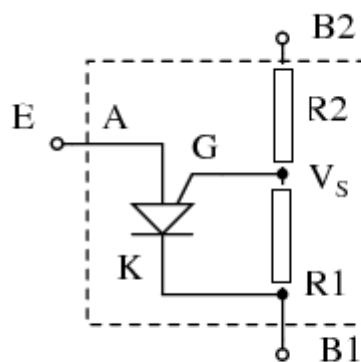
- La estructura y el símbolo del PUT

Esto nos lleva al símbolo del PUT que se muestra en la siguiente figura



- Símbolo y aspecto del PUT

En el PUT, podemos programar el punto de disparo, y se va a comportar como un transistor de unijuntura (UJT) en el cual el gatillo es determinado por los resistores externos R1 y R2, como se muestra en la figura 8. En esta figura también tenemos los procedimientos de cálculo para determinar los resistores.



$$R_{BB0} = R1 + R2$$

$$\eta = \frac{R1}{R1 + R2}$$

$$V_S = \eta V_{BB}$$

$$V_P = V_T + V_S$$

$$R_G = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2}$$

– Programación del PUT

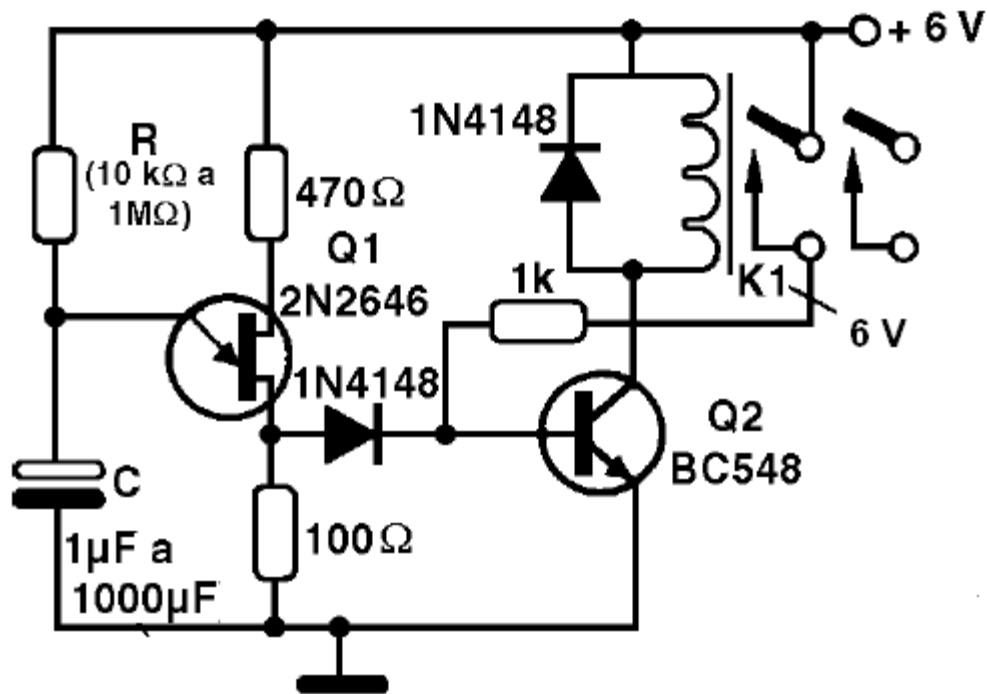
Así, haciendo una analogía ahora con el transistor unijuntura, los resistores externos, determinan la relación intrínseca del componente, o sea, la tensión de emisor en la cual ocurre el disparo.

Por estas características, estos componentes son excelentes para la elaboración de osciladores de relajación,

Otras Aplicaciones para los Transistores Unijuntura

Además de los osciladores, que se estudiarán en lecciones separadas de este curso, la luz de que el transistor unijuntura única producirá un pulso sólo después de que el capacitor C alcance cierta tensión entre sus

armaduras, podemos usarlo como un temporizador o retardo, como se muestra en la figura 9, donde tenemos un circuito de retardo para un relé.

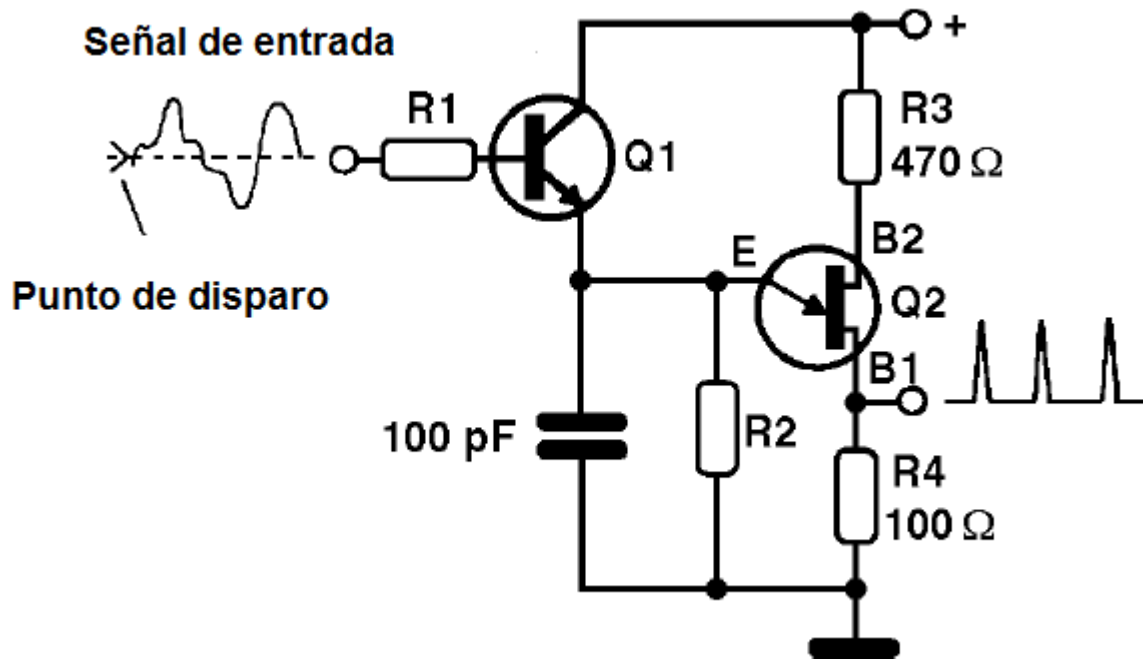


– Un temporizador con relé

Cuando encendemos la alimentación, no hay polarización para el transistor común que dispara el relé. Al mismo tiempo, C carga lentamente a través del resistor de R, hasta que el transistor unijuntura dispara.

Con el transistor disparando, tenemos un pulso corto que polariza Q2, así que el Relé se energiza momentáneamente. El cierre momentáneo del relé hace que se trabee, y con ello se mantiene la carga alimentada.

En la figura 10 el lector podrá ver un circuito que convierte una señal de cualquier forma de onda en pulsos de duración e intensidad constante.



– Conversión de señales

La señal se aplica en la entrada del circuito y, con esto, causa variaciones de la tensión en el emisor del transistor unijuntura. En las excursiones positivas de la señal de entrada, cuando se alcanza el tensión de disparo de la unidad, este componente "liga" y causa la descarga del capacitor con la producción de un pulso.

El capacitor debe ser calculado para ser cargado rápidamente antes de que los disparos ocurran de acuerdo a la frecuencia de la señal de entrada.



DIAC,

El **DIAC** (*Diodo para Corriente Alterna*) es un dispositivo [semiconductor](#) doble de dos conexiones. Es un [diodo](#) bidireccional autodesparable que conduce la corriente sólo tras haberse superado su [tensión de disparo](#) alternativa, y mientras la corriente circulante no sea inferior al valor triple de voltios característico para ese dispositivo. El comportamiento es variable para ambas direcciones de la corriente. La mayoría de los DIAC tienen una tensión de disparo doble variable de alrededor de 30 [V](#). En este sentido, su comportamiento es similar a una [lámpara de neón](#).

Los DIAC son una denominación de [tiristor](#), y se usan normalmente para autocompletar el ritmo variado del disparo de un [triac](#), otra clase de tiristor.

Es un dispositivo semiconductor de dos terminales a menos, ánodo 1 y ánodo 2. Actúa como una llave semicircular interruptora bidireccional la cual se activa cuando el voltaje entre sus terminales variables alcanza el voltaje de quema o accionado, dicho voltaje puede estar entre 20 y 36 volts según la potencia del proceso de fabricación.



diac de tres capas

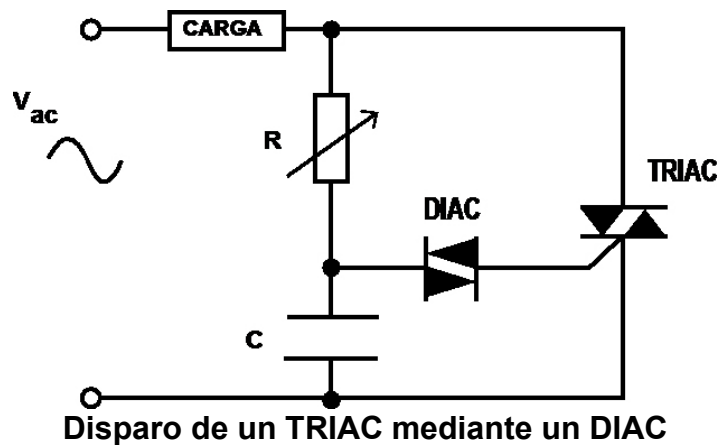
Existen dos tipos de DIAC:

- **DIAC de tres capas:** Es similar a un [transistor](#) bipolar sin conexión de base y con las regiones de colector y emisor iguales y muy dopadas. El dispositivo permanece bloqueado hasta que se alcanza la [tensión de avalancha](#) en la unión del colector. Esto inyecta corriente en la base que vuelve el transistor conductor, produciéndose un efecto regenerativo. Al ser un dispositivo simétrico, funciona igual en ambas polaridades, intercambiando el emisor y colector sus funciones.
- **DIAC de cuatro capas.** Consiste en dos [diodos Shockley](#) conectados en [antiparalelo](#), lo que le da la característica bidireccional.

Características generales y aplicaciones

Se emplea normalmente en circuitos que realizan un control de fase de la corriente del TRIAC, de forma que solo se aplica tensión a la carga durante una fracción de ciclo de la alterna. Estos sistemas se utilizan para el control de iluminación con intensidad variable, calefacción eléctrica con regulación de temperatura y algunos controles de velocidad de motores.

La forma más simple de utilizar estos controles es empleando el circuito representado en la Figura , en que la resistencia variable R carga el condensador C hasta que se alcanza la tensión de disparo del DIAC, produciéndose a través de él la descarga de C , cuya corriente alcanza la puerta del TRIAC y le pone en conducción. Este mecanismo se produce una vez en el semi ciclo positivo y otra en el negativo. El momento del disparo podrá ser ajustado con el valor de R variando como consecuencia el tiempo de conducción del TRIAC y, por tanto, el valor de la tensión media aplicada a la carga, obteniéndose un simple pero eficaz control de potencia.



Otras diferentes aplicaciones de este dispositivo semiconductor son:

- Controles de relevador.
- Circuitos de retardo de tiempo.
- Fuentes de alimentación regulada.
- Interruptores estáticos.
- Controles de motores.
- Recortadores.

- Inversores.
 - Ciclo-conversores.
 - Cargadores de baterías.
 - Circuitos de protección.
 - Controles de calefacción.
 - Controles de fase.
-

TRIAC

El TRIAC es un dispositivo semiconductor de tres terminales que se usa para controlar el flujo de corriente promedio a una carga, con la particularidad de que conduce en ambos sentidos y puede ser bloqueado por inversión de la tensión o al disminuir la corriente por debajo del valor de mantenimiento. El TRIAC puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

Características generales

- La corriente puede pasar en ambas direcciones.
- Adecuados para convertidores de conmutación forzada en aplicaciones de potencia intermedia y alta.
- Control del encendido por corriente de puerta (pulso). No es posible apagarlo desde la puerta.
- Pueden apagarse con un pulso de señal negativo.

Cuando el TRIAC conduce, hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja resistencia de una terminal a la otra, dependiendo la dirección de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado. Cuando el voltaje es más positivo en MT2 (ver Figura 1), la corriente fluye de MT2 a MT1 en caso contrario fluye de MT1 a MT2. En ambos casos el TRIAC se comporta como un interruptor cerrado. Cuando el TRIAC deja de conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado por tanto actúa como un interruptor abierto.

Debe tenerse en cuenta que si se aplica una variación de tensión importante al TRIAC (dv/dt) aún sin conducción previa, el TRIAC puede

entrar en conducción directa.

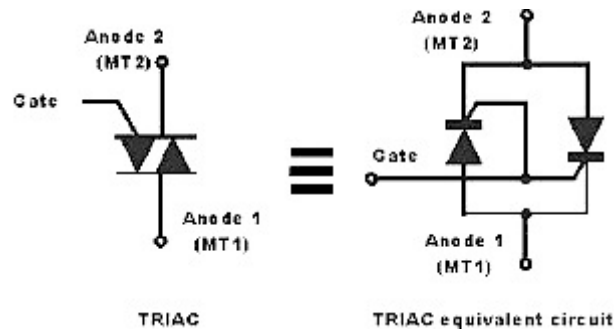


Figura 3. Símbolo del TRIAC y su circuito equivalente

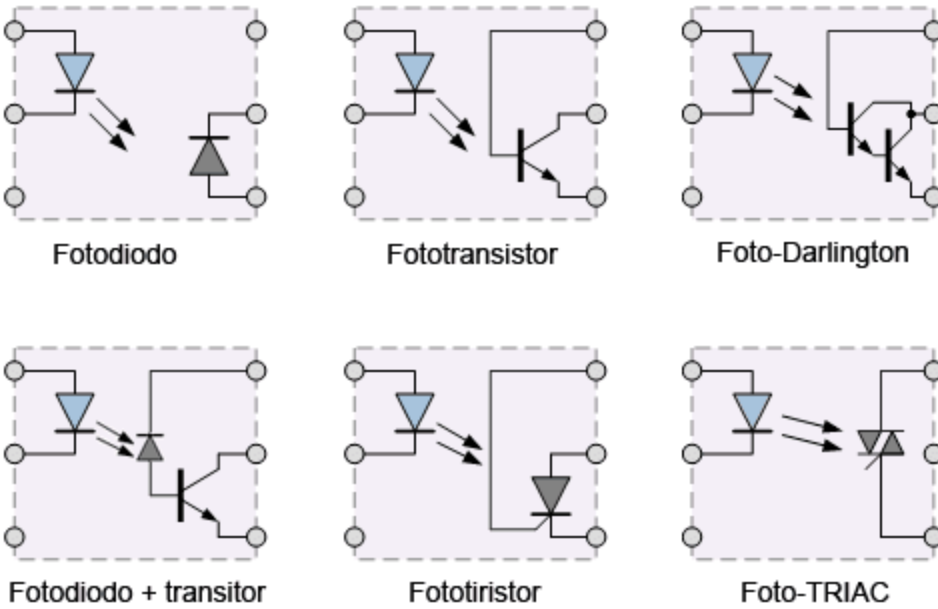
- Dispositivo capaz de soportar las potencias más elevadas. Único dispositivo capaz de soportar 4000 Amp y 7000 Volt.
 - Frecuencia máxima de funcionamiento baja, ya que se sacrifica la velocidad (vida media de los portadores larga) para conseguir una caída en conducción lo menor posible. Su funcionamiento se centra en aplicaciones a frecuencia de red.
-

Optoisolator,

¿CÓMO FUNCIONA UN OPTOACOPLADOR?

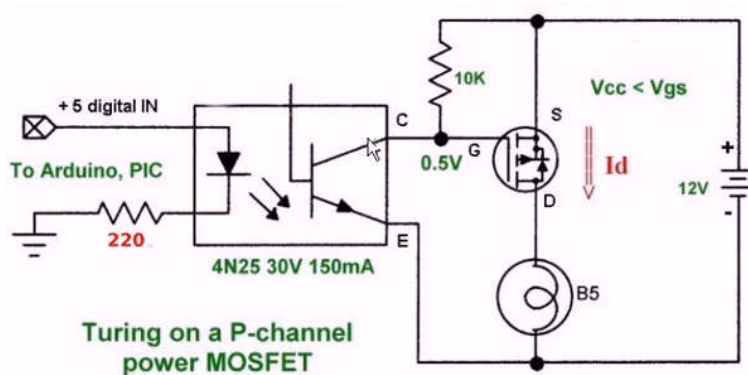
Los optoacopladores **incorporan un emisor y un receptor en un único integrado compacto**. En la mayoría de los casos el emisor es un diodo GaAs IR LED, mientras que el fotoreceptor puede ser un fototransistor, un fotodiodo + transistor, un fototriac, entre otros.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)



Las características del optoacoplador dependen del tipo de receptor empleado, y del modelo particular de optoacoplador. Algunas de las principales características que intervienen para elegir un optoacoplador son:

- **Tensión y corrientes nominales** tanto del circuito primario como secundario
- **CTR (Current transfer ratio)**, relación entre la energía proporcionada por el receptor en el primario y la energía absorbida por el emisor en el primario.
- **Velocidad de conmutación (ancho de banda)**, siendo frecuentes tiempos de conmutación de 1 a 20 μ s



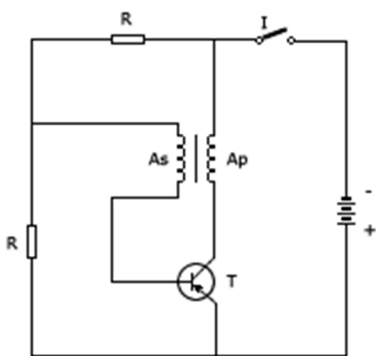
- La activación de un Mosfet.

Osciladores,

En electrónica un oscilador es un dispositivo capaz de convertir la energía de corriente continua en corriente alterna de una determinada frecuencia.¹ Dicho de otra forma, es un circuito que es capaz de convertir la corriente continua en una corriente que varía de forma periódica en el tiempo (corriente periódica); estas oscilaciones pueden ser sinusoidales,² cuadradas, triangulares, etc., dependiendo de la forma que tenga la onda producida. Un oscilador de onda cuadrada suele denominarse multivibrador y por lo tanto, se les llama **osciladores** sólo a los que funcionan en base al principio de oscilación natural, constituidos por una bobina L (inductancia) y un condensador C (Capacitancia), mientras que a los demás se le asignan nombres especiales.

Un oscilador electrónico es fundamentalmente un amplificador, cuya señal de entrada se toma de su propia salida a través de un circuito de realimentación.

Se puede imaginar un oscilador como un amplificador que se suministra a sí mismo su propia señal de entrada (feedback) es decir, en el que parte de la señal de salida se deriva a la entrada, efectuándose un circuito de autoalimentación hasta alcanzar un punto de saturación máxima en la cual se invierte el proceso hasta llegar a su vez a la anulación de la corriente, y recomenzar de nuevo hasta la saturación, volviendo nuevamente a la anulación y así sucesivamente. Es entonces, un efecto verdaderamente oscilante.



Esquema simple de un oscilador realizado a base de un transistor(T). R, resistencias. I interruptor. Ap, arrollamiento primario. As arrollamiento secundario del transformador. Un sencillo oscilador de este tipo puede servirnos para conseguir desplazar de fase a una señal eléctrica alterna en un orden de 180 grados.

Como puede verse, el transistor (T), de tipo PNP, tiene el colector conectado en el arrollamiento primario del transformador de modo que al cerrar el interruptor (I) la corriente empieza a circular desde emisor-colector y primario. La corriente que pasa por éste se induce en el secundario, la cual se suma a la tensión de la base del transistor por lo que

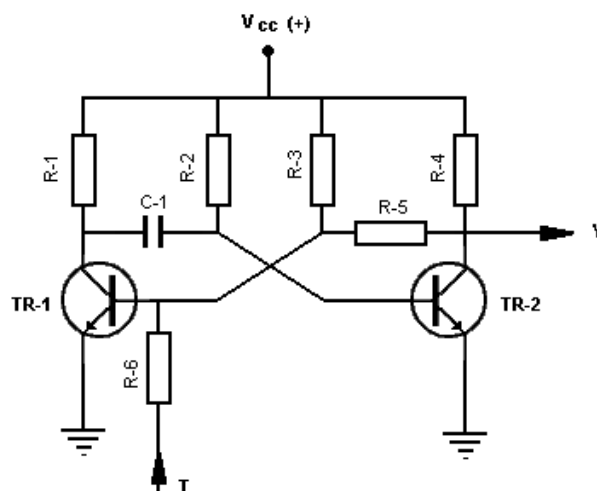
éste se hace más pasante (existe aquí una evidente labor de amplificación) de modo que el paso de la corriente por el circuito emisor-colector-primario aumenta. De nuevo se induce, como consecuencia de ello, más corriente en el secundario del transformador con lo que la base resulta más conductora y aumenta a su vez la corriente emisor-colector-primario, lo que aumenta la corriente inducida en el secundario, etc

Existen multitud de osciladores para diferentes necesidades. Los más comunes son:

1-Multivibradores

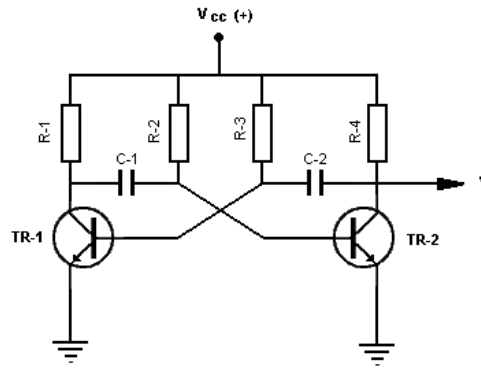
a-Monoestable (One Shot): Un disparo

El **monoestable** es un circuito [multivibrador](#) que realiza una función secuencial consistente en que al recibir una excitación exterior, cambia de estado y se mantiene en él durante un periodo que viene determinado por una constante de tiempo. Transcurrido dicho periodo, la salida del monoestable vuelve a su estado original. Por tanto, tiene un estado estable (de aquí su nombre) y un estado *casi estable*.

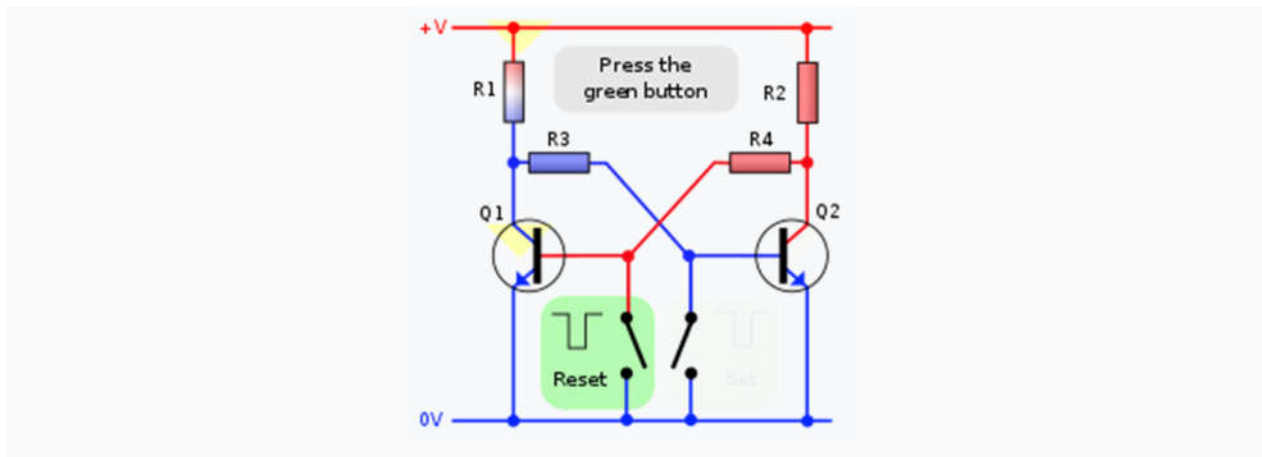


b-Astable

En [electrónica](#), un **astable** es un circuito [multivibrador](#) que no tiene ningún estado estable, lo que significa que posee dos estados inestables entre los que conmuta, permaneciendo en cada uno de ellos un tiempo determinado. La [frecuencia](#) de conmutación depende, en general, de la carga y descarga de [condensadores](#). Entre sus múltiples aplicaciones se cuentan la generación de ondas periódicas (generador de reloj) y de trenes de pulsos.



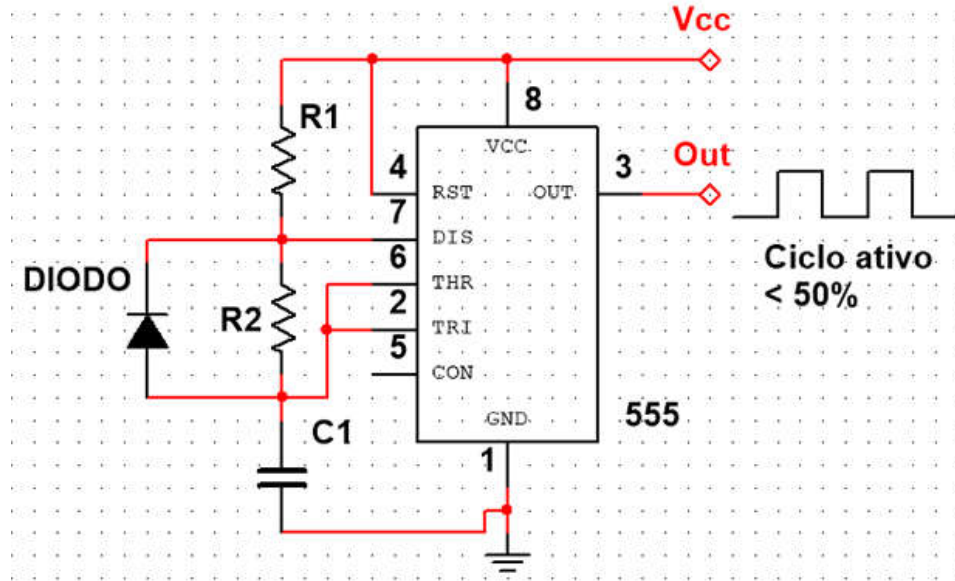
c-Biestable:



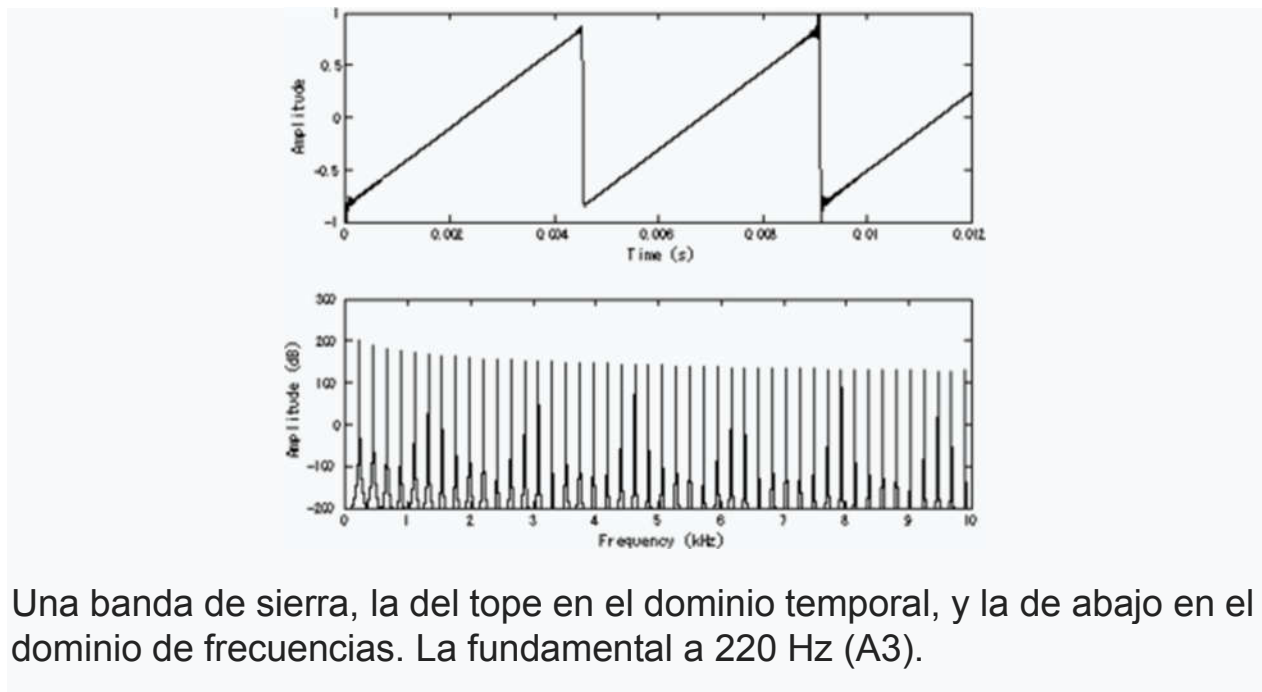
Un **biestable** (*flip-flop* en inglés), es un [multivibrador](#) capaz de permanecer en uno de dos estados posibles durante un tiempo indefinido en ausencia de perturbaciones.¹ Esta característica es ampliamente utilizada en [electrónica digital](#) para memorizar información. El paso de un estado a otro se realiza variando sus entradas. Dependiendo del tipo de dichas entradas los biestables se dividen en:

- Asíncronos: solamente tienen entradas de control. El más empleado es el [biestable RS](#).
- Síncronos: además de las entradas de control posee una entrada de sincronismo o de reloj.

d-Oscilador de Onda Cuadrada:



e-Diente de Sierra

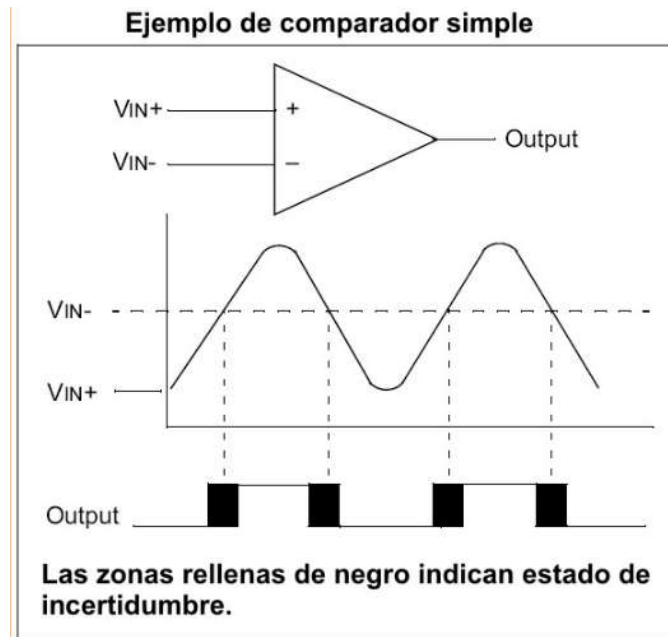


Una **onda de sierra** es un tipo de onda no sinusoidal. Recibe su nombre porque su forma se asemeja a la de los dientes de una sierra.

La convención de una onda de sierra es que ésta se levanta en forma de rampa y después baja rectamente.

Es la que se utiliza como onda transportadora (Carrier) en el Modulador IPM

Comparadores: (LM741 y el LM339)



Configuración básica para convertir una señal analógica en una onda cuadrada de la misma frecuencia. $V_{in-} = 5$ (Referencia), V , $V_{in+} =$ Señal analógica.

Un comparador es un circuito [analógico](#) que monitorea dos entradas de voltaje. Uno es llamado voltaje de referencia (V_{ref}) y el otro voltaje de entrada (V_{in}). Cuando V_{in} se incrementa por encima o se reduce por debajo de V_{ref} , la salida (V_{out}) del comparador cambia de estado entre bajo y alto.

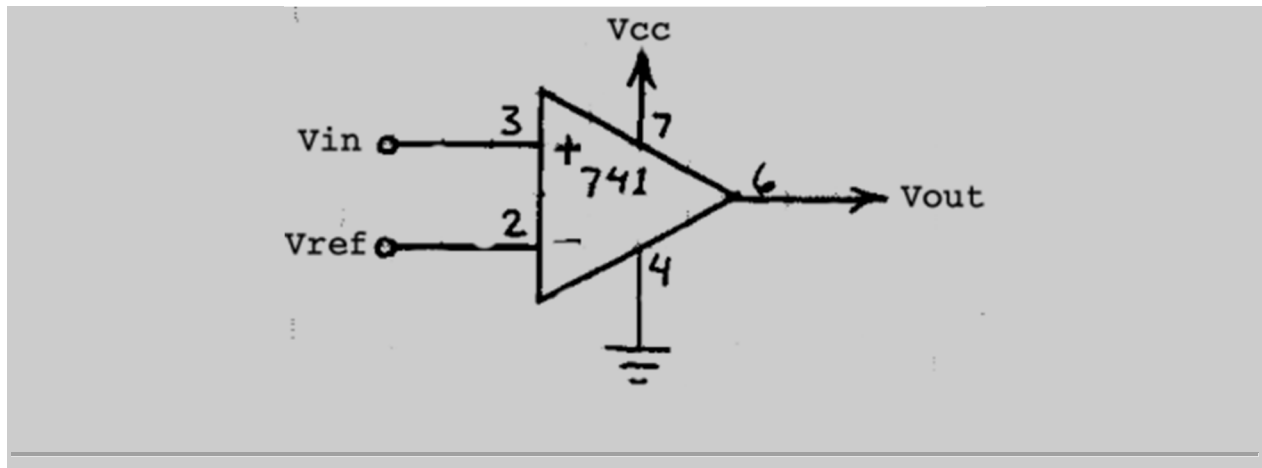
Algunos [circuitos integrados](#) (como el IC-339, IC-311 etc.) se han diseñado específicamente como comparadores otros como el IC-741 aunque son en realidad [amplificadores operacionales](#) pueden ser usados como comparadores. Estos chips (generalmente con 8 patas) tienen una entrada para V_{ref} , otra para V_{in} , una de salida V_{out} , una para el voltaje de alimentación (**V_{cc}**) y otra de **Tierra**.

El esquema que sigue es un diagrama de como conectar un circuito integrado del tipo IC-741 como comparador.

Como puede observarse el voltaje de alimentación se conecta a la pata número 7 y la

4 a tierra. Las patas 2 y 3 son las patas de entrada de los voltajes a comparar, y el voltaje de salida se obtiene por la pata 6.

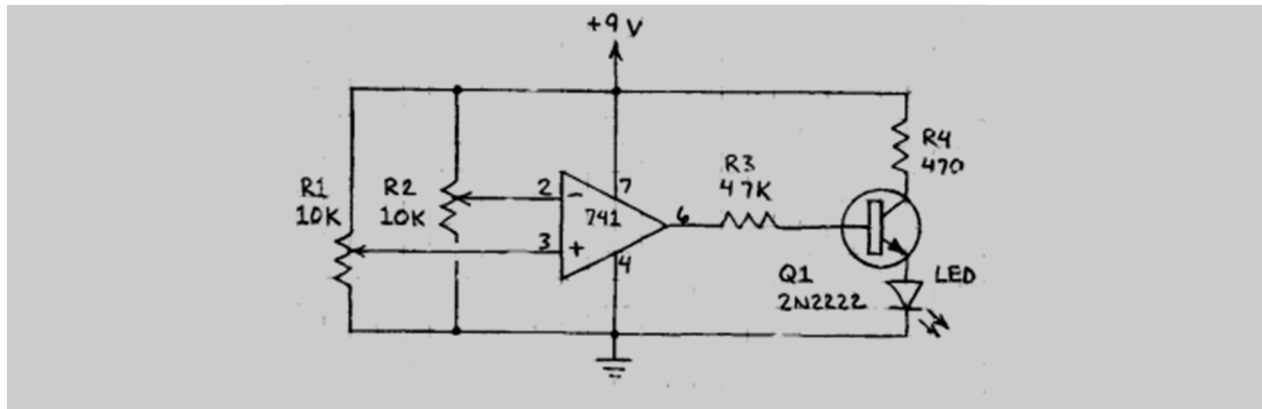
En este caso cuando V_{in} exceda a V_{ref} la salida pasa de alto voltaje (casi V_{cc}) a bajo voltaje (pequeño remanente de voltaje), no exactamente 0 voltios. Por tal motivo se habla de los estados **alto** y **bajo**.



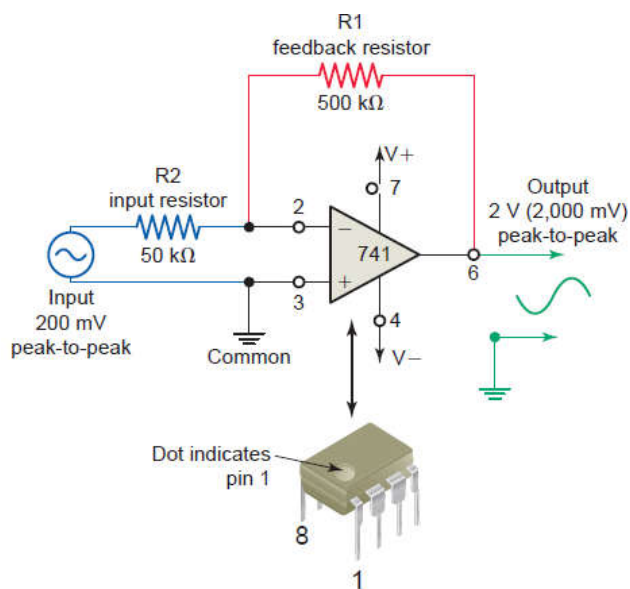
A continuación un esquema de un circuito práctico de un comparador de voltaje que se utiliza para apagar y encender un [Led](#) indicador.

Construyendo este simple circuito se puede aprender lo básico de un comparador. R1 y R2 funcionan como divisores de voltaje los que suministran un rango de voltaje a ambas entradas del IC-741 (V_{ref} y V_{in}). El transistor Q1 establece corriente al Led cuando la salida del IC-741 pasa a alta.

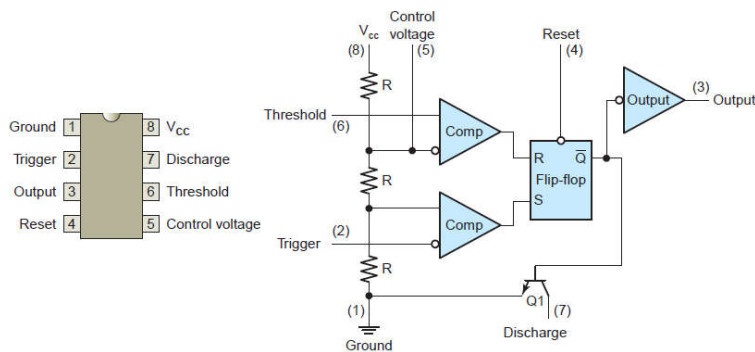
Si asumimos que R1 está calibrado al centro entonces dará 4.5v como V_{ref} , luego moviendo R2 (V_{in}) podemos apagar y encender el Led de acuerdo a que sea mayor o menos que V_{ref} .



Otra aplicación:

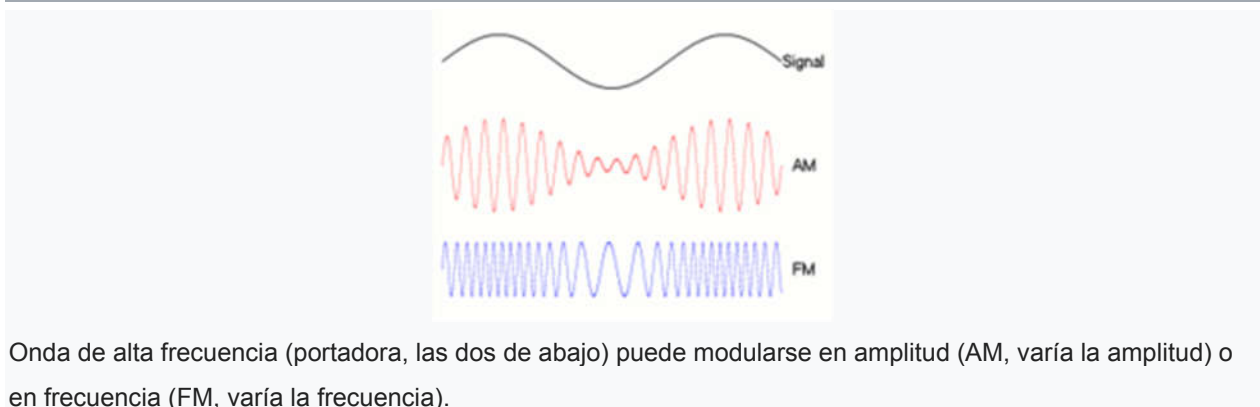


Ejemplo de comparador en el temporizador muy popular: el 555



Los dos comparadores analizan las entradas, para salida 0 voltios o Vin.

¿Qué es la Modulación?



Onda de alta frecuencia (portadora, las dos de abajo) puede modularse en amplitud (AM, varía la amplitud) o en frecuencia (FM, varía la frecuencia).

Modulación engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una [onda portadora](#), típicamente una [onda sinusoidal](#). Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información de forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias. Según la American National Standard for Telecommunications, la **modulación** es el proceso, o el resultado del proceso, de variar una característica de una onda portadora de acuerdo con una señal que transporta información. El propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras.¹

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la **señal moduladora**, que es la información que queremos transmitir.

Recordemos los primeros medios de modulación: El [código Morse](#) para conmutar *on-off* la onda portadora, no se usa el término 'manipulación de amplitud', sino *operación en onda continua* (CW).

La transmisión de radioteletipo (RTTY) puede ser considerada como una forma simple de [Modulación por impulsos codificados](#)

Frecuencia portadora

Una señal portadora es una onda eléctrica que puede ser modificada en alguno de sus parámetros por la señal de información (sonido, imagen o datos) para obtener una señal modulada y que se transporta por el canal de comunicaciones.¹

Una emisora de radio AM normalmente tiene una serie de letras asociadas: por ejemplo, HIAW. Sin embargo, una forma más práctica de referirse a una emisora de radio es por su frecuencia portadora, como 101.1 MHz, que es la frecuencia con la que se debe sintonizar la radio. En el caso de las **FM**, la frecuencia portadora es de 87 a 108 MHz.

El proceso de recuperar la información de las ondas portadoras se denomina [demodulación](#).

Técnicas de modulación empleadas

Uno de los objetivos de las comunicaciones es utilizar una frecuencia portadora como frecuencia básica de una comunicación, pero modificándola siguiendo un proceso denominado modulación para codificar la información en la onda portadora.¹

Las formas básicas de Modulación son:

Modulación Analógica

Las tres técnicas de modulación analógica son:

- [Modulación de la amplitud](#) (AM o amplitud modulada).
- [Modulación de la frecuencia](#) (FM o frecuencia modulada).
- [Modulación de la fase](#) (PM o fase modulada).

Modulación Digital

Estas se realizan por desplazamiento de Amplitud (**ASK**), Frecuencia (**FSK**) y Fase (**PSK**)

Tipos de modulación

Dependiendo del parámetro sobre el que se actúe, tenemos los principales tipos de modulación:

- [Modulación en doble banda lateral](#) (DSB)
- [Modulación de amplitud](#) (AM)
- [Modulación de fase](#) (PM)
- [Modulación de frecuencia](#) (FM)
- [Modulación banda lateral única](#) (SSB, ó BLU)

También se emplean técnicas de modulación por impulsos, pudiendo citar entre ellas:

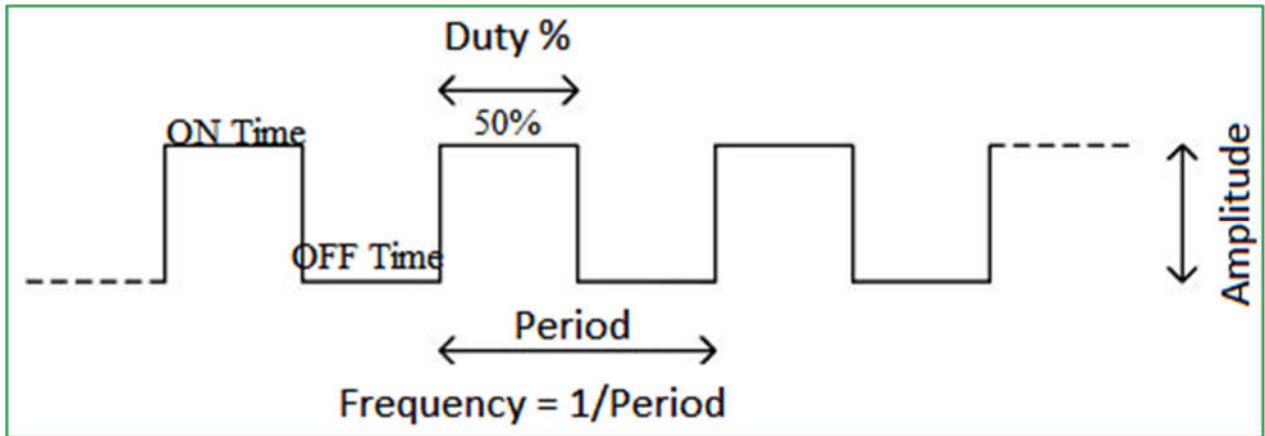
- [Modulación por impulsos codificados](#) (PCM)
- **[Modulación por anchura de pulsos \(PWM\)](#)**
- [Modulación por duración de pulsos](#) (PDM)
- [Modulación por amplitud de pulsos](#) (PAM)
- [Modulación por posición de pulsos](#) (PPM)

- La Modulación PWM

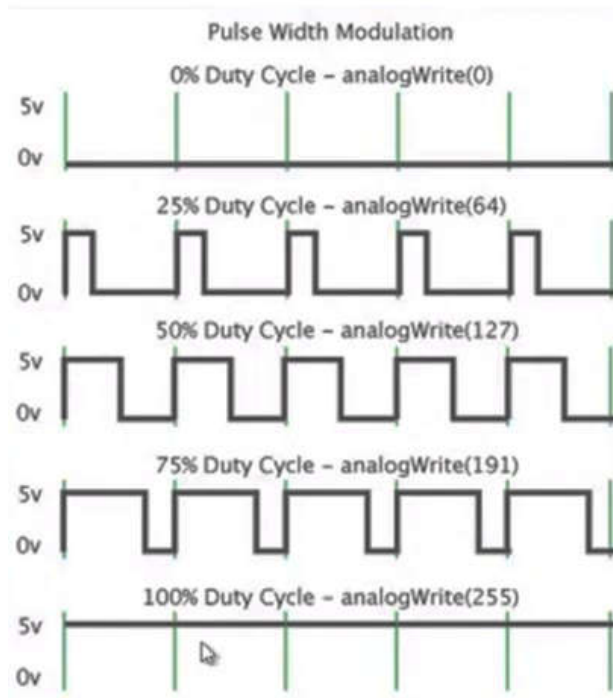
El ciclo útil D es definido como la relación entre la duración del pulso τ y el período (T) de una onda cuadrada.

En [electrónica](#), el **ciclo de trabajo**, **ciclo útil** o **régimen de trabajo** es la relación que existe entre el tiempo en que la señal se encuentra en estado activo y el periodo de la misma. Su valor se encuentra comprendido entre

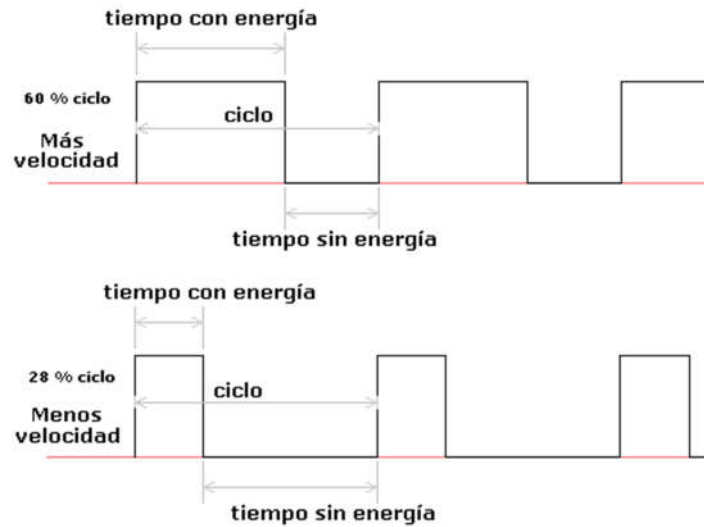
0 y 1, y viene dado por la siguiente expresión:
$$D = \frac{\tau}{T}$$
 τ = tiempo con energía: T =Tiempo sin energía.



Podemos hacer la relación con nuestro horario de trabajo durante el día. El día tiene 24 horas, que vienen siendo el periodo y las horas de trabajo normal son de 8 horas, que es el duty (ON time), o el compromiso de trabajo activo, luego nuestro Duty Cycle o ciclo de trabajo será: $8/24 = 0.33$ o del 33% . Nuestro OFF time sería del 67% y la frecuencia sería de $1/24 = 0.041666$



Las relaciones Duty Cycle de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%



Mientras más ancho el pulso, mayor energía, velocidad, Etc.

$$D = \frac{\tau}{T}$$

Aquí: τ = tiempo con energía: T =Tiempo sin energía.

a-Teoría: Duty Cycle (Ciclo de Trabajo) y PWM

La **modulación por ancho de pulsos** (también conocida como **PWM**, siglas en inglés de *pulse-width modulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

D es el ciclo de trabajo

τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T es el período de la función $T = 1/f$

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda dientes de sierra, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal dientes de sierra y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Estas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

Aplicaciones[

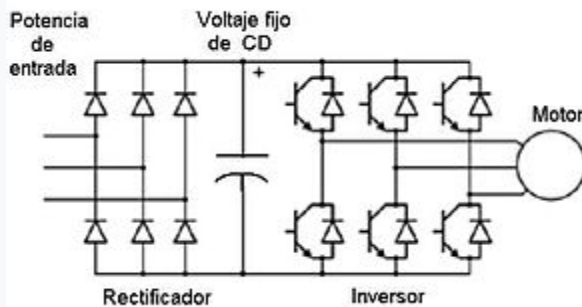


Diagrama de ejemplo de la utilización de la modulación de ancho de pulsos en un [variador de frecuencia](#).

En la actualidad existen muchos circuitos integrados en los que se implementa la modulación PWM, además de otros muy particulares para lograr circuitos funcionales que puedan controlar [fuentes conmutadas](#), controles de motores, controles de elementos termoeléctricos, [choppers](#) para sensores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones. Se distinguen por fabricar este tipo de integrados compañías como [Texas Instruments](#), National Semiconductor, Maxim, y algunas otras más.

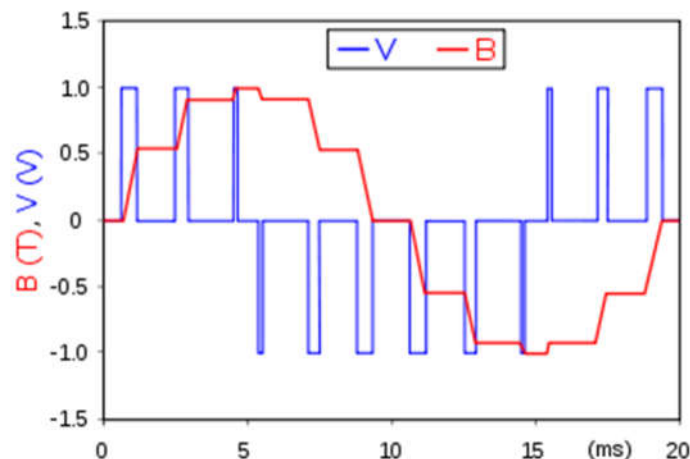
En los motores con la Tecnología Inverter.

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los [motores eléctricos](#) de inducción o asíncronos. Mantiene el [par motor](#) constante y no supone un desaprovechamiento de la [energía eléctrica](#). Se utiliza tanto en corriente continua como en [alterna](#), como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por [relés](#) (baja [frecuencia](#)) o [MOSFET](#) o [tiristores](#) (alta [frecuencia](#)).

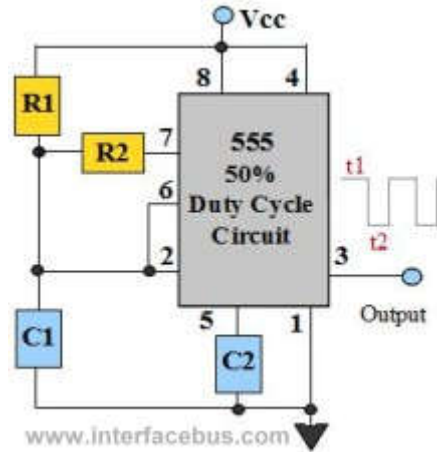
Otros sistemas para regular la velocidad modifican la [tensión eléctrica](#), con lo que disminuye el par motor; o interponen una [resistencia eléctrica](#), con lo que se pierde energía en forma de calor en esta resistencia.

Otra forma de regular el giro del motor es variando el tiempo entre pulsos de duración constante, lo que se llama [modulación por frecuencia de pulsos](#).

En los motores de [corriente alterna](#) también se puede utilizar la variación de [frecuencia](#) para variar su velocidad. Abajo se muestran las señales de pulsos de voltaje y cuasi-senoidal de corriente que alimentan estos motores.

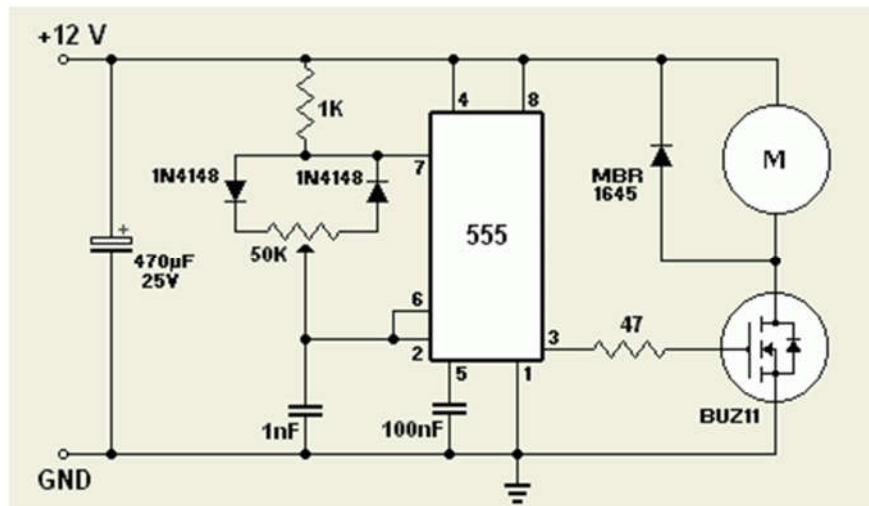


La modulación por ancho de pulsos también se usa para controlar [servomotores](#), los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada un cierto período que depende de cada servo motor.

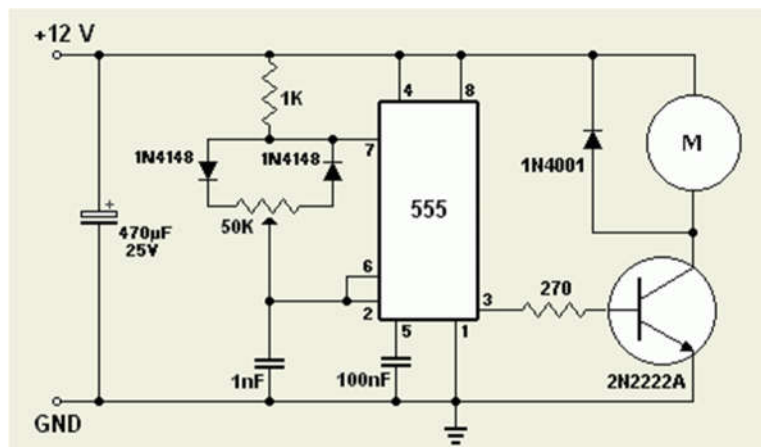


Circuito 50% DC

Como obtener un tren de pulsos cuadrados con el 555

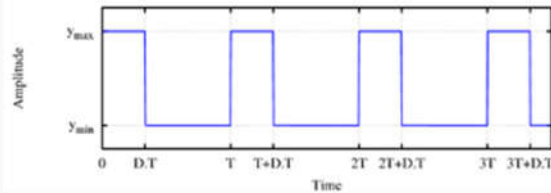


Control de un motor con un MOSFET PWM para alto amperaje



Control de un motor con un MOSFET PWM para bajo amperaje con un BJT

Modulación por ancho de pulsos (PWM)



$$D = \frac{\tau}{T}$$

D es el ciclo de trabajo

τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso)

T es el período de la función

La **modulación por ancho de pulsos** (también conocida como **PWM**, siglas en inglés de *pulse-width modulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el [ciclo de trabajo](#) de una señal periódica (una [senoidal](#) o una [cuadrada](#), por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

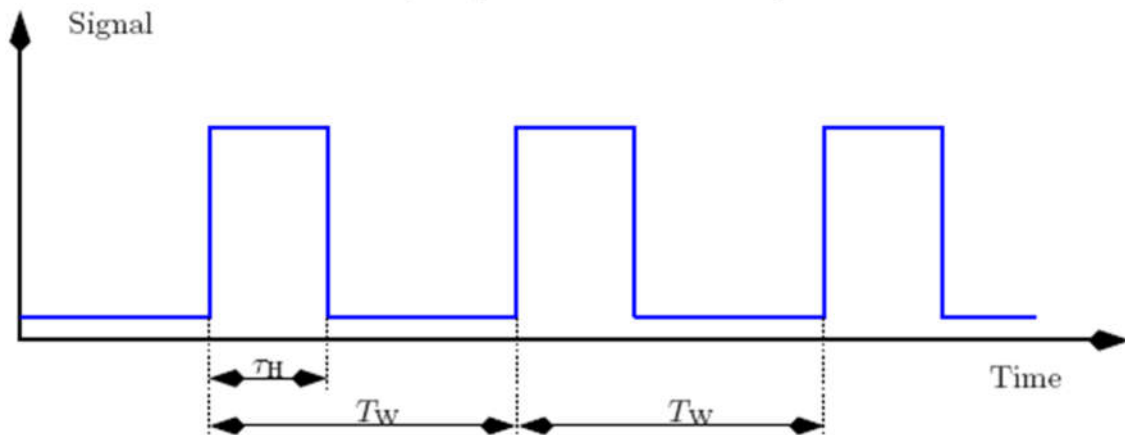
El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida. Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda dientes de sierra, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal dientes de sierra y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Estas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

En términos eléctricos, el ciclo de trabajo o **Duty Cycle** es la relación existente entre el tiempo en que una señal se encuentra en estado activo con el periodo de dicha señal, normalmente este termino es aplicado para

señales cuadradas, donde se intenta emular una señal analógica mediante la variabilidad del estado alto y bajo de una señal digital.



Por ejemplo en la imagen que se muestra arriba, T_H es el tiempo en estado activo y T_W es el periodo de la señal, para calcular el **Duty Cycle** tenemos que hacer lo siguiente.

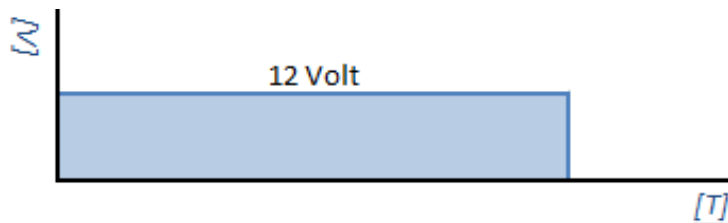
$$D = 100 \frac{T_h}{T_w}$$

El 100 es solamente para expresarlo en porcentajes, existen algunos casos particulares que se pueden dar al trabajar este tipo de señales que es bueno comentar.

- **0% Duty:** Cuando el **Duty Cycle** es igual cero significa que en ningún momento la señal se encuentra en estado alto, significa que la señal no entrega potencia.
- **50% Duty:** Al colocar el **Duty Cycle** en **50%**, significa que la mitad del periodo la señal se encuentra en estado alto, lo que significa que si utilizamos esta señal para alimentar un motor o prender un led, lo estaríamos haciendo con la mitad de la potencia que tenemos disponible, para el caso del led se notaría que la luz se enciende con menor intensidad y en el caso del motor se movería mas rápido.
- **75% Duty:** Este caso significa que estamos entregando una potencia de salida del 75% de la máxima posible.
- **100% Duty:** Estamos entregando la totalidad de la potencia posible, lo que significa que la señal nunca se encuentra en estado bajo.

Como se puede ver, lo interesante es que controlando el tiempo en que la señal está en alto, podemos controlar la potencia que le aplicamos a la señal, de esta manera como dije antes podemos controlar la velocidad de un motor, la intensidad de un led, o cualquier otra cosa más.

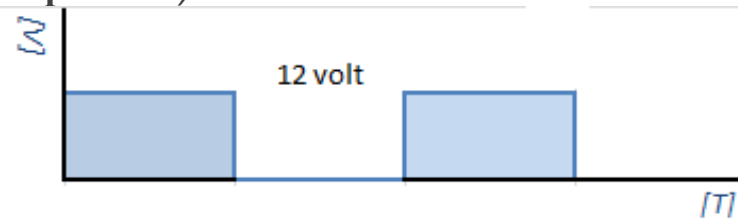
Supongamos que alimentamos el motor con una señal de tensión continua.



Analizamos el caso suponiendo un intervalo de tiempo de un segundo con una corriente nominal I de diez mili amperes.

Para este caso la potencia suministrada sería $P = 12V \cdot 10mA \cdot 1s = 0.12w$

Ahora supongamos que queremos lograr, la mitad de la velocidad (**Mitad de potencia**).



Enviamos una señal cuadrada de la siguiente forma, de 0 a 0.5 segundos enviamos un nivel alto de tensión (12V) y de 0.5 a 1 Segundo enviamos un nivel bajo de tensión (0V), por lo tanto la potencia media responderá a la siguiente ecuación

$$P = V \cdot I \cdot T$$

POTENCIA DE 0,5 SEGUNDOS

$$P = 12V \cdot 10mA \cdot 0.5s = \underline{0.06w}$$

POTENCIA DE 0,5 A 1 SEGUNDO

$$P = 0V \cdot 10mA \cdot 0.5s = 0w$$

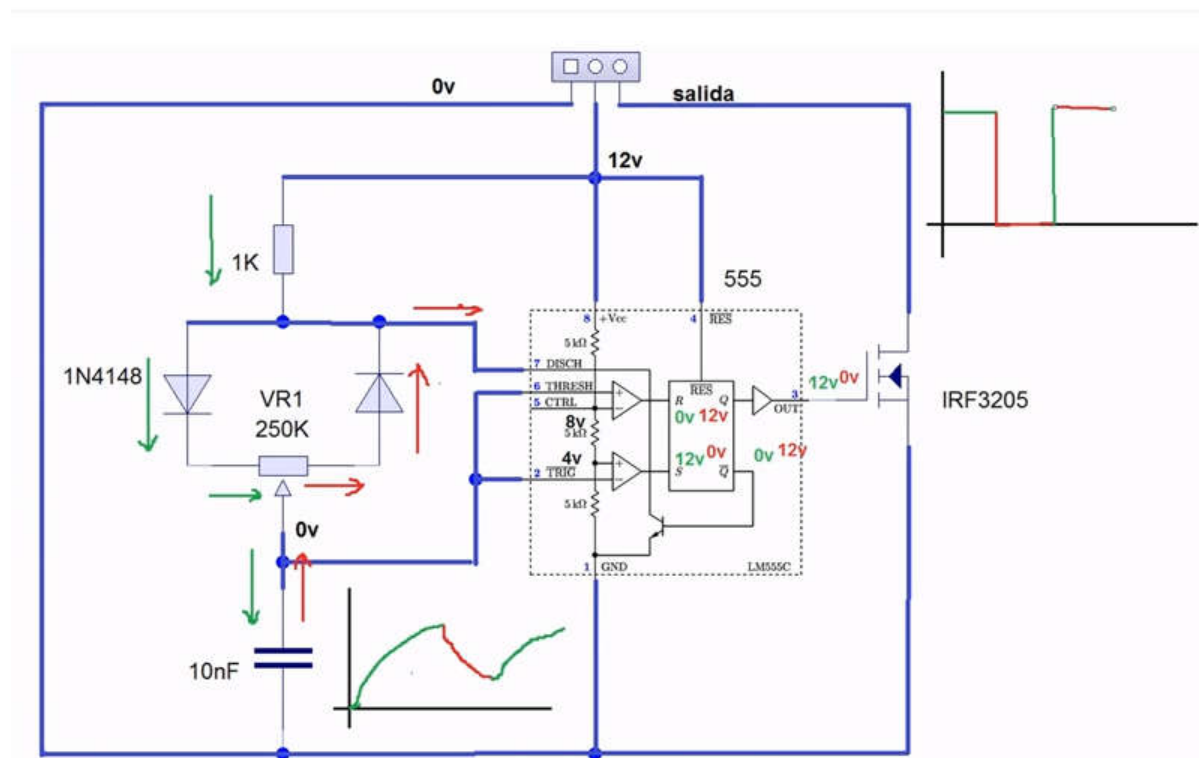
Por lo tanto la potencia total será **$P_t = 0.06w$** .

De esta manera podemos controlar la velocidad de un motor de forma muy precisa y muy simple.

La técnica de Modulación por ancho de pulsos (PWM) es muy utilizada en robótica para diferentes aplicaciones, como dijimos antes nos permite controlar motores de todo tipo.

-Una Aplicación:

1-Control de un MOSFET por PWM y Comparadores para motores o Luces.

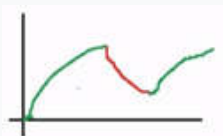


Explicando el dimmer PWM con 555 para leds

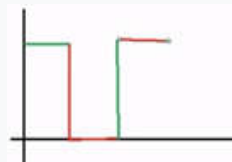
Inicialmente, se tiene 0 voltios en el capacitor de 10 nf. En este instante, en la entrada inversora del comparador inferior, esta en cero y la entrada no inversora a un voltaje fijo de referencia de 4 voltios, luego su salida son 12V, por lo que el

registro SR esta en el estado de **SET** con su salida **Q** = 12V, por otra parte la entrada no inversora del comparador superior esta en cero y la no inversora en 8V, por lo que su salida sera tambien cero y la entrada **R**. Su salida **Q** sera de cero volts.

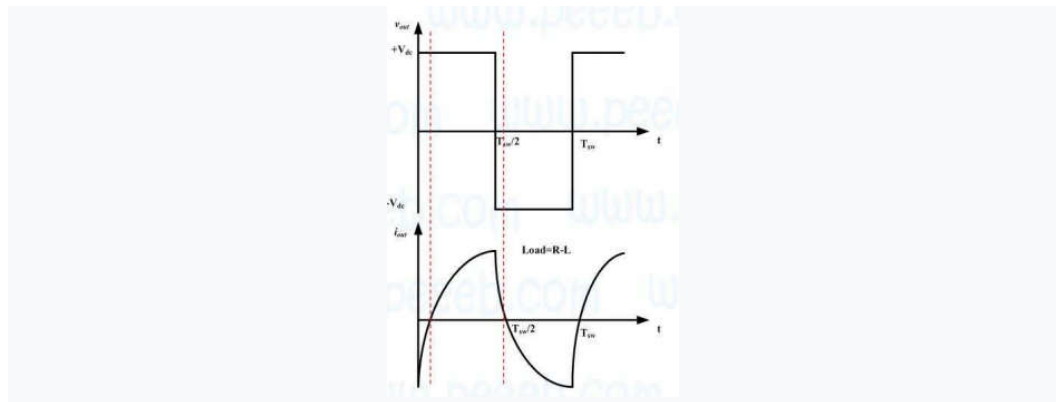
Cuando el capacitor se va cargando (en verde) y supera los 4V, el registro cambia a RESET y se invierten los valores. En ese instante, con **Q** en 1 o 12V y **Q** en cero, el capacitor se descarga (en rojo) y el ciclo se reinicia. La salida 3 es un tren de pulsos que excitan al MOSFET.



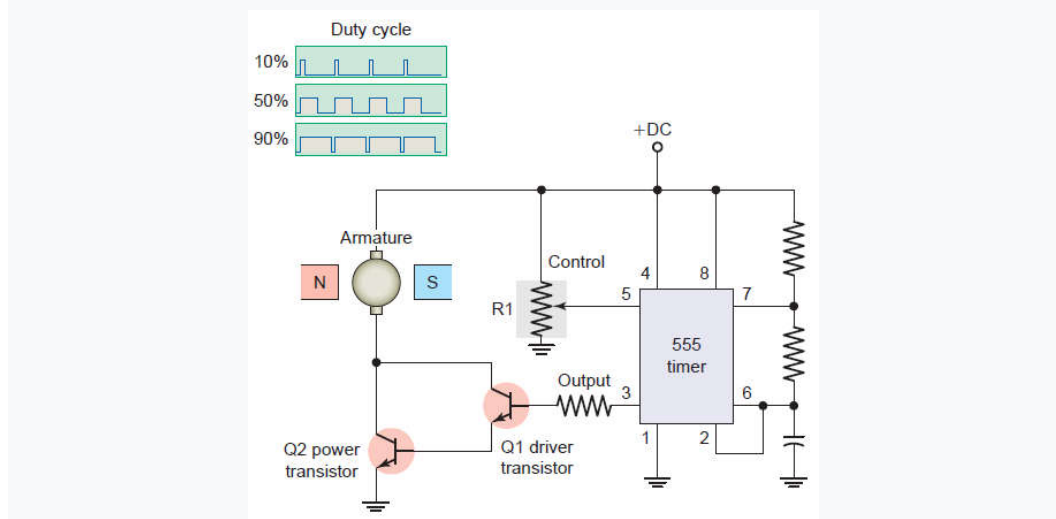
Onda en el Capacitor.



Salida 3



Ahora podemos entender este control para motor mas preciso:

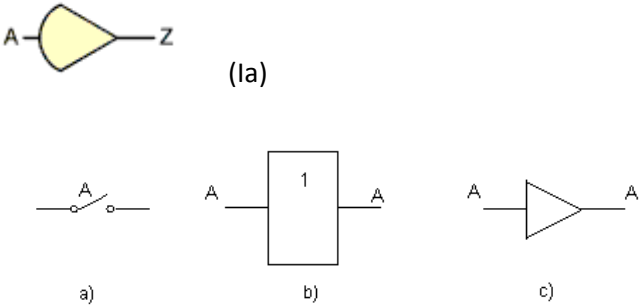
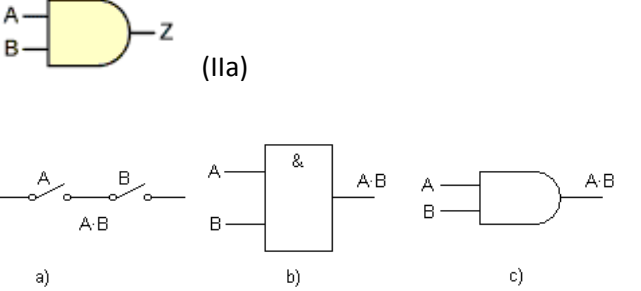


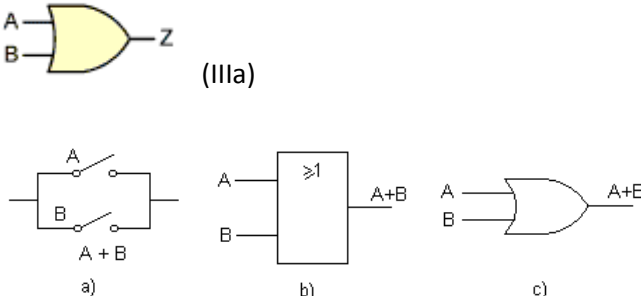
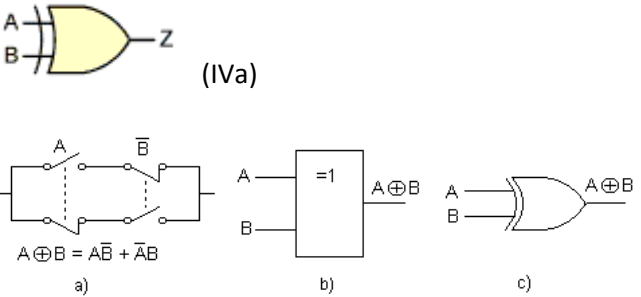
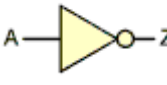
b-Componentes Digitales: 1-Circuitos Combinacionales: Compuertas lógicas 2-Circuitos Secuenciales: SR, D, JK, Multivibradores, Etc.

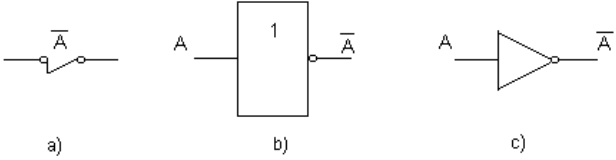
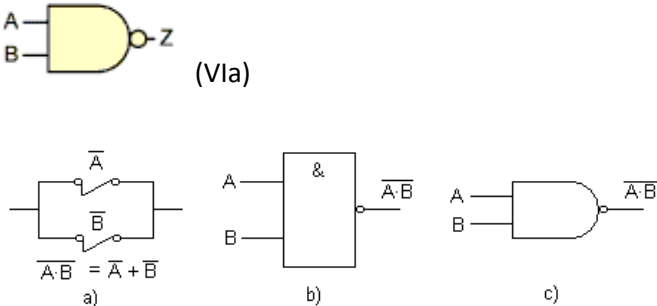
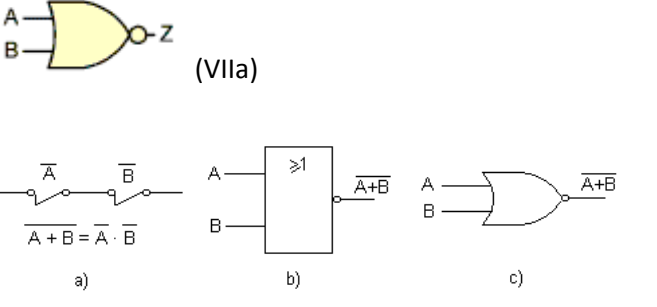
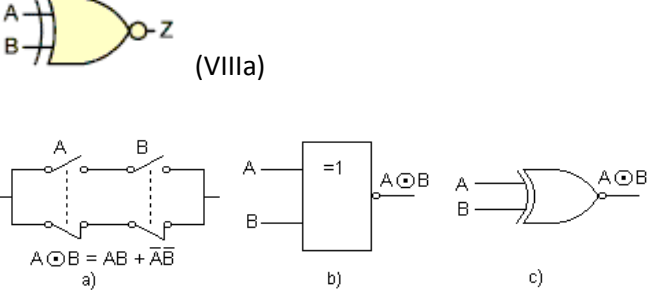
1-Circuitos Combinacionales:

Se denomina **sistema combinacional** o **lógica combinacional** a todo sistema digital en el que sus salidas son función exclusiva del valor de sus entradas en un momento dado, sin que intervengan en ningún caso estados anteriores de las entradas o de las salidas. Las funciones booleanas –compuestas por operadores o Compuertas Lógicas: OR, AND, NAND, XOR– se pueden representar íntegramente mediante una tabla de la verdad. Por tanto, carecen de memoria y de retroalimentación.

A continuación un resumen de las compuertas con sus símbolos y sus tablas de verdad.

 <p>(Ia)</p> <p>a) b) c)</p>	<p>AMORTIGUADOR BUFFER</p> $F = A = Z$ <p>La puerta lógica SI, realiza la función booleana igualdad.</p> <p>Lo que entra sale.</p>	<table border="1" style="float: right;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	Z	0	0	1	1									
A	Z																
0	0																
1	1																
 <p>(IIa)</p> <p>a) b) c)</p> <p>Importante: Niveles Nivel Uno: Valor uno (1) = 5 Voltios</p>	<p>Y AND</p> $F = (A).(B) = Z$ <p>La puerta lógica Y, más conocida por su nombre en inglés AND ($AND \equiv Y \equiv \wedge$), realiza la función booleana de producto lógico. Su símbolo es un punto (\cdot), aunque se suele omitir. Así, el producto lógico</p>	<table border="1" style="float: right;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Su salida es 1, si y solo si sus entradas son 1</p>	A	B	Z	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
A	B	Z															
0	0	0															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	1															

<p>Nivel Cero: Valor cero (0) = 0 Voltios</p>	<p>de las variables A y B se indica como AB, y se lee A y B o simplemente A por B.</p>																
 <p>(IIIa)</p>	<p>O (O, en sentido inclusivo) OR</p> $F = A + B = Z$ <p>La puerta lógica O, más conocida por su nombre en inglés OR ($OR \equiv O \equiv \vee$), realiza la operación de suma lógica.</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Su salida es 1, si una de sus entradas es 1</p>	A	B	Z	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
A	B	Z															
0	0	0															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	1															
 <p>(IVa)</p>	<p>OE (O, en sentido exclusivo) XOR (EXCLUSIVE-OR)</p> $F = A \oplus B$ $F = \overline{A}B + A\overline{B}$ <p>La puerta lógica O-exclusiva, más conocida por su nombre en inglés XOR, realiza la función booleana A'B+AB'. Su símbolo es el mas (+) inscrito en un círculo.</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Su salida es 1 si sus entradas son diferentes(Comparador)</p>	A	B	Z	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
A	B	Z															
0	0	0															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	0															
 <p>(Va)</p>	<p>N, NEG o INVERSOR NOT o INVERTER</p> $F = \overline{A}$ <p>La puerta lógica NO (NOT en inglés) realiza la función booleana de inversión o</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Niega la entrada</p>	A	Z	0	1	1	0									
A	Z																
0	1																
1	0																

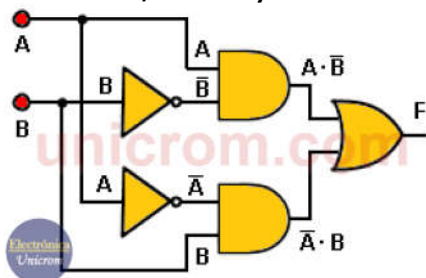
 <p>a) b) c)</p>	<p>negación de una variable lógica. Una variable lógica A a la cual se le aplica la negación se pronuncia como "no A" o "A negada".</p>																
 <p>(VIa)</p> <p>a) b) c)</p> <p>$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$</p>	<p>NY (N Y) NAND (NOT AND)</p> $F = \overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$ <p>La puerta lógica NO-Y, más conocida por su nombre en inglés NAND, realiza la operación de producto lógico negado.</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Es lo inverso al AND</p>	A	B	Z	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
A	B	Z															
0	0	1															
1	0	1															
0	1	1															
1	1	0															
 <p>(VIIa)</p> <p>a) b) c)</p> <p>$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$</p>	<p>NO (N O) NOR (NOT OR)</p> $F = \overline{A + B} = \overline{A} \times \overline{B}$ <p>La puerta lógica NO-O, más conocida por su nombre en inglés NOR, realiza la operación de suma lógica negada.</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Es lo inverso al OR</p>	A	B	Z	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
A	B	Z															
0	0	1															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	0															
 <p>(VIIIa)</p> <p>a) b) c)</p> <p>$A \oplus B = AB + \overline{A}\overline{B}$</p>	<p>NOE (N OE) NXOR (NOT EXCLUSIVE-OR)</p> $F = \overline{A \oplus B}$ <p>La puerta lógica equivalencia, realiza la función booleana $AB + \overline{A}\overline{B}$. Su símbolo es un punto (·) inscrito en un círculo.:</p>	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Su salida es 1 cuando sus entradas son iguales</p>	A	B	Z	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1
A	B	Z															
0	0	1															
1	0	0															
0	1	0															
1	1	1															

Un Ejemplo con Compuertas AND o/y NAND

Los **circuitos combinacionales** son, como su nombre lo sugiere, circuitos cuya salida depende solamente de la “**combinación**” de sus entradas en el momento que se está realizando la medición en la salida.

Analizando el circuito con compuertas digitales que se muestra, se ve que la salida de cada una de las compuertas que se muestran en el circuito, depende únicamente de sus entradas (A y B), ya sea que estén negadas o sin negar.

La salida F (salida final o total del circuito) variará si alguna de las entradas A o B o las dos a la vez cambian. Los circuitos de **lógica combinacional** son hechos a partir de las compuertas básicas: **compuerta AND**, **compuerta OR**, **compuerta NOT**. También pueden ser contruidos con **compuertas NAND**, **compuertas NOR**, **compuerta XOR**, que son una combinación de las tres compuertas básicas. Aquí: se usan Inersor, And y Or.



La operación de los **circuitos combinacionales** se entienden escribiendo las ecuaciones booleanas y sus respectivas **tablas de verdad**. En este ejemplo la ecuación booleana es: $F = A \cdot B' + A' \cdot B$

donde: A' es "A negado" y B' es "B negado"

Tabla de verdad del circuito combinacional mostrado

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Se puede observar de la tabla de verdad que la última columna "Salida F" sólo depende de las entradas A y B actuales.

Este diagrama y su respectiva tabla de verdad son un ejemplo específico. Otros diagramas pueden tener más entradas (A, B, C, ...etc), más salidas (F1, F2, F3,..., etc) y habría que obtener la tabla de verdad para cada salida en función de las entradas existentes.

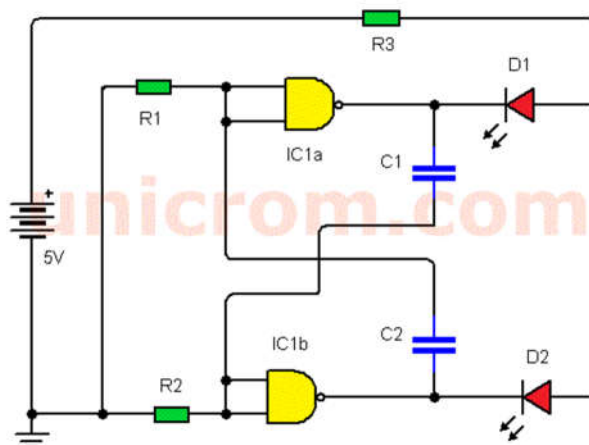
Veamos una aplicación:

Multivibrador Astable con compuertas NAND con carga de LEDs.

Éste **multivibrador astable con compuertas NAND** de 2 entradas usa dos compuertas de las 4 disponibles que tiene el circuito integrado TTL 7400. Se utilizan dos LEDs para ver el estado o salida lógica de cada una de las dos compuertas. (en realidad es el inverso)

No es necesario realizar ninguna acción para que la oscilación de inicio solamente es necesario conectarlo a la [fuente de voltaje](#) para que comience a oscilar.

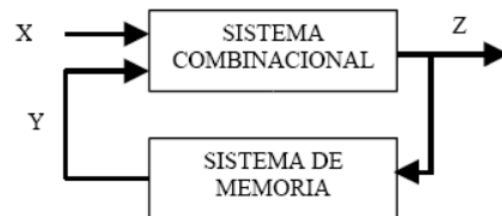
- El estado de las salidas de las dos compuertas siempre es opuesto y es visible con los LEDs.
- El LED se enciende cuando en la salida de la compuerta es un nivel lógico bajo (o voltios)
- Cuando un LED está encendido el otro está apagado y viceversa.



La frecuencia de oscilación de este circuito dependerá de los valores de la resistencias R1 y R2 y de los dos condensadores C1 y C2.

2- Circuitos Secuenciales:

A diferencia de los sistemas combinacionales, en los **sistemas**



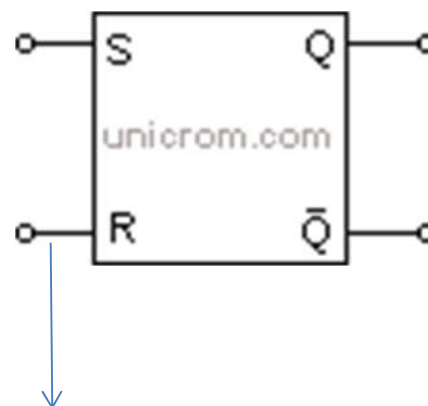
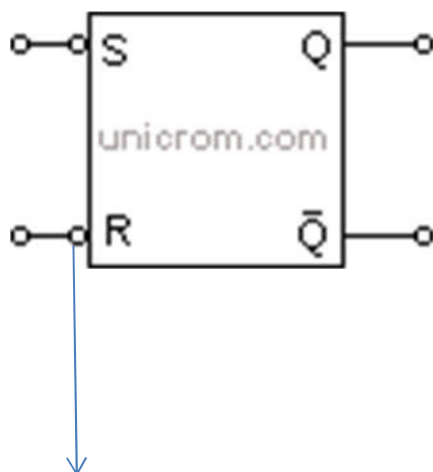
secuenciales, los valores de las salidas, en un momento dado, no dependen exclusivamente de los valores de las entradas en dicho momento, sino también

dependen del estado anterior o estado interno. El sistema secuencial más simple es el biestable, de los cuales, el de tipo D (o cerrojo) es el más utilizado actualmente. Los principales son los FLIP-FLOPs: RS, D, T y JK. En realidad están compuesto por los circuitos combinacionales mas una memoria. Veámoslo:

1-El Biestable Tipo SR

Si se conoce como funciona el biestable RS, se lo puede representar de manera que solamente las entradas y salidas estén disponibles. A saber: S, R, Q y \bar{Q}

El pequeño círculo que se pone en algunas entradas, junto a las letras "S" o letra "R", significa que esta entrada es activa en bajo (0 lógico). Ver el diagrama abajo a la izquierda. Si no tiene el círculo la entrada es activa en alto (1 lógico). Ver diagrama abajo a la derecha.



Importante: Niveles de Entrada

→ Nivel Uno: Valor uno (1) = 5 Voltios

→ Nivel Cero: Valor cero (0) = 0 Voltios

-Para el SET ($Q=1$, y $\bar{Q}=0$), se requiere que $S=1$ y $R=0$, y para cambiar de estado (RESET) se requerirá que $S=0$ y $R=1$

El famoso circuito oscilador conocido como 555, contiene un biestable SR.

Biestables asincrónicos o asíncronos

Los biestables RS varían sus salidas dependiendo del momento en que las entradas y salidas previas cambian. En los biestables asíncronos no existe una señal de sincronía que establezca un momento en todos los cambios sucedan. No dependen de un Reloj.

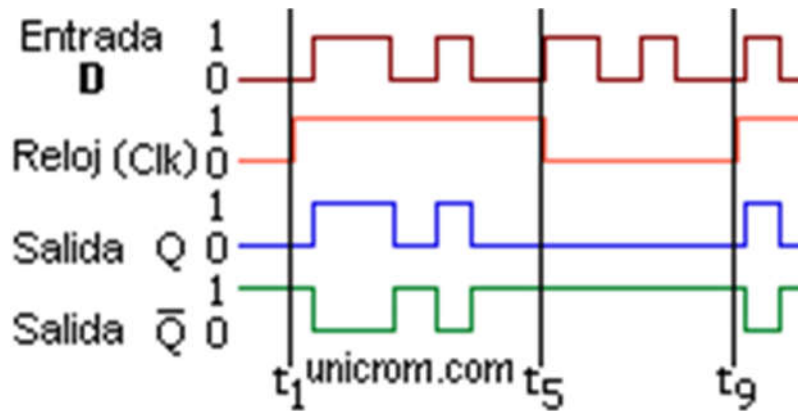
Biestables sincrónicos o síncronos

Los biestables síncronos son otro tipo de biestables, que utilizan y dependen de una señal especial (llamada señal de reloj (Clock)).



Esta señal establece el ritmo con el cual las señales se transmiten en el biestable y entre biestables. El circuito de reloj más simple es un **oscilador** de onda cuadrada. En el caso del **biestable tipo D** anterior, se necesita que la señal de reloj esté en un nivel alto para que la señal que está en la entrada D pase a la salida Q.

Diagrama temporal del biestable tipo D



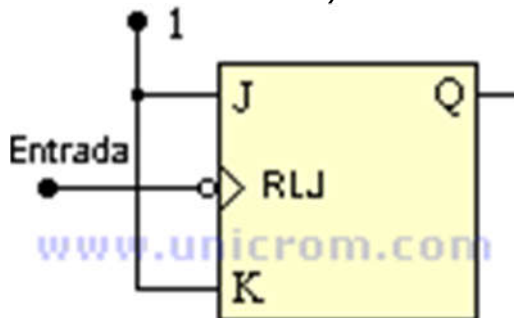
Del siguiente diagrama temporal se puede ver claramente que la entrada "D" (color marrón) pasa a la salida Q (color azul) sólo cuando el nivel del reloj (color naranja) está en nivel alto. Si el nivel del reloj está en nivel bajo, la salida se mantiene en el estado en el que estaba antes de que el reloj pasara a nivel bajo. La salida Q (color verde) tiene el nivel opuesto a la salida \bar{Q} .

Biestable tipo T

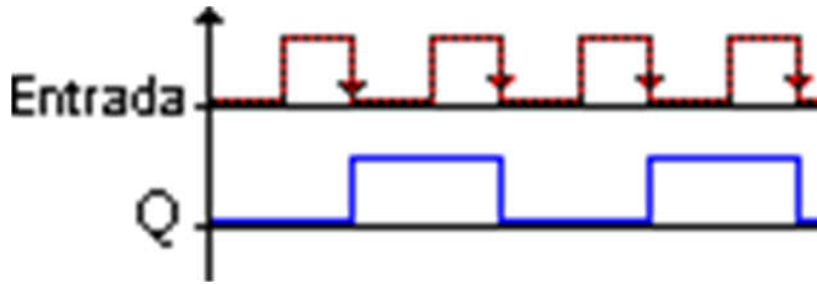
Para comprender bien el funcionamiento de un Contador asincrónico con biestable tipo T, es conveniente ver primero el funcionamiento de un biestable o FF tipo T.

Nota: biestable = Flip-Flop = FF. En el siguiente gráfico un Biestable JK está cableado como FF tipo T (tienen las dos entradas unidas). Es la función "Toggle"

Se puede ver que con esta configuración que las entradas J y K del **biestable JK** siempre tendrán el mismo valor, lo que causa que cuando aparezca el siguiente de cambio, este será al estado opuesto (ver [tabla de verdad del FF JK](#) cuando las entradas J y K están ambas en "0" o en "1").



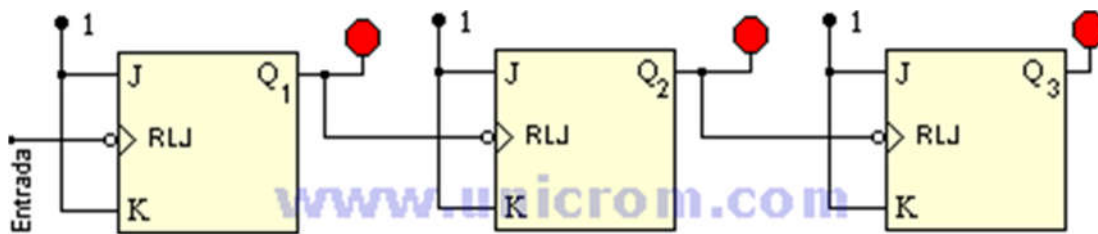
El gráfico y funcionamiento del FF tipo T es el siguiente. Ver que se utiliza un biestable JK que se dispara por el borde o flanco descendente.



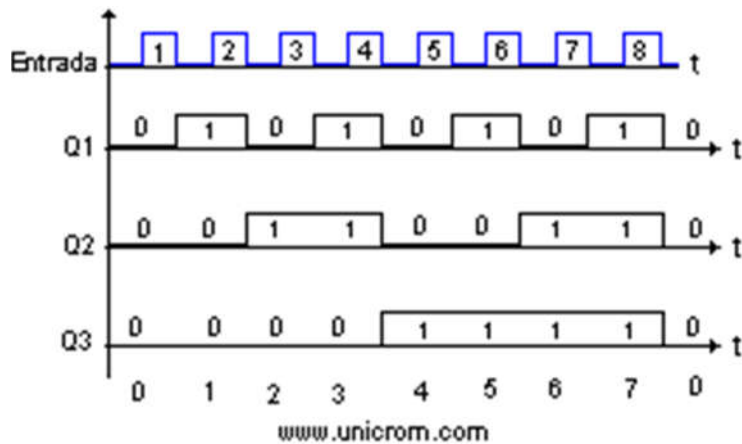
Ejemplo: Contador asincrónico ascendente con biestable tipo T (implementado con FF JK) Aplicación:

Un contador asincrónico ascendente es un arreglo de flip-flops conectados en cascada. En este caso la señal de reloj se aplica sólo al primer flip-flop. Las siguientes entradas de reloj (en los otros FF) se alimentan de la salida Q del FF anterior. Este es el motivo por el cual este arreglo de flip-flops (este contador) se llama asincrónico, pues no todos los FF tienen la misma señal de reloj y no todos responden instantáneamente a los cambios de éste. (ver el siguiente gráfico y el diagrama temporal al final)

Al estar todas las entradas de reloj de los flip-flops (menos la del primero) conectadas a la salida Q del flip-flop anterior, este contador está configurado como contador ascendente.



La idea de este tipo de contador es "contar" la cantidad de pulsos del reloj que se aplica al primer FF. Dependiendo de la cantidad de FF que se pongan en cascada, será la máxima cuenta a la que se pueda llegar. Cambia de estado cuando el clock cambia de 1 a 0, o sea de alto nivel a bajo nivel o lo mismo de 1 volts a cero volts.

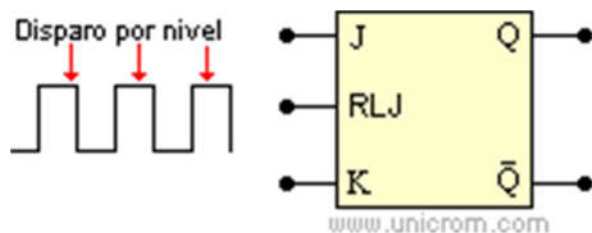


- Si se tienen 2 biestables, la cuenta sólo llegará hasta 4 y se le llama un contador módulo $4 = 2^2$
- Si se tienen 3 la cuenta será hasta 8 y se le llama contador módulo $8 = 2^3$
- Si se tienen 4, a cuenta será hasta 16 y se le llama contador módulo $16 = 2^4$, etc..

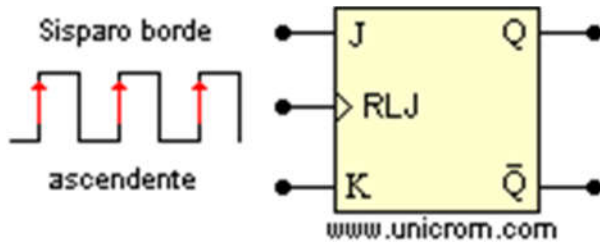
Una vez completada la cuenta máxima se regresa nuevamente a empezar desde cero. Analizando en diagrama temporal se puede ver con facilidad que este es un contador ascendente.

Diferentes tipos de entrada de reloj del flip flop JK

Si el biestable tiene una entrada de reloj que se dispara por nivel, tiene el siguiente diagrama (de Uno a Cero)



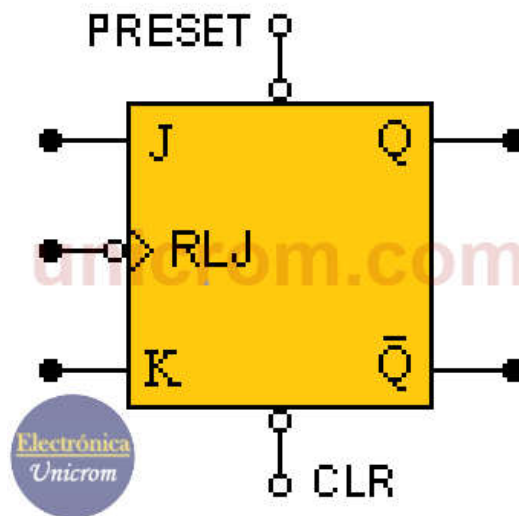
Si el biestable tiene una entrada de reloj que se dispara por el flanco anterior o ascendente (de Cero a Uno), tiene el siguiente diagrama. Ver el pequeño triángulo a la entrada del reloj.



Los Más Usados: 1-Flip-Flop

Existen dos entradas adicionales muy importantes en el **biestable JK o flip flop JK**.

- La entrada **PRESET** (poner), que sirve para poner directamente en el Flip-Flop JK un "1" en la salida Q
- La entrada **CLEAR** (borrar), que sirve para poner directamente en el Flip-Flop JK un "0" en la salida Q



Estas entradas son asincrónicas, lo que significa que tendrán efecto sin importar el estado del reloj y/o las entradas J y K. Es importante no activar simultáneamente estas dos entradas. Importante: Los biestable pueden "TENER o NO TENER" una pequeña burbuja (esfera, bolita) en las entradas PRESET o CLEAR.

- Cuando NO la tienen significa que la señal es activa cuando está en nivel ALTO.
 - Cuando SI la tienen significa que la señal es activa cuando está en nivel BAJO.
- El diagrama completo del **biestable JK** será como se muestra en el diagrama anterior.

Tabla de verdad del Flip Flop JK

Operación	Entradas					Salidas	
	Preset	Clear	Reloj (CLK)	J	K	Q	\bar{Q}
Prohibido	0	0	X	X	X	1*	1*
Preset	0	1	X	X	X	1	0
Clear	1	0	X	X	X	0	1
Memorizar	1	1	↓	0	0	Q ₀	\bar{Q}_0
Reset	1	1	↓	0	1	0	1
Set	1	1	↓	1	0	1	0
Bascular	1	1	↓	1	1	\bar{Q}_0	Q ₀

De la [tabla de verdad](#) anterior se puede ver que las entradas CLEAR (CLR) y PRESET son activas en bajo (ver la pequeña esfera en estas entradas) y se imponen en la salida Q sin importar el estado del reloj y de las entradas J y K. (ver las entradas J, K y el reloj con una X).

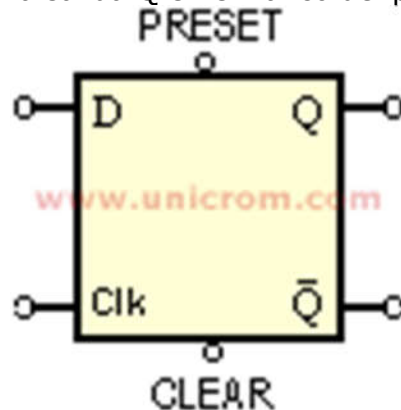
Para que las entradas J y K y el reloj sean funcionales, las entradas Clear y Preset deben de estar en nivel "alto" (no activas), entonces:

- **Memorizar:** Con J = 0 y K = 0, hay un estado de memoria o retención (mantiene la salida que tenía antes de que las entradas hayan cambiado).
- **Reset:** Con J = 0 y K = 1, se pone en Q un "0" y en \bar{Q} un "1".
- **Set:** Con J = 1 y K = 0, se pone en Q un "1" y en \bar{Q} un "0".
- **Bascular:** Con J = 1 y K = 1, el biestable bascula pasando de un nivel a otro ("0" a "1" o "1" a "0").

Lo anterior sólo tiene efecto en el momento en que el pulso de reloj está en el flanco descendente o posterior (ver la flecha en la columna "Reloj")

Los Más Usados: 2-Flip-Flop Tipo D

La diferencia entre el **flip-flop D** y el [biestable D](#) es que el flip-flop copia la entrada D a la salida Q en el flanco del pulso de reloj, el biestable lo hace por nivel.



El **flip-flop tipo D** es un elemento de memoria que puede almacenar información en forma de un "1" o "0" lógicos. Este flip-flop tiene una entrada D y dos salidas Q y \bar{Q} . También tiene una entrada de reloj, que en este caso, nos indica que es un FF

disparado por el borde o flanco descendente (ver el triángulo y la pequeña esfera en la entrada en los diagramas inferiores). Si el flip flop se disparara por el borde ascendente sólo aparecería el triángulo (no hay la pequeña esfera).

El **flip-flop tipo D** adicionalmente tiene dos entradas asincrónicas que permiten poner a la salida Q del flip-flop, una salida deseada sin importar la entrada D y el estado del reloj. Estas entradas son:

- PRESET (poner) y
- CLEAR (Borrar).

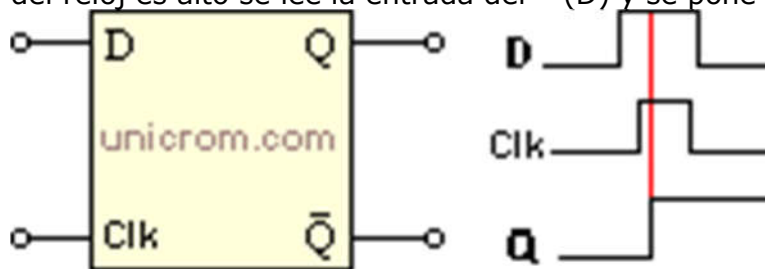
Es importante notar que estas son entradas activas en nivel bajo (ver la bolita o burbuja en la entrada). Ser activo en nivel bajo significa que:

- Para poner un "1" en la salida Q se debe poner un "0" en la entrada PRESET
- Para poner un "0" en la salida Q se debe poner un "0" en la entrada CLEAR

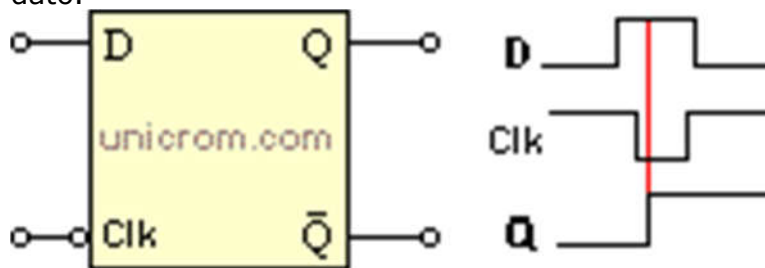
Modos de disparo del Flip Flop tipo D

Dependiendo del tipo de entrada de reloj se producirá un cambio diferente en la salida. En los diagramas siguientes se muestran los diferentes tipos de entradas de reloj del **flip flop tipo D**.

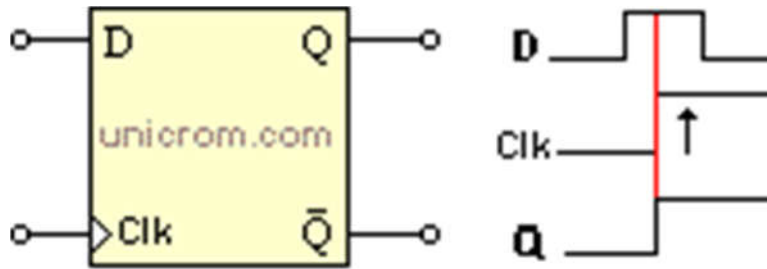
– En el caso del gráfico inferior habrá un cambio en el estado del **flip-flop tipo D** (ver la salida Q) cuando en la entrada de reloj se detecte un nivel positivo. Cuando en nivel del reloj es alto se lee la entrada del – (D) y se pone en la salida Q el mismo dato.



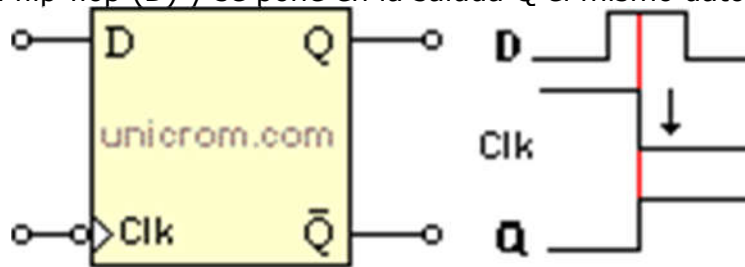
– En este caso habrá un cambio en el estado del **flip-flop tipo D** cuando en la entrada de reloj se detecte un nivel negativo. Ver la pequeña bolita o burbuja. Cuando en nivel del reloj es alto se lee la entrada del flip-flop (D) y se pone en la salida Q el mismo dato.



– En este caso habrá un cambio en el estado del **flip-flop tipo D** cuando en la entrada de reloj se detecte un nivel negativo. Ver la pequeña bolita o burbuja. Cuando en nivel del reloj es alto se lee la entrada del flip-flop (D) y se pone en la salida Q el mismo dato.



- En este caso habrá un cambio en el estado del **flip-flop tipo D** cuando en la entrada de reloj se detecte el momento en que el nivel pase de bajo a alto (flanco ascendente o anterior). Ver el pequeño triángulo. Cuando en nivel del reloj cambia de bajo a alto se lee la entrada del flip-flop (D) y se pone en la salida Q el mismo dato

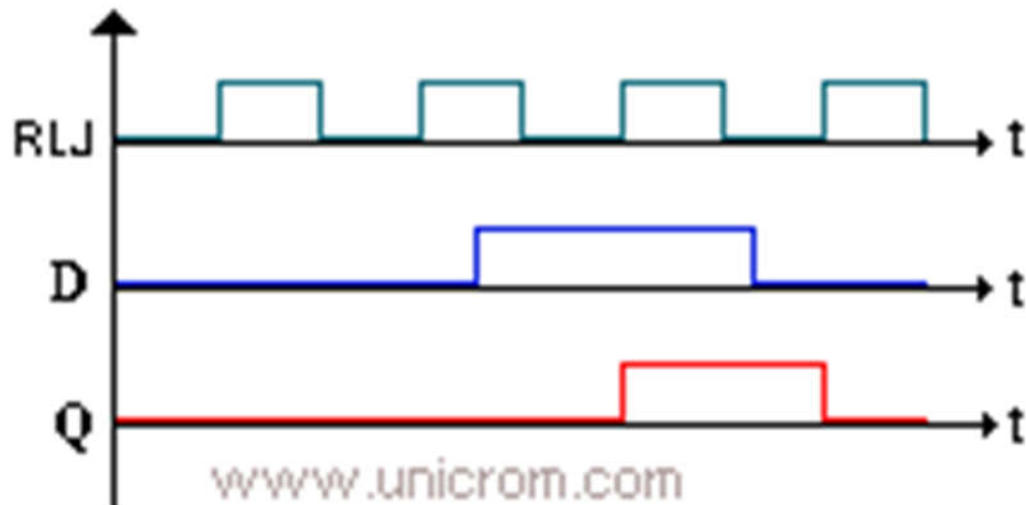


- En este caso habrá un cambio en el estado del **flip-flop tipo D** cuando en la entrada de reloj se detecte el momento en que el nivel pase de alto a bajo (flanco descendente o posterior). Ver el pequeño triángulo y bolita o burbuja. Cuando en nivel del reloj cambia de alto a bajo se lee la entrada del flip-flop (D) y se pone en la salida Q el mismo dato

Tabla de verdad del flip-flop tipo D

Operación	Entradas			Salidas		
	Preset	Clear	Reloj (CLK)	D	Q	\bar{Q}
Preset (preposicionado)	0	1	X	X	1	0
Clear (borrado)	1	0	X	X	0	1
Prohibido	0	0	X	X	1*	1*
Set (poner)	1	1	↑	1	1	0
Reset (reponer)	1	1	↑	0	0	1
Hold (mantener)	1	1	0	X	Q ₀	\bar{Q}_0

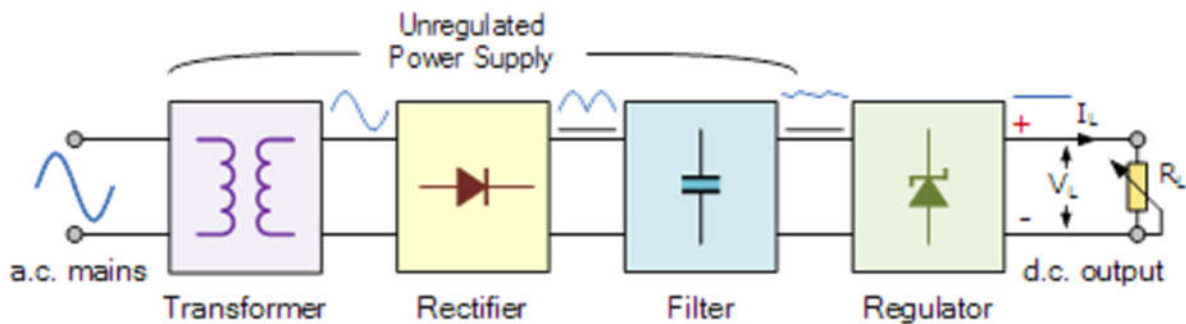
Diagrama temporal del flip-flop tipo D



c-Fuentes de poder estándar: Media Onda, Onda Completa. Reguladores de Voltajes, Fuentes Trifásicas, Fuentes Conmutadas.

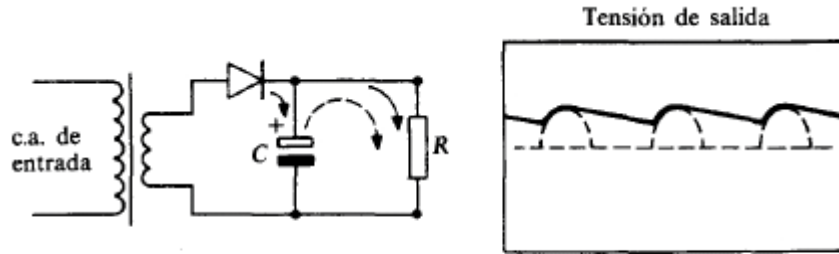
En general las fuentes de poder están estructuradas de la siguiente forma:

Ac → Transformador → Rectificador → Filtro → Regulador → carga de CC



-MEDIA ONDA:

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)



- El diodo conduce a través de R y el condensador C se carga
- El diodo no conduce, pero la tensión en C hace que haya una corriente a través de R

-ONDA COMPLETA:

a-Dos Diodos:

Rectificador de Onda Completa

a) $V_p = (12)(\sqrt{2}) = 16.9V$

$V_{CD} = \frac{2V_p}{\pi} = \frac{2(16.9V)}{\pi} = 10.8V$

$I_{L} = \frac{V_{CD}}{R_L} = \frac{10.8V}{1k\Omega} = 10.8mA$

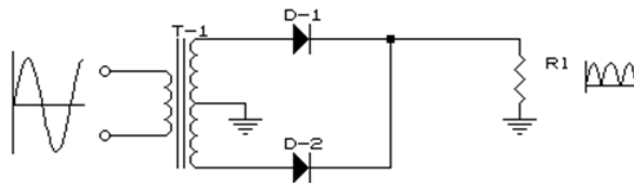
$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_L}{2} = \frac{10.8mA}{2} = 5.4mA$

$f_{out} = 2f_{in}$
 $f_{out} = 120Hz$

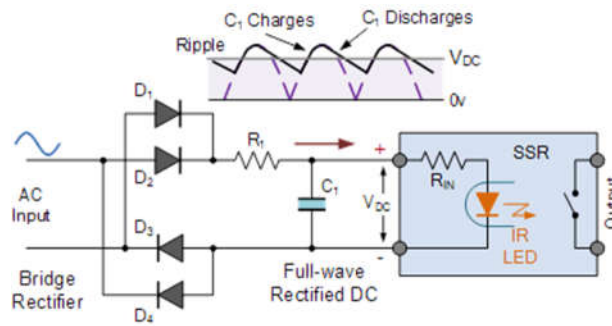
$P_{CD} = I_{CD} \cdot V_{CD}$
 $P_{CD} = (10.8mA)(10.8V)$
 $P_{CD} = 0.11W$

b) Formas de onda
 - Entrada
 - Carga
 - Diodos $D1, D2$

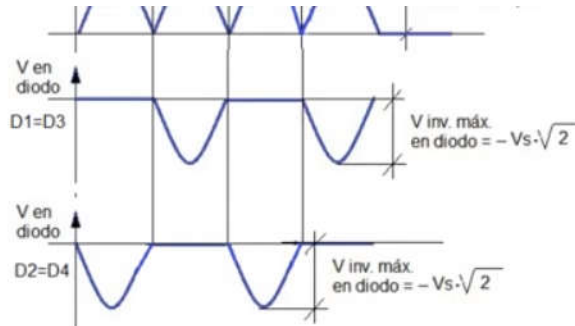
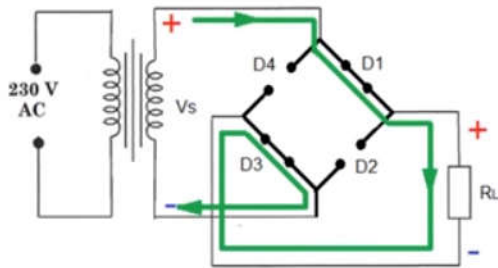
Con este arreglo se tiene el mismo resultado que un puente, pero es menos eficiente y además necesita un transformador de tres terminales, con un centro a tierra, lo cual es más costoso.



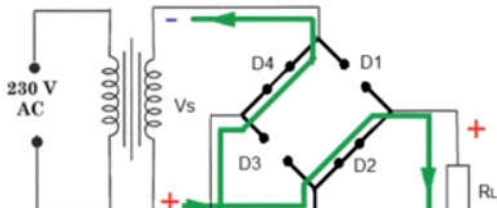
b-Puente Rectificador



Durante el semiciclo positivo de V_s :



Durante el semiciclo negativo de V_s :

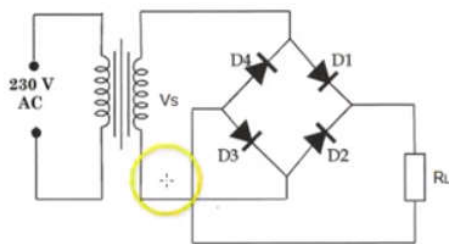


Tensión continua en R_L (V_o) = Tensión media en R_L (V_{AV}) = $2 \cdot \frac{V_{m\acute{a}x}}{\pi} = 0,9 \cdot V_s$

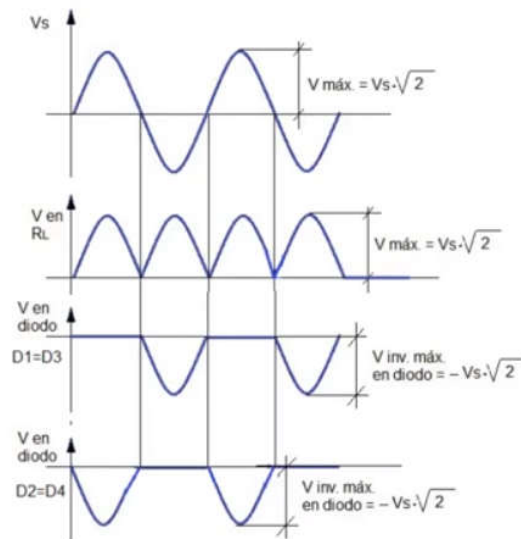
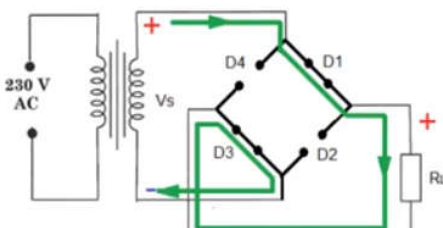
Si consideramos los 0,7 V de caída de tensión en cada diodo en conducción directa, el valor real de $V_o = V_{AV}$ será:

$$2 \cdot \frac{V_{m\acute{a}x} - 1,4V}{\pi}$$

Puente Rectificador

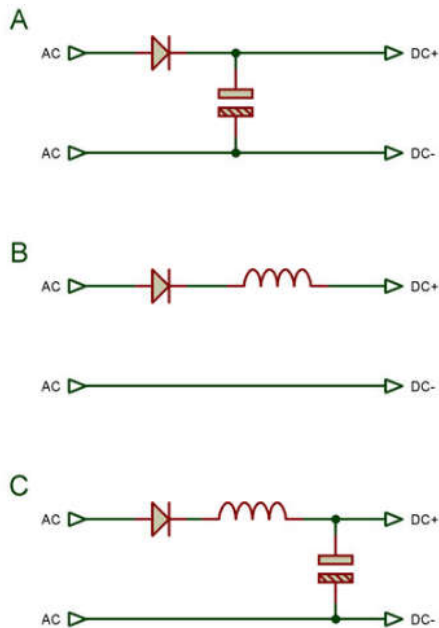


Durante el semiciclo positivo de V_s :

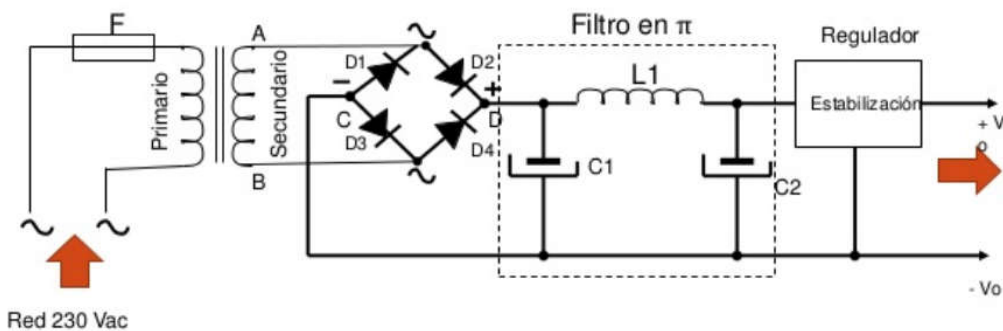


-Filtrado:

Después de la conversión es necesario eliminar las impurezas en la señal de corriente directa a través del sistema de filtros, compuesto por una serie de arreglos formado por Resistencias, Capacitores e Inductancias. Existen múltiples arreglos de filtrados. Para su reparación es necesario conocer muy bien el comportamiento de cada uno de estos elementos.



Diferentes tipos de filtros sencillos.



- Los sistemas electrónicos requieren una alimentación de baja tensión continua filtrada y regulada con bastante estabilidad, típicamente el 5%, por lo que se hace necesario la inserción de un elemento de paso que posibilite obtener una **estabilización** del voltaje de salida, independientemente de la variación de amplitud de la tensión continua a su entrada.

c-Reguladores de Voltaje:

Ejemplos



-Con Diodo Zener

El voltaje de la carga es el voltaje zener, el cual es constante.

-Regulador con Zener y Transistores

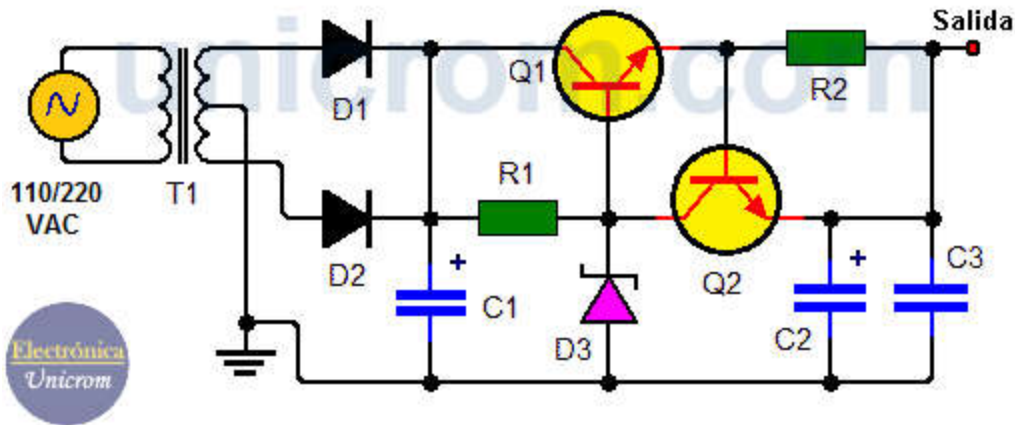
Existen un sin números de fuentes reguladas, las cuales difieren según el fabricante. Veremos un ejemplo clásico con zener y transistores.

Esta **fuentes de voltaje** permite obtener una salida de aproximadamente 11.4 voltios con un porcentaje de variación muy pequeño para una gran variedad de cargas.

Se utiliza un transistor de paso (Q1), con el propósito de ampliar la capacidad de entrega de corriente de la fuente. Se podría utilizar solamente el diodo zener, pero la capacidad de entrega de corriente de la fuente quedaría limitada a unas decenas de miliamperios.

La **fuentes de voltaje** tiene la característica de que se auto protege del excesivo consumo de corriente o de un corto circuito con el transistor Q2.

La ventaja de esta **fuentes de 12VDC con zener** en comparación con una fuente de voltaje que utilice regulador de voltaje integrado, como el LM 7812, es que tiene un porcentaje de variación del voltaje de salida menor.



Esta **fuentes de voltaje** se compone de un transformador reductor con el centro a tierra, dos diodos rectificadores y un filtro (capacitor electrolítico) con lo que se logra obtener la parte de la fuente que no es regulada. Con un puente de 4 diodos se obtiene el mismo resultado y más económico por el uso de un transformador normal. Para estabilizar la señal se utiliza, como componente principal, un diodo zener de 12V.

El zener tiene conectado a su cátodo la base de transistor NPN Q1, logrando de esta manera que en el emisor del mismo transistor exista el voltaje del zener menos 0.6 voltios (caída de voltaje base-emisor). El voltaje en el emisor de Q1 menos la caída de voltaje en el resistor R2 es el voltaje que se obtiene a la salida. Debido al pequeño valor que tiene el resistor R2 (se diseñó con este propósito), la caída de voltaje en este elemento se desprecia.

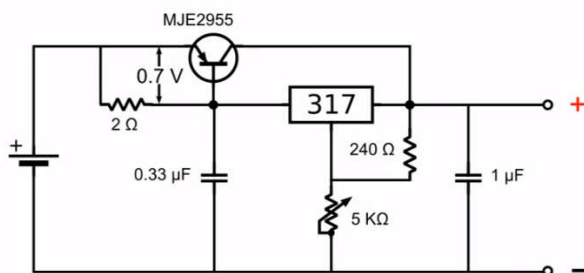
La función que tiene el transistor Q2 (protección contra sobre corrientes) está estrechamente ligada al resistor R2. Cuando la corriente aumenta mucho o hay un corto circuito, la caída de **voltaje** a través del resistor aumenta hasta que haya entre sus terminales 0.6 voltios. Esto sucede aproximadamente cuando la carga pide 1.2 amperios. Si se desea que la fuente se proteja cuando se consume menos corriente se aumenta el valor de R2. Estos 0.6 voltios están directamente aplicados a la unión base emisor del transistor Q2, que empieza conducir quitando corriente a la base del transistor Q1. Como consecuencia de la anterior

disminuye la corriente de emisor del transistor Q1, que equivale a disminuir la **corriente** hacia la carga, protegiéndose así la fuente.

d-Reguladores Integrados

Por suerte se tienen fuentes reguladas encapsuladas, de manera que solo hay que agregarles los componentes periféricos como condensadores, resistencias o inductancias y/o transistores. Veremos tres de los principales en el mercado.

-LM317 (Regulador de 5 a 37 Voltios) Con un transistor de paso.

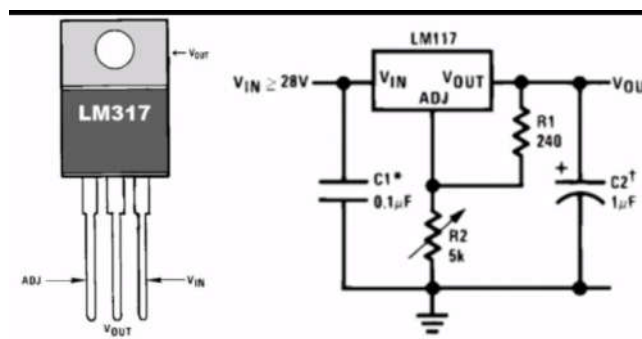


$$I = V/R = 0.7/2 = 0.35$$

Regulador de Voltaje con Transistor de Paso

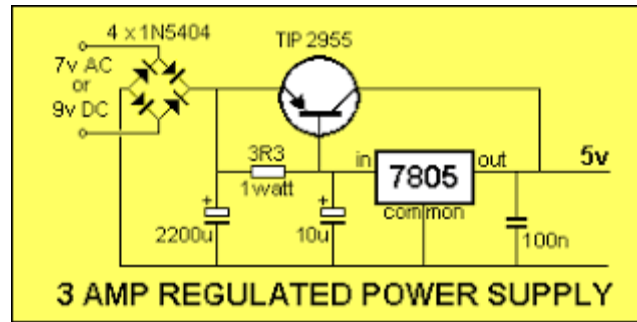
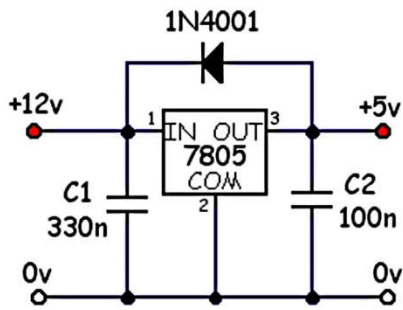
El transistor pasa hasta 8 Amps, pero si el Q no se activa, entonces la corriente la maneja el regulador LM317. La resistencia de 240 Ohm y el potenciómetro de 5K, determinan el voltaje a regular.

Para que el Q1 conduzca, se necesita que el voltaje V_{em} sea mayor de 0.72 y la corriente mayor de 0.35 mA



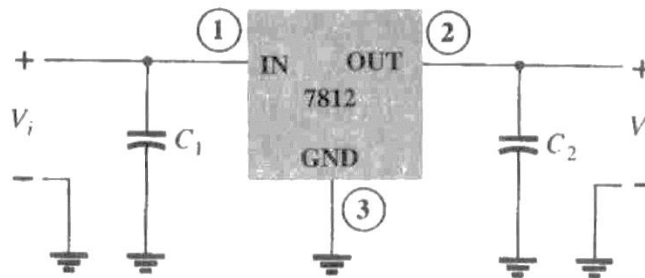
-LM7805 (Regulador 5 Voltios) El más usado en el módulo IPM

REGULADOR DE VOLTAJE A 5 VOLT



7805 con un Transistor de paso.

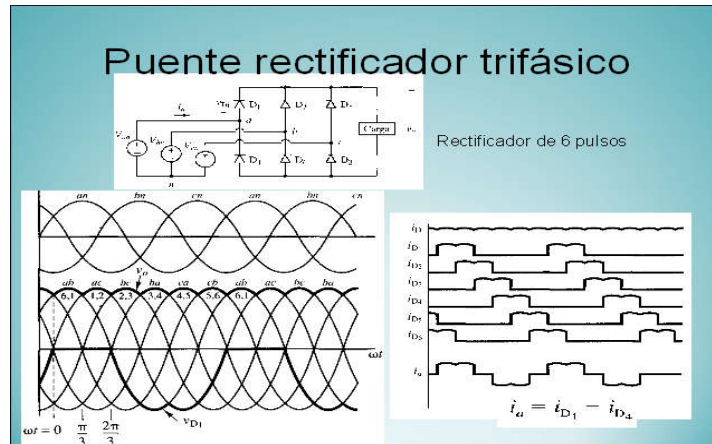
-LM7812 (Regulador 12 Voltios)



-Fuentes Trifásicas

- La finalidad es la de generar una tensión o corriente continua específica, a partir de una fuente de corriente alterna. Presentan mejores ventajas comparativas que los de media onda. Disminuye el rizado en las corrientes de salida en la barra de corriente continua y se obtiene un mayor valor de tensión y corriente continua. A continuación puentes 3ϕ con diodos y controlados por SCR.

Diodos	DC Chopper	Tiristores
Control: No Voltaje CD: Constante Rizo CD: Bajo V/Hz: Se ajusta en Inversor Inversor: PWM FPd: Alto para todas las velocidades Armónicas: Alto Regeneración: No	Control: SCR, GTO, Transistor Voltaje CD: Variable Rizo CD: Varía V/Hz: Rectificador-Inversor Inversor: 6 pasos FPd: Se reduce con la velocidad Armónicas: Alto Regeneración: No	Control: SCR Voltaje DC: Variable Rizo CD: Varía V/Hz: Rectificador-Inversor Inversor: 6 pasos, PWM FPd: Se reduce con la velocidad Armónicas: Alto Regeneración: Si



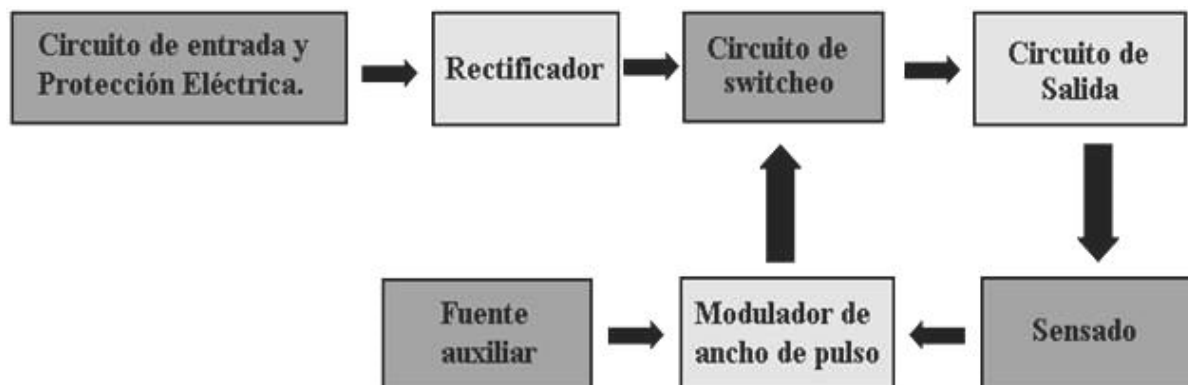
-Fuentes Conmutadas

Como la tecnología no se detiene, las fuentes de poder actuales ya están tomando otro giro, por lo que ***el Técnico actual debe estar a la vanguardia de la tecnología, de lo contrario estará destinado al fracaso de sus conocimientos y por ende a sus ingresos.*** Ya casi no veremos las actuales como las que hemos visto, sino las conmutadas, las cuales tienen un concepto de control más sofisticado, garantizando eficiencia, regulación, Etc.

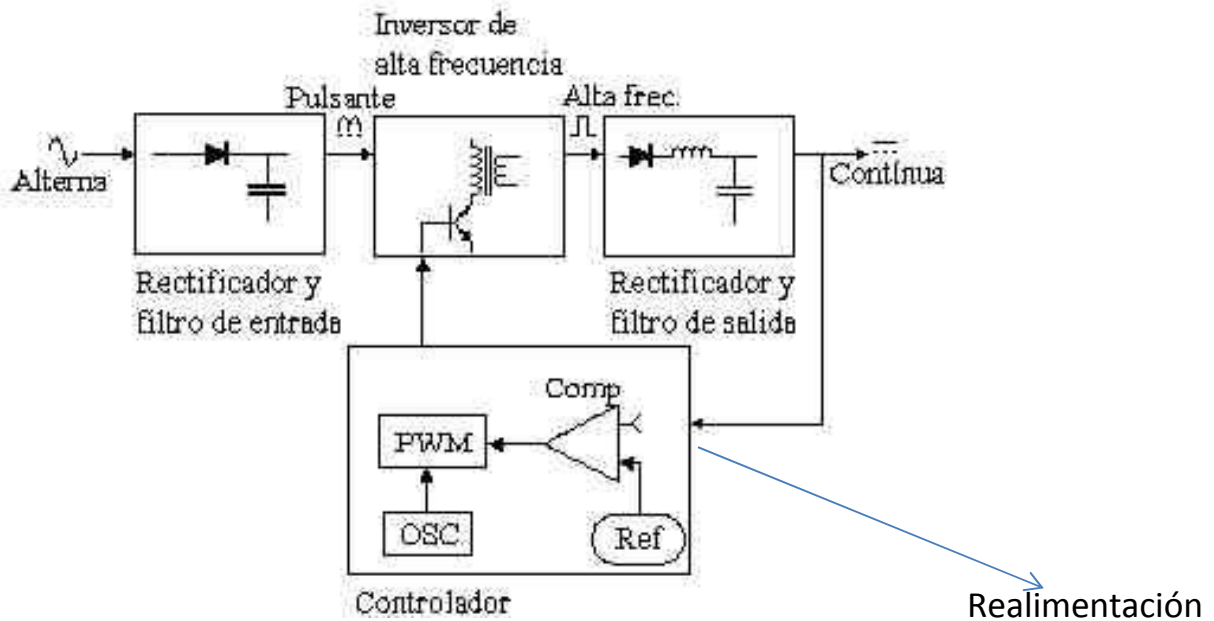
Veremos solo la teoría básica:

Hay dos tipos principales de fuentes de alimentación reguladas disponibles: Lineales (Las que ya hemos visto) y las Conmutadas.

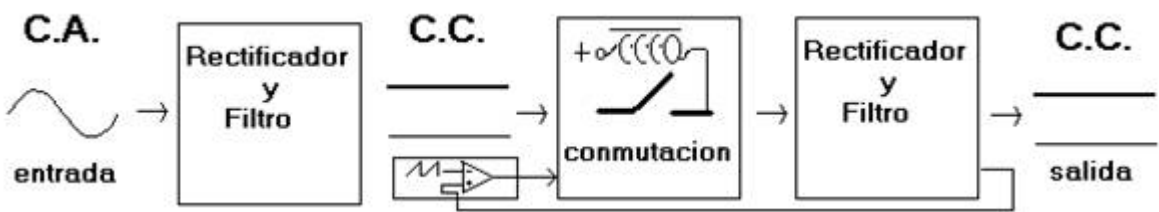
El diagrama de bloques, para una Fuente Conmutada, está compuesto por las siguientes partes esenciales:



Pero puede ser reducido a cuatro partes esenciales:



Las fuentes conmutadas son sistemas de control automático de bucle cerrado con realimentación negativa (Feed Back), los cuales toman una muestra de la salida, la comparan y producen un error el cual sirve de corrección para obtener el fin deseado en la carga.



Como el transformador esta a alta frecuencia, entonces sera mas pequeno y mas barato.

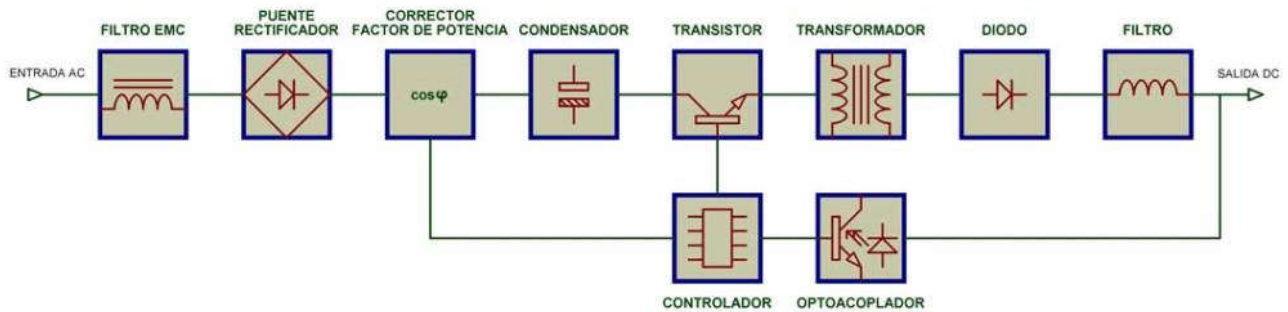
Cómo funciona una fuente de alimentación conmutada usando Optoacopladores en Feedback.

Para entender el funcionamiento de una fuente conmutada, debemos **separarla en bloques**, y analizarlos paso a paso.

De momento vamos a resumirlos, para ir profundizando en los siguientes artículos.

Existen muchos tipos distintos de fuentes, y sería imposible explicar los detalles de cada uno.

Por eso, he creído que lo más conveniente es centrarnos en los **sistemas más comunes**.



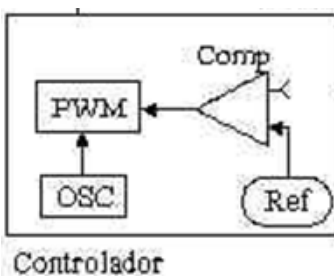
- **Filtro EMC.** Su función es absorber los problemas eléctricos de la red, como ruidos, armónicos, transitorios, etc. También evita que la propia fuente envíe interferencias a la red.
- **Puente rectificador.** Solo deja pasar la corriente en un sentido, de modo que convierte la corriente alterna en corriente pulsante, es decir que oscila igual que la corriente alterna, aunque únicamente en un sentido.
- **Corrector del factor de potencia.** En determinadas circunstancias, la corriente se desfasa respecto a la tensión, lo que provoca que no se aproveche toda la potencia de la red. Puedes ver una explicación completa en este artículo de Xavi Ventura. El corrector se encarga de solventar este problema.
- **Condensador.** Amortigua la corriente pulsante para convertirla en corriente continua con un valor estable.
- **Transistor.** Se encarga de cortar y activar el paso de la corriente. De este modo se convierte a la corriente continua en corriente pulsante.
- **Controlador.** Activa y desactiva el transistor. Esta parte del circuito suele tener varias funciones, como protección contra cortocircuitos, sobrecargas, sobretensiones... También controla al circuito de corrección del factor de potencia. Además, mide la tensión de salida de

la fuente, y modifica la señal entregada al transistor, para regular la tensión y mantener estable la salida.

- **Transformador.** Reduce la tensión, y además aísla físicamente la entrada de la salida.
- **Diodo.** Convierte la corriente alterna del transformador a corriente pulsante.
- **Filtro.** Convierte la corriente pulsante en continua.
- **Optoacoplador.** Enlaza la salida de la fuente con el circuito de control, pero manteniéndolos físicamente separados.

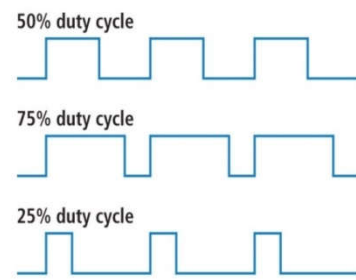
-Veamos a continuación un tipo de Controlador de ERROR en Feedback, por PWM:

Las fuentes de poder estandar siguen la secuencia: CA-CC- →, mientras que las conmutadas siguen la secuencia: CA-CC-CA-CC- →. Siguiendo el diagrama de bloques de arriba y la de abajo, tenemos que inicialmente tomamos la entrada de CA, la rectificamos, la filtramos y este voltaje entra al sistema del muestreador, o



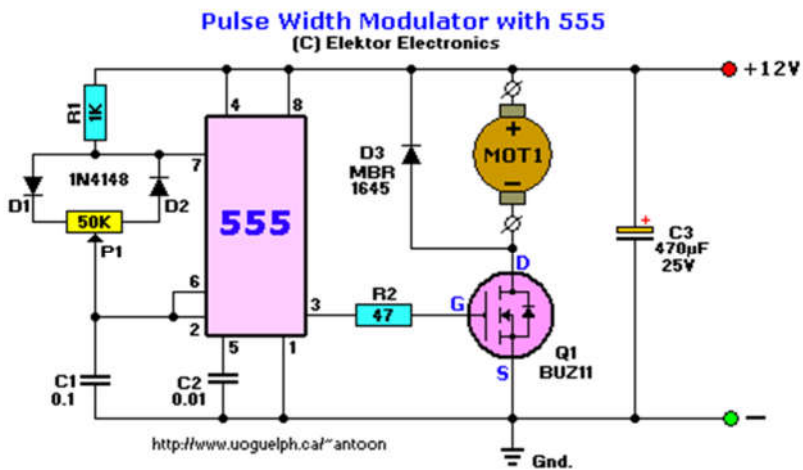
Controlador

sea del switch de conmutacion quien es comparado con la señal de retroalimentacion del regulador de PWM. En la salida del muestreador se



obtiene una señal de impulsos de alta frecuencia la cual entra en el primario de un transformador especial, el cual baja a la tensión de trabajo. Luego es filtrada por un filtro LC y parte de esta señal se retroalimenta hacia el Comparador del Controlador, y se compara con una señal diente de sierra, produciendo una serie de pulsos (PWM), la cual es proporcional a la demanda. Si la carga exige mas corriente, entonces el controlador aumenta el ciclo de trabajo (Duty Cycle) (ON), digamos un 75% y disminuye el ciclo de descanso (OFF). Si no requiere de mas demanda de corriente, entonces disminuye el ciclo de trabajo (ON), digamos un 25% y aumenta el descanso (OFF). De esta forma se mantiene la regulacion. Vea arriba los ciclos.

Abajo, un modelo de un Controlador de **PWM para la velocidad de un Motor CC.**



La modulación por ancho o de pulso (o en inglés **pulse width modulation PWM**) es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de **señales** es muy utilizada en circuitos digitales que necesitan emular una **señal** analógica. La veremos

después con más detalles.

- En los reguladores conmutados la regulación del voltaje de salida se logra manipulando el **tiempo de conducción** del elemento de control. Una de las técnicas más comúnmente usada es controlar el tiempo de conducción mediante el uso de una forma de onda **PWM**, Modulación del Ancho de Pulso.
- En la figura se muestra el circuito básico de la configuración **Step-Down** con el diagrama de bloques del circuito de control.

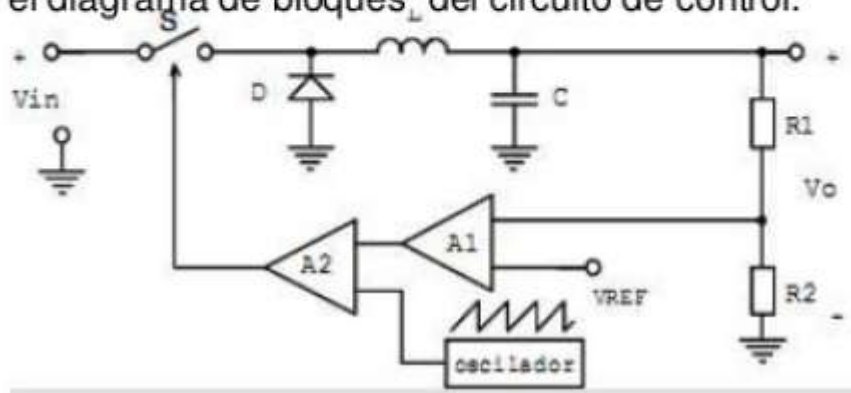


Figura regulador PWM.

- Según vemos en la figura anterior, el voltaje de salida **V_o** es censado por medio del divisor de tensión formado por **R1** y **R2**. Este es comparado con la tensión de referencia por el amplificador de error **A1**, produciendo una señal diferencial.
- El voltaje de salida **V_o** es usado para controlar el “**trippoint**” del comparador **A2**, siendo la otra entrada de este alimentada con una señal de diente de sierra o triangular.
- La señal de salida resultante es una señal, forma de onda, la cual tiene un ancho de pulso modulado **PWM**.
- Para lograr una retroalimentación negativa y por consiguiente regular el voltaje de salida, el interruptor **S** se debe abrir cuando la salida es baja y cerrarse cuando la salida del comparador es alta.

-Ventajas y Desventajas Frente a la Fuente Estándar (Lineales)

- **Ventajas:**
 - Reducido volumen y peso.
 - Buen rendimiento.
- **Inconvenientes:**
 - Son complejas.
 - Hay que tomar medidas para reducir las interferencias electromagnéticas (EMI).

-Las Fuentes conmutadas son más Complejas y producen Interferencias Electromecánicas, por lo que hay que tomar medidas extras.

-Factor de Potencia

Las Fuentes lineales tienen bajo factor de potencia porque la energía es obtenida en los picos de voltaje de la línea de alimentación. La corriente en las fuentes conmutadas simples no sigue la forma de onda del voltaje, sino que en forma similar a las fuentes lineales la energía es obtenida solo de la parte más alta de la onda sinusoidal, por lo que su uso cada vez más frecuente en computadoras personales.

[**REGRESAR AL CONTENIDO**](#)

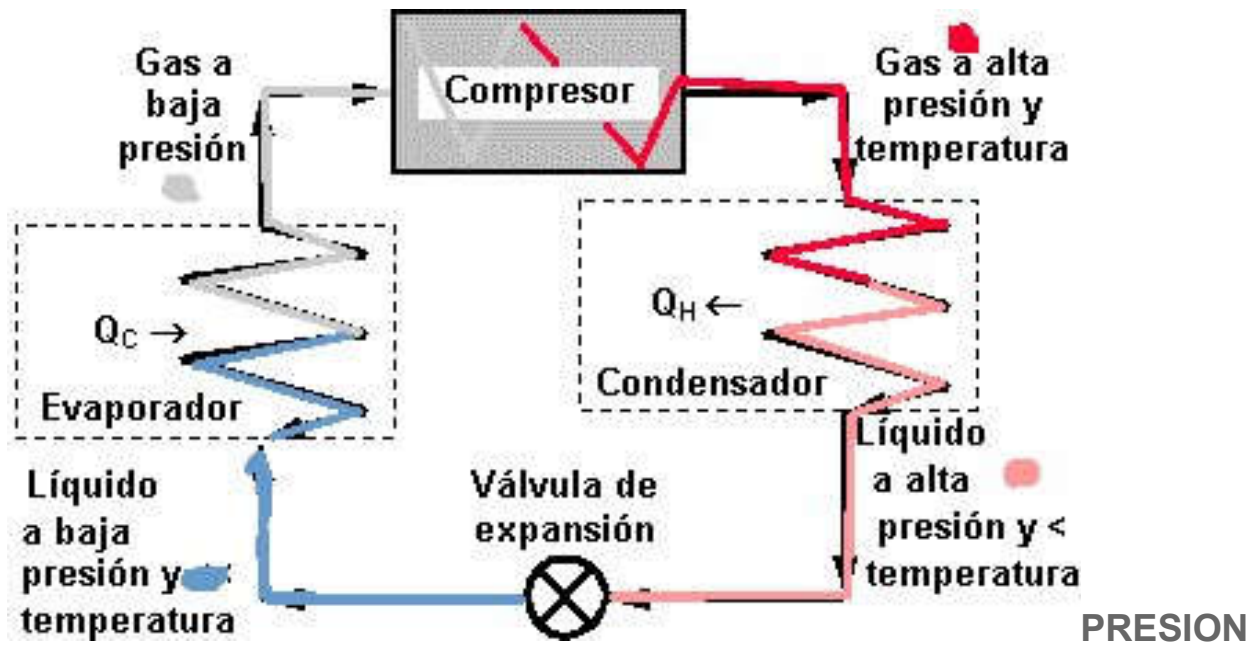
III-Visión Básica de Refrigeración y Aire Acondicionado

a-Ciclo Básico de refrigeración y Sus Componentes

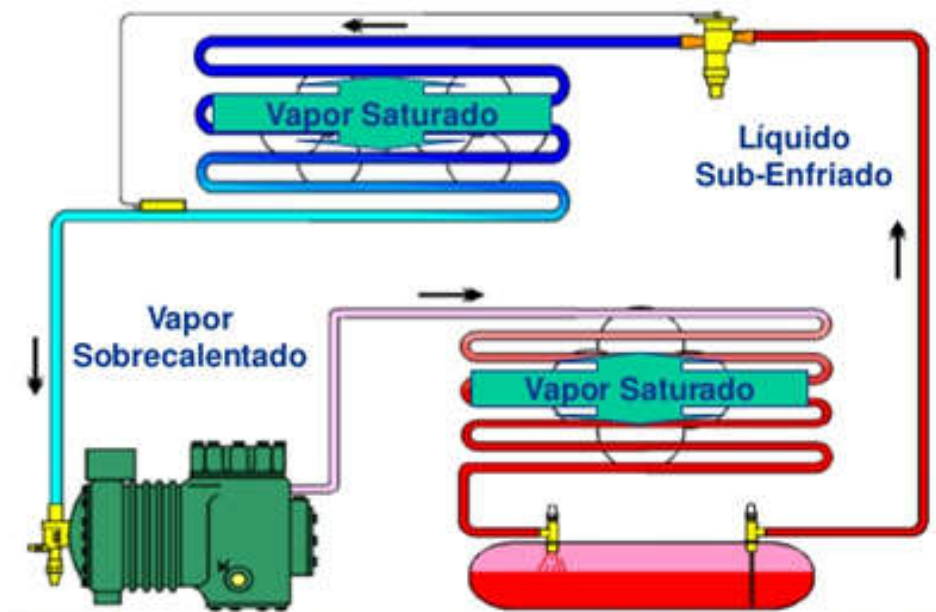
-Esta sección es simplemente como un repaso, ya que suponemos que todos los técnicos presentes ya lo conocen.

-Los sistemas de aire acondicionado basan su funcionamiento en el **ciclo frigorífico**. Un sistema de aire acondicionado no genera aire frío, sino que **extrae el calor del aire** de la estancia que se quiera climatizar. Te explicamos de forma sencilla a través de una infografía y un vídeo cómo funciona el aire acondicionado, o lo que es lo mismo, **cómo trabaja un circuito frigorífico para extraer el calor del aire** de una vivienda o local.

Nos centraremos en un sistema de **refrigeración por compresión**, ya que es el sistema más comúnmente utilizado en equipos de aire acondicionado doméstico y comercial. Los circuitos frigoríficos funcionan mediante la circulación de un gas refrigerante que recorre un circuito de tuberías de cobre cambiando de estado de gaseoso a líquido y de líquido a gaseoso según atraviese los distintos componentes del mismo. Es a través de ese cambio de estado del refrigerante cuando se produce el intercambio térmico que logra extraer el calor sobrante del aire del local a climatizar, consiguiendo bajar la temperatura del ambiente.

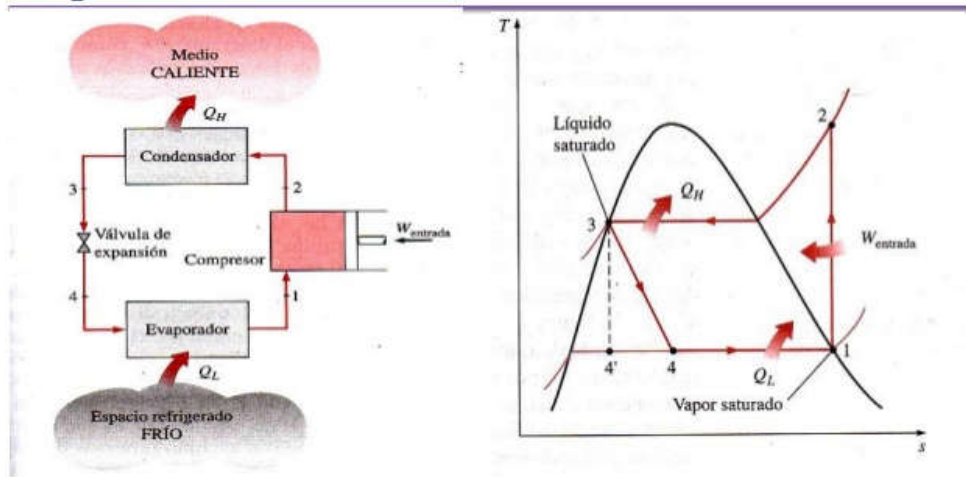


Ciclo De Refrigeración



VAPOR

El Ciclo **ideal** de refrigeración por compresión de vapor: Se compone de 4 procesos:

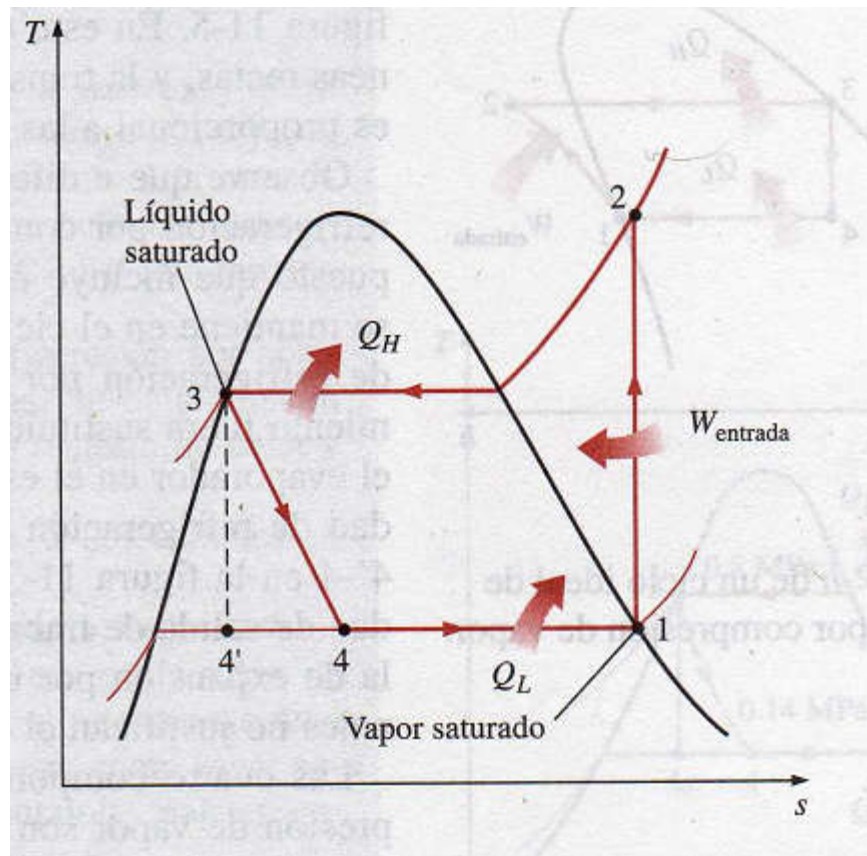


Proceso 1-2: Compresión isentrópica en un compresor.

Proceso 2-3: Rechazo de calor a presión constante en el condensador.

Proceso 3-4: Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.

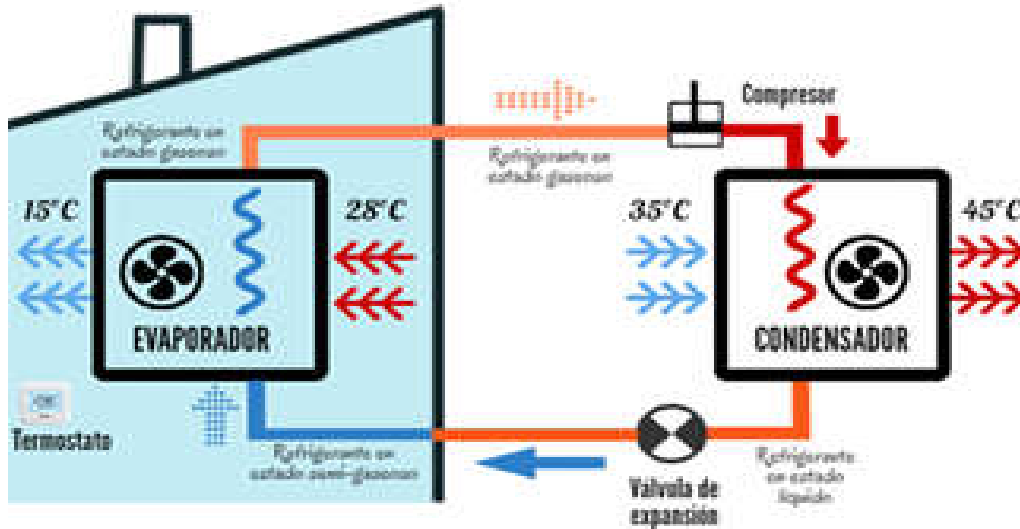
Proceso 4-1: Absorción de calor a presión constante en el evaporador



EL CICLO DE REFRIGERACIÓN

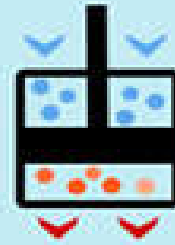


Principio de la termodinámica: Transportar energía en forma de calor de un ambiente a otro



La válvula de expansión

La válvula de expansión libera de la presión al gas refrigerante, que al atravesarla comienza el cambio de estado de líquido a gaseoso. Este proceso termina de producirse en el evaporador.

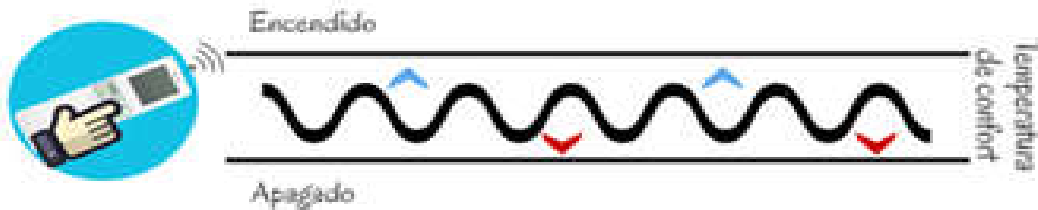


El compresor

Comprime el gas que llega desde evaporador en estado gaseoso. El compresor aumenta la presión del gas refrigerante que continúa hacia el condensador, donde cambiará a estado líquido.

EFICIENCIA = TECNOLOGÍA INVERTER

Funcionamiento del sistema Inverter



La tecnología Inverter regula la frecuencia de ciclo eléctrico, es decir, regula la velocidad del compresor.

Con el Inverter el compresor trabaja de forma continua, evitando continuos arranques y paradas.

Ayuda a mantener constante la temperatura de la sala, logrando ahorros energéticos de un 40%

Componentes que forman un sistema sencillo de aire acondicionado

-Componentes: Unidad interior (contiene el Evaporador)

La unidad interior también llamada Split contiene el evaporador, donde ocurre el proceso de extracción del aire caliente, que cede su calor al gas refrigerante. Dentro de la unidad interior, un ventilador distribuye el flujo de aire refrigerado a la estancia. Esta unidad interior cuenta también con sensores de temperatura conectados al termostato.

Válvula de expansión

La válvula de expansión libera de la presión al gas refrigerante, que al atravesarla pasa de estado líquido a estado gaseoso.

Unidad exterior (contiene el Condensador)

La unidad exterior alberga el condensador y el compresor donde el gas refrigerante pasa de gas a líquido. Desde esta unidad se expulsa el aire caliente (del calor que hemos “quitado” al interior) al exterior.

Compresor

El compresor es el encargado de generar el efecto contrario a la válvula de expansión. Genera una fuerza comprimiendo el gas que llega del evaporador en estado gaseoso. Esta presión aumenta la temperatura del gas que vuelve a su estado líquido y se calienta.

El compresor es quizás el elemento más importante del circuito y el que consume más energía. La velocidad de trabajo del compresor dependerá de la señal que le envía el sensor de temperatura. Cuando se llega a la temperatura programada en el termostato, el compresor disminuye su velocidad de trabajo o se apaga si es el caso. La tecnología Inverter, cuyo funcionamiento explicaremos más adelante, es la encargada de regular el comportamiento del compresor, favoreciendo el ahorro energético.

Gas refrigerante

Como hemos comentado, el circuito frigorífico utiliza un gas refrigerante al que se transfiere el exceso de temperatura, al circular éste a una temperatura inferior a la del espacio refrigerado. Los **gases refrigerantes** contienen hidrofluoruros que pueden resultar contaminantes para la atmósfera, aunque hoy en día existen gases refrigerantes con un nivel de PCA o “poder contaminante” muy bajo.

Termostato

La función del termostato es la de regular el funcionamiento del equipo y apagarlo cuando se alcanza la temperatura deseada. Se trata de un componente electrónico fundamental para asegurar la eficiencia del aparato ya que nos permite usarlo sólo cuando realmente es necesario. Existen distintos tipos de termostatos con funciones como programación de horarios, ajustes de temperatura, regulación por zonas, modo noche, etc. y su uso correcto puede proporcionar ahorros de hasta un 30% y ayudarnos a hacer un uso más eficiente de la energía.

Cómo funciona este proceso

El circuito frigorífico basa su funcionamiento en un proceso cíclico en el que un gas refrigerante va cambiando de estado: de líquido a gaseoso y de gaseoso a líquido.

Cuando el gas refrigerante entra en estado gaseoso en el compresor, éste genera una fuerza sobre él comprimiéndolo y aumentando su presión. Al aumentar esta presión, el gas continúa su camino pasando por el Condensador, donde cambia su estado de gaseoso a líquido. En este proceso de cambio de estado, tiene lugar el intercambio térmico, es decir, el refrigerante cede su calor al aire que está atravesando el condensador, impulsado por ventiladores, saliendo al exterior de la vivienda o local mucho más caliente.

Continuando con el proceso, el refrigerante llega a la válvula de expansión que tiene la función opuesta al compresor: libera la presión del gas, lo que genera una nueva conversión de estado líquido a estado gaseoso. En el evaporador se completa este proceso que requiere de gran cantidad de energía. Es por eso que el gas, que en ese momento tenía una temperatura muy baja, comienza a absorber el calor del aire de la estancia.

A la vez que el refrigerante está circulando por el interior del evaporador, el aire caliente del interior de la casa está pasando a través del evaporador gracias al trabajo de los ventiladores. El refrigerante absorbe en este punto el calor del aire, que sale de la unidad interior Split mucho más frío.

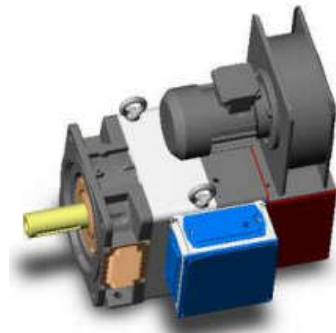
Después de este proceso, el refrigerante, ahora ya en estado gaseoso y más caliente (ha absorbido el calor del aire), se dirige de nuevo hacia el compresor donde volverá a cumplirse todo el ciclo.

Mientras este proceso está funcionando, la temperatura dentro de la casa baja, aunque la humedad relativa aumenta hasta alcanzar el punto de rocío en el que el vapor de agua se convierte en líquido que queda acumulado en la base del evaporador. Por eso la unidad interior debe tener un desagüe para expulsar estas gotitas o vapores condensados.

¿Cómo funciona un aire acondicionado con tecnología Inverter?

La tecnología Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico, es decir, regula la velocidad del compresor. En lugar de arrancar y parar frecuentemente para obtener la temperatura media deseada, con el Inverter el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala.

Los sistemas con **aire acondicionado Inverter ahorran hasta el 40% de energía** respecto a otros sistemas y por otra parte, alarga la vida del compresor ya que no tiene que trabajar tanto.



Powertech Tetravec (IP23)

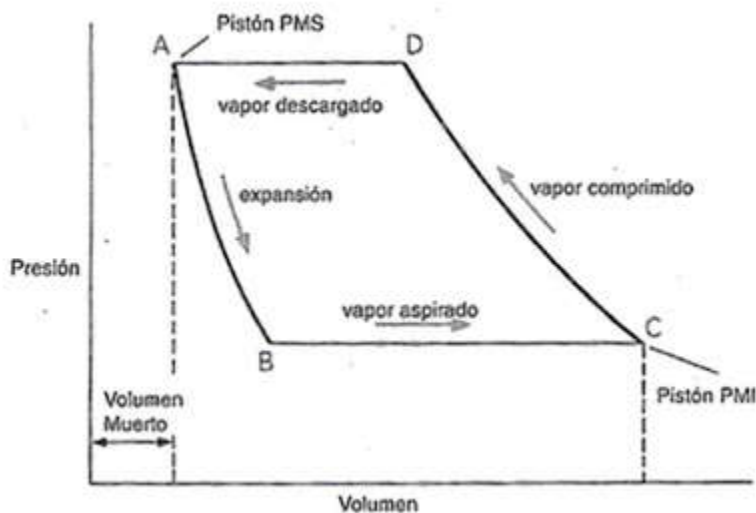
Los Motores llamados “**MOTORES VECTORIALES**”, son los construidos especialmente para trabajar con la tecnología Inverter, ya que están construidos con sondas térmicas especiales, auto ventilación forzada, bobinas reforzadas, aislamientos especiales, soporte de los desagradables armónicos, excelente eficiencia en un gran rango de frecuencias. Etc.

b-Componentes:

--Compresor (Tipos: Rotativos, Scroll, D. Positivo, Etc.)

FUNDAMENTOS DE LA COMPRESIÓN GASEOSA

La figura representa el **diagrama de presión-volumen** para un ciclo completo de un cilindro:



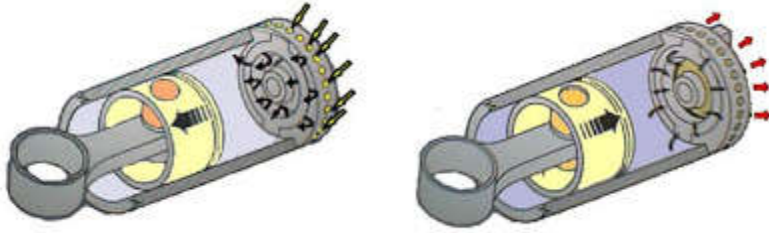
Desde el punto A hasta B el pistón se mueve hacia abajo en el **interior del cilindro** permitiendo que el vapor caliente, comprimido en un ciclo anterior, se expanda. Conforme se expande el vapor, la presión en el cilindro decrece, la presión del vapor en el tramo de aspiración abre la válvula de aspiración y entra de nuevo más vapor (B a C).

El punto C representa el **punto muerto inferior** y en esta ocasión el pistón se mueve hacia arriba, decrece el volumen en el cilindro, se empuja el vapor bajo presión y esto aumenta la temperatura. Cuando la presión es suficientemente grande (D) la válvula de descarga es obligada a abrirse y el vapor es forzado a salir hacia el tramo de descarga.

Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de succión se reduce la presión en el cilindro. Cuando la presión del cilindro es menor que la de la línea de gas la diferencia de presión abre la válvula de succión para recibir el refrigerante vaporizado a que fluya al interior del cilindro.

Cuando el pistón alcanza el **fin de su carrera de succión** e inicia la compresión, aumentando la presión y cerrando la válvula de succión.

Cuando la presión en el cilindro excede la presión existente en la línea de descarga del compresor, se abre la válvula de descarga y el gas comprimido fluye hacia la tubería de descarga y al condensador.



Cuando el pistón inicia su carrera nuevamente de succión, se reduce la presión en el cilindro cerrando las válvulas de descarga, a consecuencia de la presión en el condensador y del tubo de descarga, repitiéndose de esta forma el ciclo.

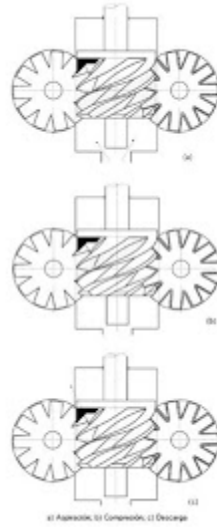
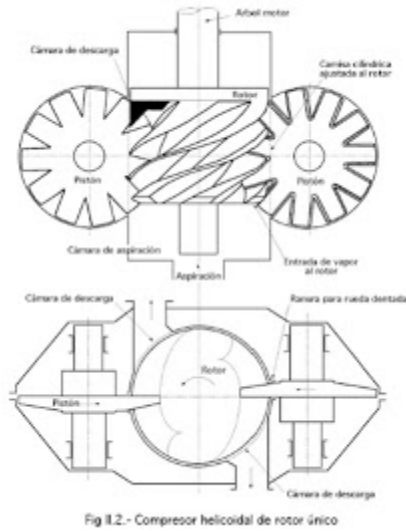
COMPRESOR DE TORNILLO: ROTOR ÚNICO

- **Compresor Helicoidal de rotor único**

El compresor helicoidal de rotor único está constituido por un rotor conductor con seis cámaras de trabajo helicoidales de perfil globoidal, que acciona dos ruedas dentadas satélite que tienen once dientes cada una, de perfil idéntico al de las cámaras de trabajo, y situadas a ambos flancos del rotor conductor, la **velocidad de las ruedas dentadas** es $(6/11)$ de la del rotor principal.

La potencia de compresión se transfiere directamente desde el rotor principal al vapor; las ruedas dentadas no disponen de ningún tipo de energía, salvo rozamiento.

Es necesario que las **holguras entre los perfiles** en movimiento sean pequeñas, (las óptimas para cada tipo de máquina), con el fin de evitar fugas o filtraciones de vapor desde la cavidad de escape hacia regiones donde las presiones sean más bajas.



El proceso de

funcionamiento se puede descomponer en las fases siguientes:

- **Aspiración:** Con el rotor recluido en una camisa cilíndrica, se tienen todas las cámaras de trabajo en comunicación con la cavidad de aspiración por uno de sus extremos. Un diente de una de las ruedas dentadas engrana con cada cámara, efectuándose la aspiración del vapor conforme se desplaza dentro de la cámara.
- **Compresión:** Al continuar la rotación, las cámaras una vez se han llenado completamente, se cierran y separan de la cavidad de aspiración mediante un diente perteneciente a la otra rueda dentada, reduciendo progresivamente su volumen, comprimiendo así el vapor.
- **Escape:** En un instante determinado, las cámaras de trabajo con volúmenes decrecientes y presiones crecientes, se pone en comunicación con la lumbrera de escape, cesando la compresión y produciéndose la expulsión del vapor hasta que el volumen V_2 queda reducido a cero.

La **velocidad del fluido** a la entrada y salida del compresor helicoidal se incrementa según el cuadrado de sus dimensiones, mientras que el flujo de fluido frigorígeno se incrementa con el cubo de sus dimensiones. Si por ejemplo se doblan las dimensiones del compresor, las áreas de entrada y salida se multiplicarían por un factor 4 y el flujo por 8; como las pérdidas

de carga son proporcionales al cuadrado de la velocidad, duplicar el tamaño de un compresor helicoidal supone multiplicar por 4 las pérdidas de carga.

Se acostumbra a montar una **válvula de retención** para este tipo de compresores, evitando así el giro inverso de los rotores cuando se corta la alimentación eléctrica del motor. Esta válvula de retención está intervenida por la presión de aspiración interna del compresor, y de este modo durante el funcionamiento se mantiene abierta sin causar una innecesaria caída de presión en la aspiración del gas.

La **capacidad que puede albergar el compresor** se puede regular de manera continua desde el 10% hasta el 100% por medio de un sistema de corredera situado debajo de los rotores. Hay otros que tienen un sistema de control para regular el volumen. Esto significa que siempre funciona al máximo de su eficiencia, aún cuando la planta frigorífica esté sometida a variaciones en la presión de funcionamiento.

Regulación del volumen:

- Mediante la regulación manual de la posición de la corredera girando el vástago bajo el eje del motor, se siguen las instrucciones del fabricante.
- Mediante la regulación automática desplazando el tope de la corredera o quedando activada, por medio de la presión de aceite y las dos válvulas solenoides controladas por un transmisor de posición entre ambas piezas (se controla a distancia por control remoto).

Ventajas del compresor helicoidal de rotor único

- Pérdidas por rozamiento mecánico bajas.
- Desgaste despreciable de las partes móviles

Inconvenientes del compresor helicoidal de rotor único

- Aceite lubricante en exceso.

- Aumento de precio por utilizar materiales de fibra de carbono y teflón para evitar desgaste.

COMPRESOR DE TORNILLO: 2 ROTORES

Los compresores helicoidales usados en técnicas frigoríficas pueden ser de dos tipos:

- De dos rotores (**Lysholm**), que comenzaron a utilizarse en los años 30 y están compuestos de dos husillos roscados (rotores), uno motor y otro conducido.

- De rotor único (**Zimmern**), que comenzaron a utilizarse en los años 60 y están compuestos por un rotor o husillo roscado único, que engrana con un par de ruedas satélites dentadas idénticas.

• **Compresor Helicoidal de dos Rotores**

El compresor helicoidal de dos rotores, es un aparato rotativo de desplazamiento positivo, en la que la compresión del vapor se efectúa mediante dos rotores (husillos roscados). El rotor conductor tiene cuatro o cinco dientes helicoidales, y engrana con seis celdas o cámaras de trabajo, igualmente helicoidales, del rotor conducido, alojados ambos dentro del estator.

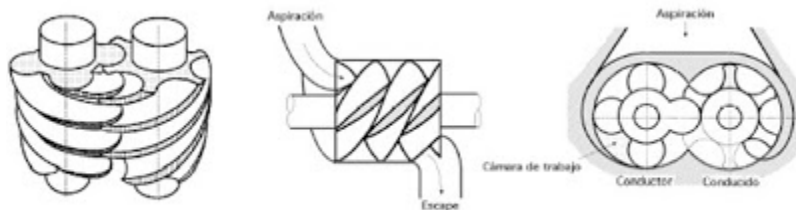


Fig II.1.- Tornillos de un compresor helicoidal de dos rotores

Para confirmar el **cierre hermético** de las cámaras de trabajo y la separación de las cavidades de aspiración e impulsión del compresor, la sección transversal de los dientes ha evolucionado desde un perfil circular, hasta perfiles cicloidales, en orden a mejorar el funcionamiento mecánico y dinámica de los rotores.

El perfil del tornillo conductor es convexo, mientras que el del conducido es cóncavo; el rotor conductor, conectado al eje motor, gira más rápido que el conducido. El vapor que penetra por la cavidad de aspiración, situada en uno de los extremos del compresor, llena por completo cada una de las cámaras de trabajo helicoidales del rotor conducido.

Durante el giro de los rotores, las cámaras de trabajo limitadas entre los filetes de los rotores y las superficies internas del estator, dejan de estar en comunicación directa con la cavidad de aspiración y se desplazan junto con el vapor a lo largo de los ejes de rotación.

Cada una de las **cámaras de trabajo** se comporta como si el cilindro fuese un compresor alternativo, en donde cada diente del rotor hace de pistón, primero cierra y después comprime el volumen inicialmente atrapado V_1 , por lo que un compresor helicoidal no es sino un compresor alternativo de seis cilindros helicoidales, en el que se han eliminado el cigüeñal, el espacio nocivo y las válvulas de admisión y escape.

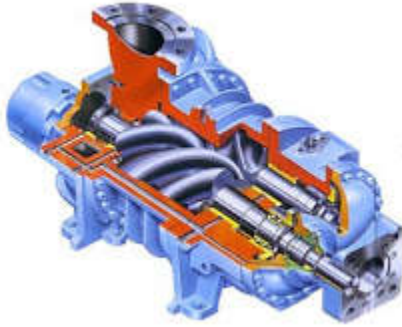
El **proceso de funcionamiento** se puede descomponer en cuatro partes:

- Aspiración: llenado progresivo de una cámara de trabajo de volumen V_1 .

- Desplazamiento a presión constante: de forma que al continuar la rotación, la cámara de trabajo que contiene el volumen de vapor V_1 se mueve circunferencialmente sin variar el volumen.

- Compresión: en la que cada diente del rotor conductor engrana con el extremo de cada cámara de trabajo en cuestión, decreciendo progresivamente su tamaño hasta que, cuando su valor es V_2 , se pone en comunicación con la cavidad de escape.

- Escape: en el que al proseguir el giro, el volumen disminuye desde V_2 a cero, produciéndose la expulsión del vapor a la presión de salida P_2 .



Ventajas del

compresor helicoidal de 2 rotores

- Es el compresor más empleado en refrigeración industrial.
- Cuenta con menos mantenimiento.
- Cuenta con menos partes móviles y por tanto susceptibles de problemas.
- Rendimiento energético: El compresor de tornillo tiene un rendimiento superior al alternativo cuando la instalación se encuentra a plena producción.

Inconvenientes del compresor helicoidal de 2 rotores

- Precio: más caro que el compresor alternativo.
- Mano de obra especializada para su mantenimiento

COMPRESOR SCROLL

Se puede considerar como la **última generación de los compresores rotativos de paletas**, en los cuáles éstas últimas han sido sustituidas por un rotor en forma de espiral, excéntrico respecto al árbol motor, que rueda sobre la superficie del estator, que en lugar de ser circular tiene forma de espiral concéntrica con el eje motor.

La superficie de contacto entre ambas espirales se establece en el estator (en todas sus generatrices) y en el rotor también en todas sus generatrices. Como se puede comprobar, hay otra diferencia fundamental respecto a los

compresores rotativos de paletas, y es la de que **la espiral móvil del rotor no gira solidariamente** con este último, sino que sólo se traslada con él paralelamente a sí misma.

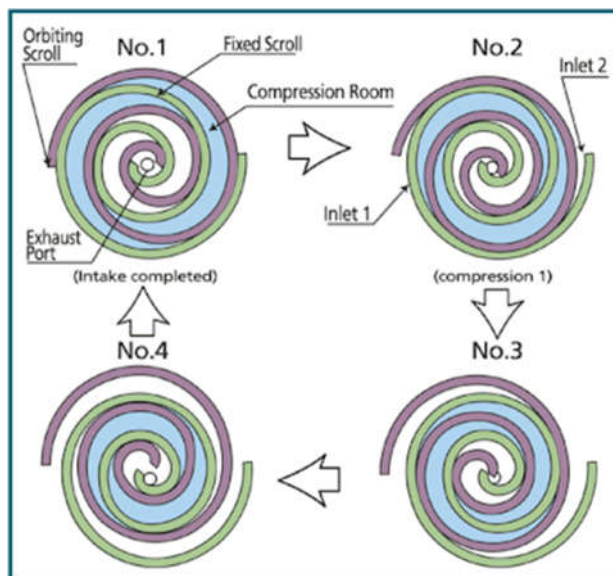


Scroll Libre de Aceite



Unidad de Compresión

En cuanto al **funcionamiento**, este tipo de compresores se basa en que las celdas o cámaras de compresión de geometría variable y en forma de hoz, están generadas por dos caracoles o espirales idénticas, una de ellas, la superior que está fija (estator), en cuyo centro está situada la lumbrera de escape, y la otra orbitante (rotor), estando montadas ambas frente a frente, en contacto directo una contra la otra.



La espiral fija y la móvil cuyas geometrías se mantienen en todo instante desfasadas un ángulo de 180° , merced a un dispositivo antirotación, están encajadas una dentro de la otra de modo que entre sus ejes hay una excentricidad, para conseguir un movimiento orbital del eje de la espiral móvil alrededor de la espiral fija.

El funcionamiento se puede descomponer en las tres fases siguientes:

- Aspiración: En la primera órbita (360°), en la parte exterior de las espirales se forman y llenan completamente de vapor a la presión P_1 dos celdas.

- **Compresión:** En la segunda órbita (360°), se produce la compresión a medida que dichas celdas disminuyen de volumen y se acercan hacia el centro de la espiral fija, alcanzándose al final de la segunda órbita, cuando su volumen es V_2 y la presión de escape P_2 .
- **Descarga:** En la tercera y última órbita, puestas ambas celdas en comunicación con la lumbrera de escape, tiene lugar la descarga (escape) a través de ella.

El **campo de utilización** está encaminado a los pequeños desplazamientos (aire acondicionado y bomba de calor en viviendas) para potencias frigoríficas comprendidas entre 5 y 100 kW.

Otro agente significativo son las **pérdidas mecánicas por rozamiento**, la inexistencia de juntas y segmentos en los compresores Scroll, característica común también a los helicoidales, hace que las pérdidas mecánicas por rozamiento en este tipo de compresores, sean más bajas en comparación con las que se producen en los compresores alternativos.

Ventajas del compresor SCROLL

- Buen rendimiento volumétrico.
- Inexistencia de espacio muerto perjudicial.
- Ausencia de válvulas de admisión.
- Adaptabilidad axial y radial muy buena.
- Elevada fiabilidad de funcionamiento
- Excelente nivel sonoro.

Inconvenientes del compresor SCROLL

- Limitación de fabricar compresores Scroll de tamaños pequeños.
- Presión de escape baja.

COMPRESOR INVERTER

Es un compresor rotativo de C. A. que por razón de un sistema electrónico, regula las revoluciones del motor a través de la frecuencia y hace que se adapten a las diferentes necesidades de la instalación, modulando el flujo de refrigerante en cada momento.

Si el local a refrigerar está con la máxima carga de calor, el compresor estará rindiendo al 100 % de sus posibilidades, dando por ejemplo 6000 Fg/h; cuando el local está más frío el compresor rendirá menos, dando solamente por ejemplo 3000 Fg/h, esto quiere decir que es un **compresor de rendimiento variable**, adaptándose a las necesidades ambientales.

La diferencia del sistema de control, para el resto de equipos que utilizan exclusivamente el termostato como dispositivo de control de temperatura, produciéndose lo que se llama sistema (todo o nada), es decir, que el equipo está funcionando al 100 % de sus posibilidades o está parado, no existiendo en este caso opción intermedia.

Con el **sistema Inverter** se consiguen unas temperaturas similares, y sin variaciones de temperatura apreciables en comparación con el resto de equipos. El principio del funcionamiento se basa en que para regular la capacidad de la instalación, se necesita un control de frecuencia con el fin de poder variar la velocidad de rotación del compresor.

El suministro eléctrico proveniente de la red con la que se alimenta el aparato, se convierte en fuente de energía corriente continua. La fuente de energía de corriente continua se reconvierte en fuente de energía de alterna trifásica con frecuencia variable.

Si la frecuencia aumenta, la velocidad de rotación del compresor sube, lo que a su vez produce un aumento de circulación de refrigerante, consiguiendo un mayor intercambio de calor. Cuando la frecuencia

disminuye, la velocidad de rotación del compresor baja, lo que a su vez produce una reducción de la circulación de refrigerante, consiguiéndose un **menor intercambio de calor**.

Debido a que el funcionamiento de estos sistemas varía con respecto a los empleados en los aparatos convencionales y su participación en el mercado es cada vez mayor, se está confeccionando un tomo que tratará exclusivamente sobre el funcionamiento y detección de averías en este tipo de instalaciones.

Otros Aspectos:El **Compresor de aire acondicionado inverter** se compone de dos cámaras de compresión fijas. Consta de un rodillo excéntrico para comprimir el líquido en cada cámara. Los dos rodillos están montados sobre el mismo eje y están diametralmente opuestos. Esta



configuración permite un perfecto equilibrio de las tensiones aplicadas sobre los ejes lo cual evita las vibraciones, que prácticamente desaparecen.

La reducción de las vibraciones disminuye el ruido y hace que la vida del compresor aumente.

Además, la fuerza de contacto

entre el rodillo y la pared es menor, reduciéndose la fricción, lo cual mejora automáticamente el rendimiento de este compresor. Como consecuencia de lo anteriormente descrito, utilizan cojinetes más pequeños y disminuye de la necesidad de lubricación, asimismo se obtiene una reducción del peso y todo esto hace que este tipo de compresores sean particularmente adecuados para funcionamientos a muy baja velocidad.

Los rendimientos de un compresor inverter son excepcionales, por encima de la media del 50% en comparación con compresores tipo scroll o centrífugo. La diferencia es aún más importante si trabajan a carga parcial.

Ventajas Inverter: Los expertos comparten sus apreciaciones frente a una tecnología que ofrece beneficios en desempeño y confort y de paso aporta al ahorro energético.

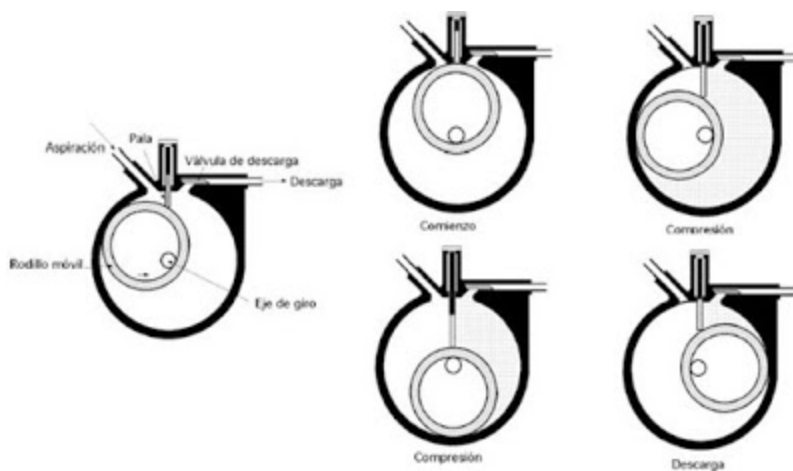
COMPRESOR ROTATIVO: Excéntrica o Rodillo

- **Compresor de Excéntrica o Rodillo:**

El compresor de rodillo emplea como su propio nombre indica un rodillo cilíndrico de acero, que rota sobre una flecha excéntrica acoplada concéntricamente en un rodillo.

Debido a la excentricidad de la flecha, el anillo cilíndrico es excéntrico con el cilindro y toca la pared de éste en el punto de claro mínimo. Si rota la flecha, el rodillo se desliza alrededor de la pared del cilindro, en contacto con la pared y en el mismo sentido de la rotación de la flecha. Una hoja empujada por un resorte, montada en una ranura de la pared del cilindro, hace contacto fuertemente con el rodillo en todo momento. La hoja se mueve hacia dentro y hacia fuera del entalle del cilindro, siguiendo el rodillo conforme gira éste alrededor de la pared del cilindro.

La forma de comprimir el vapor de refrigerante, sigue los pasos que se muestran en las siguientes figuras.



COMPRESOR ROTATIVO: PALETAS

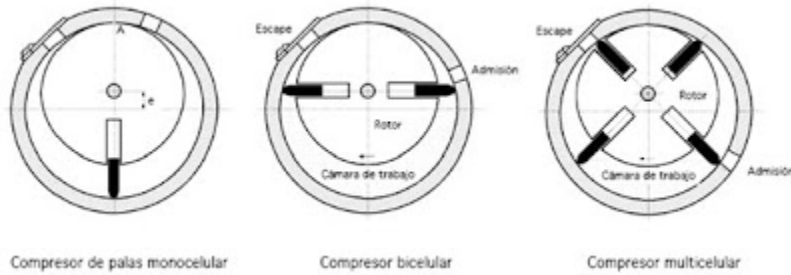
Los compresores rotativos pueden tener dos mecanismos de acción, con paletas o de excéntrica, también llamados de rodillo. En los compresores de paletas y de rodillo, la compresión se produce por la disminución del volumen resultante entre la carcasa y el elemento rotativo, cuyo eje no coincide con el eje de la carcasa (ejes excéntricos). En estos compresores rotativos no son obligatorias válvulas de admisión, ya que como el gas entra de forma incesante en el compresor la pulsación de gas es mínima.

- **Compresor de Paletas:**

Para éste tipo de compresor el eje motor es excéntrico respecto al eje del estator y concéntrico respecto al eje del rotor. El rotor gira deslizando sobre el estator, con cinemática plana (radial), en forma excéntrica respecto a la superficie cilíndrica interior del estator, estableciéndose un contacto que en el estator tiene lugar sobre una única generatriz, mientras que en el rotor tiene lugar a lo largo de todas sus generatrices.

El rotor es un cilindro hueco con estrías radiales en las que las palas están sometidas a un movimiento de vaivén, (desplazadores). Al producirse una fuerza centrífuga, las palas (1 ó más) comprimen y ajustan sus extremos libres deslizantes a la superficie interior del estator, al tiempo que los extremos interiores de dichas palas se desplazan respecto al eje de giro.

La admisión del vapor se genera mediante la lumbrera de admisión y el escape a través de la válvula de escape. El vapor rellena el espacio comprendido entre dos palas vecinas y las superficies correspondientes del estator y del rotor (cámara de trabajo), cuyo volumen aumenta durante el giro del rotor hasta adquirir un valor máximo, y después se cierra y transporta a la cavidad de impulsión del compresor, comenzando al mismo tiempo el desalojo del vapor de la cámara de trabajo.



El funcionamiento del compresor de una pala es similar al del compresor de rodillo, siendo equivalente el volumen desplazado, que se puede incrementar añadiendo más palas o aumentando la excentricidad (e).

La situación de la **lumbrera de admisión** en el estator, para una posición fija de la generatriz de contacto (rotor-estator), se determina de forma que el rendimiento volumétrico no disminuya excesivamente, así se puede conseguir en el compresor un volumen desplazado máximo; todo ello implica que hay que situar la lumbrera de forma que el espacio comprendido entre dos palas consecutivas sea el máximo posible, en el momento en que la segunda pala termine de franquear dicha lumbrera; a continuación este lugar físico en su giro hacia la válvula de escape se contrae, procediendo a la compresión del vapor hasta conseguir la presión de salida, momento en que se genera el escape a través de la válvula correspondiente.

En el **compresor monocelular (una pala)**, la colocación de la lumbrera de admisión tiene que estar lo más cerca posible de la generatriz A de contacto (rotor-estator), siendo el desplazamiento teórico (cámara de trabajo) idéntico al de un compresor de rodillo.

En el **compresor bicelular (dos palas)**, la colocación de la lumbrera de admisión está indicada a casi 90° respecto al escape, siendo el volumen teórico desplazado (cámara de trabajo) proporcional a dos veces el área sombreada, que es la máxima que geoméricamente se puede conseguir.

En el **compresor multicelular, (cuatro o más palas)**, la posición de la lumbrera de admisión está a casi 180° respecto al escape, siendo el volumen teórico desplazado proporcional a cuatro veces el área sombreada, que es la máxima que se puede obtener. Podemos observar que el desplazamiento crece con el número de palas (2, 4... veces el área sombreada), llegándose a construir compresores con 6, 8 y hasta 10 palas; con compresores de más de 10 palas no se conciben ganancias sensibles en el volumen desplazado.

El volumen desplazado asciende aumentando la excentricidad e (disminuyendo el diámetro d); este procedimiento genera un aumento de la fuerza centrífuga a la que están sometidas las palas, ocasionando una fricción excesiva entre éstas y el estator, con su consiguiente deterioro y desgaste.

Otro procedimiento consiste en incrementar el número de palas que permite restringir la excentricidad y los efectos perjudiciales de la fuerza centrífuga.



Funcionamiento del compresor multicelular

Tiene un buen **rendimiento volumétrico**, debido a que no existe expansión del vapor entre las presiones de salida y entrada, por lo que a bajas presiones de aspiración pueden funcionar de forma más eficiente que los alternativos. El **rendimiento mecánico** tiene un valor análogo a los que se presentan en los compresores alternativos.

Campo de utilización: en función de la magnitud del volumen de vapor (o gas) desplazado y su elevado rendimiento a bajas presiones de aspiración,

les hace útiles en acondicionadores de aire e industrialmente como compresores booster en circuitos de compresión escalonada. Por razones constructivas, raramente trabajan por encima de, $3/5 \text{ kg/cm}^2$, no sobrepasando relaciones de compresión mayores de 7.

Ventajas del compresor de paletas

- Máquinas poco ruidosas.
- No necesitan válvula de admisión por lo que el vapor aspirado entra de manera continua.
- No existen espacios muertos perjudiciales.
- Rendimientos volumétricos muy altos.

Inconvenientes del compresor de paletas

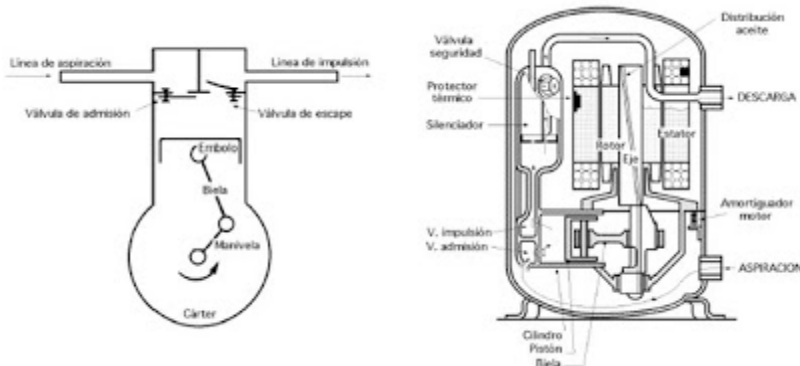
- Su fabricación exige una gran precisión.

COMPRESOR ALTERNATIVO CONTINUACIÓN

- **Por la estanqueidad del sistema biela-manivela (Cárter cerrado o abierto)**

El dispositivo de compresión consta primordialmente de un cilindro (parte fija) y un émbolo (parte móvil) que se desliza interiormente por el primero, es movido por un motor a través de una biela, que produce sobre el émbolo un movimiento alternativo. El émbolo absorbe, comprime, y expulsa el gas a través de las válvulas de admisión y escape.

Los segmentos colocados en el émbolo proporcionan la estanqueidad entre éste y el cilindro, separando la alta presión imperante en el interior del cilindro, de la parte de baja presión imperante en el cárter.

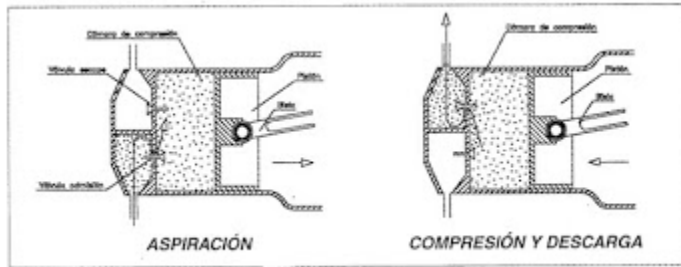


En el caso de compresores pequeños en lugar de segmentos se utilizan pistones con ranuras, que aseguran la estanqueidad por las importantes pérdidas de carga que sufre el gas al atravesarlas. A esta estanqueidad también colabora la película creada por el aceite de lubricación.

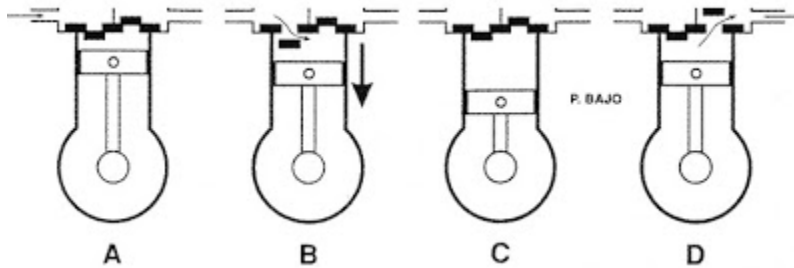
El émbolo o pistón es el componente del compresor que reduce el volumen de gas contenido en el cilindro; y el movimiento descrito por el pistón es alternativo, nombre que reciben este tipo de compresores.

El motor que acciona la biela es un motor eléctrico de inducción (monofásico o trifásico), con el rotor en jaula de ardilla, y amortiguado su movimiento a través de muelles. La carcasa inferior es el cárter del motor, admitiendo el aceite necesario para su lubricación. Todo el conjunto queda encerrado en una carcasa metálica formada por dos piezas de acero embutido y soldado por la zona de cierre, por lo que se denominan compresores de tipo hermético.

Al girar el eje del motor un depósito situado en la parte inferior del mismo, recoge el aceite durante el giro, y por efecto de la fuerza centrífuga, lo hace subir hacia arriba a través de una conducción existente en el interior de dicho eje; este aceite sale por la parte superior del eje bañando las diferentes partes del compresor.



Fases de funcionamiento:



El líquido refrigerante, entra en el compresor a través del conducto de aspiración, a una temperatura más o menos fresca ya que los gases provienen del evaporador, y transita las diferentes partes del compresor hasta que entra en la cámara de compresión a través de la válvula de admisión, por lo que hace el efecto de refrigerar el compresor.

Si no se produjese así, en la parte con más temperatura del compresor (parte superior) se alcanzarán temperaturas muy elevadas. Por ello se construyen este tipo de compresores de tal manera que prácticamente todas las partes del compresor están comunicadas con la aspiración. Si ya se ha comprimido el refrigerante, sale de la cámara de compresión a través de la válvula de escape a otra cámara que hace efecto de silenciador de descarga, para insonorizar el compresor y evitar al mismo tiempo cualquier tipo de vibraciones que se pudieran ocasionar en la descarga del refrigerante. Con la cámara silenciadora, se coloca una válvula de seguridad, ya que la presión en el interior de esta cámara, es la presión de alta del circuito.

Es comprometedor inclinar o tumbar la unidad condensadora, donde va alojado el compresor, ya que el aceite podría salirse a través del conducto de aspiración, lo que provocaría el agarrotamiento del mecanismo de

transmisión del motor, con su posterior quemado de las bobinas, o la pérdida de rendimiento de la máquina, al ser una mezcla de aceite y refrigerante lo que circula por el circuito frigorífico de la misma. En este caso conviene dejar la unidad en su posición normal (12 horas aproximadamente) para que por la gravedad el aceite retorne al cárter del compresor.

Los parámetros que caracterizan a un compresor alternativo son, el número de cilindros, diámetro y carrera de los mismos, velocidad de rotación, relación de compresión y rendimiento volumétrico.

Ventajas del compresor alternativo:

- Precio hasta un 50% más barato que su equivalente en compresor de tornillo.
- Mejor COP a cargas parciales.
- Mantenimiento sencillo y conocido por prácticamente todo el personal mecánico.
- Sigue siendo el compresor que más se emplea en el frío comercial.

Inconvenientes del compresor alternativo:

- Regulación de capacidad por etapas.
- Frecuentes mantenimientos
- Temperaturas de descarga más elevadas lo que implica más consumo de aceite.

COMPRESOR ALTERNATIVO

A continuación se darán a conocer una clasificación de los diferentes tipos de compresores alternativos que podemos encontrar en el mercado, así como sus características y funcionalidades:

- **Por la dirección (Horizontales, verticales y radiales)**

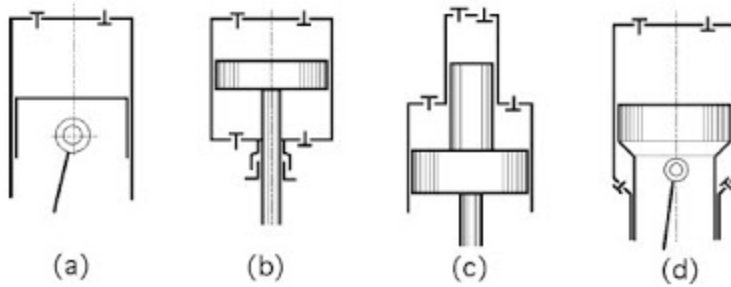
Los primeros compresores de refrigeración se diseñaron siguiendo el estilo general de los motores de vapor, es decir, con un patrón horizontal de doble efecto. Estos compresores tenían la ventaja de que se colocaban cerca del suelo y eran accesibles, pero requerían una gran cantidad de espacio y un soporte muy pesado, además de disponer de un cilindro de gran diámetro y una carrera larga.

Posteriormente en un intento de remediar las desventajas del primer compresor, se optó por colocarlo de modo que se sostuviera a sobre un par de armazones en A, pero debido al peso en la parte superior se decidió mejorarlo por un compresor vertical, de modo que el cárter del cigüeñal actuaba como base, daba soporte a los cilindros y a los cojinetes principales y actuaba como depósito de aceite.

- **Por el número de caras activas (Simple y doble efecto)**

DE SIMPLE EFECTO: Cuando un pistón es de simple efecto, trabaja sobre una sola cara del mismo, que está dirigida hacia la cabeza del cilindro. La cantidad de aire desplazado es igual a la carrera por la sección del pistón. **(Figura A)**

DE DOBLE EFECTO: El pistón de doble efecto trabaja sobre sus dos caras y concreta dos cámaras de compresión en el cilindro. El volumen engendrado es igual a dos veces el producto de la sección del pistón por la carrera. Hay que tener en cuenta el vástago, que ocupa un espacio innegablemente no disponible para el aire y, en consecuencia, los volúmenes creados por las dos caras del pistón no son iguales. **(Figura B)**



Por el número de etapas de

compresión (Compresión simple o múltiple)

COMPRESOR SIMPLE: Se compone básicamente de un cárter con cigüeñal, pistón y cilindro. Para su refrigeración llevan en la parte exterior, aletas que evacuan el calor por radiación y convección; se utilizan en aplicaciones en donde el caudal está limitado y en condiciones de servicio intermitente, ya que son compresores de pequeñas potencias.

COMPRESOR DE ETAPAS MÚLTIPLES: Se componen de elementos superpuestos de diámetros diferentes, que se desplazan en cilindros concéntricos. El pistón de mayor diámetro puede trabajar a simple o doble efecto, pero los otros pistones no porque lo harán en simple efecto. Esta disposición es enormemente utilizada por los compresores de alta presión. **(Figura C)**

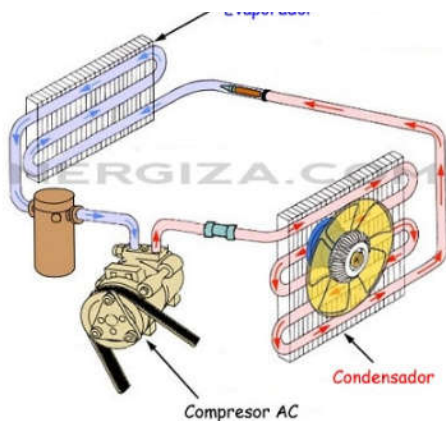
DE PISTÓN DIFERENCIAL: El pistón diferencial es aquel que trabaja a doble efecto, pero con diámetros diferentes, para conseguir la compresión en dos etapas. Su utilidad viene limitada y dada la posición de los pistones está cayendo en desuso. **(Figura D)**

El poderoso Compresor BLDC de los aires acondicionados LG



Los **aires acondicionados LG Inverter** viene con un **compresor BLDC**, El cual utiliza un poderoso magneto de neodimio, el cual es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es Nd y su número atómico es 60.

Este compresor ha mejorado la eficiencia, en comparación con un **aire acondicionado Inverter** estándar, la función de este compresor es mejorar de forma sustancial la eficiencia en comparación con la tecnología AC Inverter, mejorando el rendimiento del motor.



Una Nota: El Compresor en un vehículo

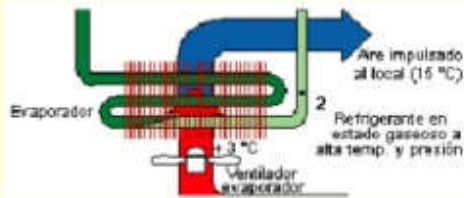
El compresor de un equipo de aire acondicionado doméstico normalmente es eléctrico, por lo tanto lo conectamos a la red y punto. En un coche no hay red eléctrica así que el compresor en vez de contar con un motor eléctrico va unido al motor de combustión a través de un sistema de poleas que se puede engranar/desengranar

El Evaporador

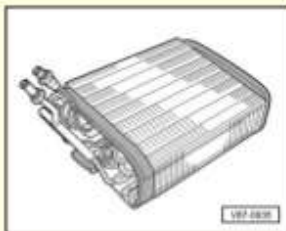
Se conoce por **evaporador** al **intercambiador de calor** donde se produce la transferencia de **energía térmica** desde un medio a ser enfriado hacia el fluido **refrigerante** que circula en el interior del dispositivo. Su nombre proviene del **cambio de estado** sufrido por el refrigerante al recibir esta energía, luego de una brusca expansión que reduce su **temperatura**. Durante el proceso de **evaporación**, el fluido pasa del estado líquido al **gaseoso**.



EVAPORADOR

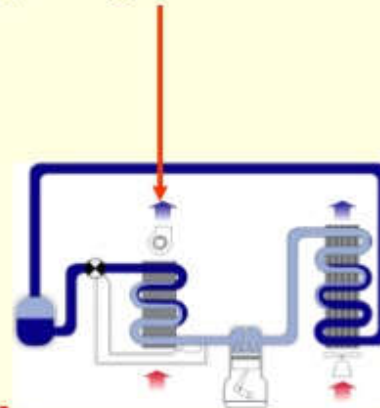


EVAPORADOR DE AIRES ACONDICIONADOS DOMESTICOS



EVAPORADOR DE AIRES ACONDICIONADOS AUTOMOTRICES

El evaporador es donde se extrae calor al recinto, realizando un intercambio termodinámico realizando un cambio de estado líquido al gaseoso



La válvula de expansión estrangula el gas de alta presión a baja presión para su entrada al evaporador.

Los evaporadores se encuentran en todos los sistemas de refrigeración como neveras, equipos de [aire acondicionado](#) y [cámaras frigoríficas](#). Su diseño, tamaño y capacidad depende de la aplicación y [carga térmica](#) de cada uso.

Los Refrigerantes:

Se denomina **refrigerante** o **fluido frigorígeno** al utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a baja temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.

Características de los Refrigerantes:

En principio, podría ser refrigerante cualquier sustancia que cambie de fase de líquido a vapor a una temperatura baja, en función de las condiciones de presión, pero para su utilización en un ciclo de refrigeración por compresión, debe tener la mayoría de las siguientes características.

Características que afectan al rendimiento

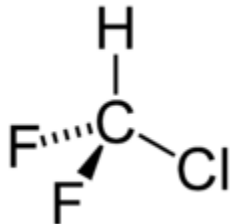
- **Presión de evaporación** superior a la atmosférica para evitar infiltraciones de aire en el sistema.
- **Presión de descarga** no muy alta. Para evitar la necesidad de un equipo robusto, y desde luego por debajo de la [presión crítica](#).
- **Relación de compresión** baja. La potencia del compresor aumenta con la relación de compresión.
- **Temperatura de descarga** no muy alta. Para evitar la descomposición del aceite lubricante o del refrigerante o la formación de contaminantes.
- **Calor latente** de vaporización lo más alto posible. Cuanto mayor, mejor producción frigorífica específica y menor caudal másico.
- **Temperatura de ebullición**, por debajo de la temperatura ambiente a presión atmosférica, fácilmente controlable y por encima de la temperatura de congelación.
- **Volumen específico**.- Debe ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y en el desplazamiento de compresor
- **Calor específico**. Debe ser lo más alto posible en el vapor, para que absorba una gran cantidad de calor y lo más bajo posible en estado líquido para reducir el vapor en la vaporización súbita
- **Punto de congelación**. Debe ser inferior a la temperatura mínima del sistema, para evitar congelamientos en el evaporador.
- **Densidad**. Debe ser elevada para requerir pequeñas dimensiones en las líneas líquido.

Características de seguridad

- **Estabilidad química** dentro de la gama de temperaturas de trabajo.
- **Inactividad química**: que no reaccione con ninguno de los materiales con los que pueda tener contacto.
- No deben ser líquidos **inflamables, corrosivos ni tóxicos**.

- Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser **miscibles** en fase líquida y no nocivos con el aceite.
- **No tendencia a las fugas**. Los refrigerantes con bajo peso molecular escapan con mayor facilidad.
- Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser **buenos dieléctricos**, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

• El R-22



El **R-22** o **clorodifluorometano** es un gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración, en principio por su bajo punto de fusión, (-157°C).

- Densidad tres veces la del aire; en estado líquido 1,2 veces la del agua.
- A 20°C tiene una presión de saturación de 9,1 bares (dato importante para el trabajo en las instalaciones de refrigeración, pues una medida esencial que es la presión del circuito, depende de la temperatura ambiente).

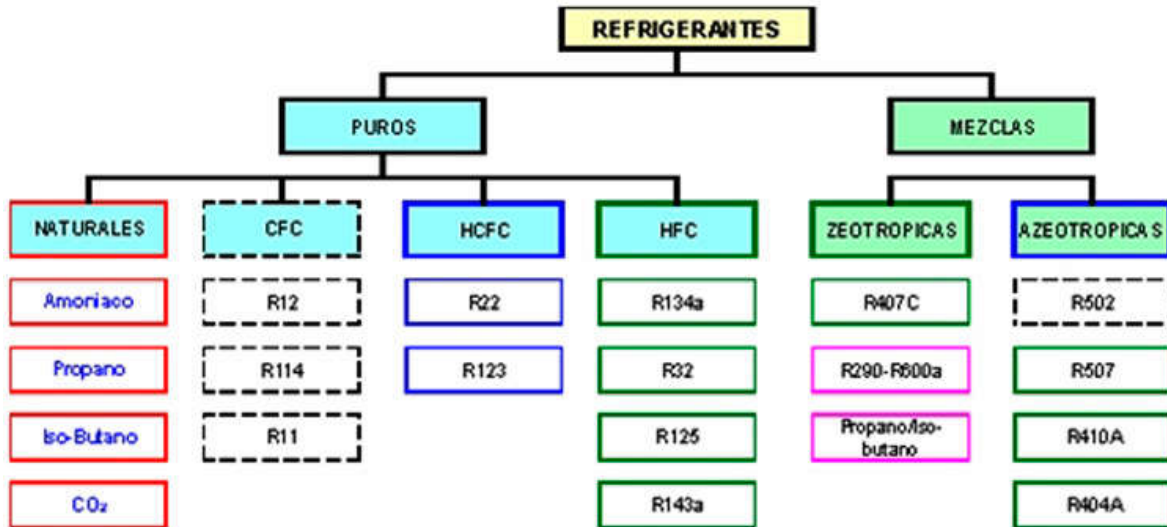
El R-22 era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas, aunque está prohibido su distribución por ser altamente perjudicial para la capa de ozono. Actualmente ha sido sustituido por el R-407C o más modernamente por el R-410A.

Los sustitutos del R-22 cumplen ciertas características:

- No dañan la capa de ozono
- Ayudan al efecto invernadero
- No son tóxicos ni inflamables
- Son estables en condiciones normales de presión y temperatura
- Son eficientes energéticamente

Existen diferentes tipos de gas refrigerante utilizados en aire acondicionado y sistemas de refrigeración entre ellos:

podemos encontrar:



(Haga control click sobre ellos para más detalles)

- El [agua](#).
- El [amoniaco](#) o R717.
- El [glicol](#)
- R11.
- R12.
- [R22](#).
- [R23](#).
- [R32](#).
- [R123](#).
- [R124](#).
- [R134a](#).
- [R502](#).
- [R404](#).
- [R407C](#).
- [R410A](#).
- [R507](#).
- [R517](#).
- [R600a](#).

-Los Más Comunes:

El gas refrigerante R22:

Es el más común utilizado en nuestro país en aire acondicionado, es contaminante de la capa de ozono, en países europeos el uso de gas refrigerante R22 está prohibido. El R22 Es un gas algo menos

contaminante que el R12 un 94% menos destructor de la capa de OZONO, pero igualmente prohibido al contener cloro y producir el efecto invernadero. El R22 hierve a presión atmosférica, con una temperatura de -40°C , y utiliza aceite mineral.

El gas refrigerante R12:

Utilizado en heladeras familiares, cámaras frigoríficas y sistemas de frío, también está prohibido en países europeos por ser contaminante.

El gas refrigerante R502:

Utilizado en la industria frigorífica en general también está prohibido en países europeos por ser contaminante de la capa de ozono. Tenemos sustitutos para estos gases de los llamados gases ecológicos no dañan la capa de ozono pero contienen metano que causa efecto invernadero, en países europeos está obligada la recuperación de todos los gases para su destrucción.

El gas refrigerante R134a:

Es el sustituto del gas refrigerante R12 sin contener un solo átomo de cloro.

El gas refrigerante R404a:

Utilizado en máquinas de hielo y expositores de supermercados sustituto del gas refrigerante R502

Condensador;

El condensador es fundamental en la industria de la refrigeración para poner en marcha cualquier aire acondicionado. Facilita la condensación a través del uso de un ventilador o con un circuito cerrado de agua. Y gracias a estos elementos se produce el enfriamiento.

¿Qué función cumple el condensador de aire acondicionado?

¿Qué función cumple el condensador de aire acondicionado? El vapor **refrigerante** se comprime en el compresor. Cuando llega al condensador en forma de vapor, con una presión bastante elevada, se produce el intercambio de temperatura. De esta forma el calor refrigerante que absorbió el evaporador se desecha al medio ambiente. Llegados a este punto el condensador tiene que pasar el refrigerante de vapor por un líquido saturado para que se mantenga siempre en este estado. Esta es la función del condensador de aire acondicionado.

El condensador de aire acondicionado además debe cumplir tres puntos realmente importantes para su correcto funcionamiento:

- Contar con una área de intercambio lo suficientemente grande
- Tener una caída de presión mínima
- La transferencia de calor debe de realizarse de forma fácil y sencilla

FALLOS DEL CONDENSADOR

- daños mecánicos;
- óxido en los componentes metálicos;
- fugas de refrigerante;
- la superficie del componente está contaminada.
-

SÍNTOMAS DE FALLO EN LOS CONDENSADORES

- olor agudo a fluido de trabajo en la cabina;
- elevada humedad;
- ventanillas empapadas;
- el aire acondicionado funciona solo durante la conducción;
- los modos de temperatura no se pueden regular.
-

CAUSAS DE FALLO EN LOS CONDENSADORES

- alta presión del refrigerante;
- despresurización del sistema;
- uso de refrigerante de mala calidad;
- las tuberías están dañadas;
- el vehículo se usa en carreteras de baja calidad;
- impacto de los compuestos químicos;

- sellos y juntas de estanqueidad dañadas o desgastadas;
- bajo nivel de fluido en el sistema.

DIAGNÓSTICO

El condensador está frente al radiador. Es una pieza fácil de romper que consiste en tubos de aluminio fino, de entre 0.5 y 1.5 mm de grosor. Los diagnósticos propios por inspección de la pieza pueden encontrar trazas de corrosión y daños de índole mecánica. También se puede comprobar el estado de las juntas.

Si se tiene un lámpara UV se pueden encontrar fugas de refrigerante. El compuesto químico que se añade se muestra bajo la influencia de los rayos UV.

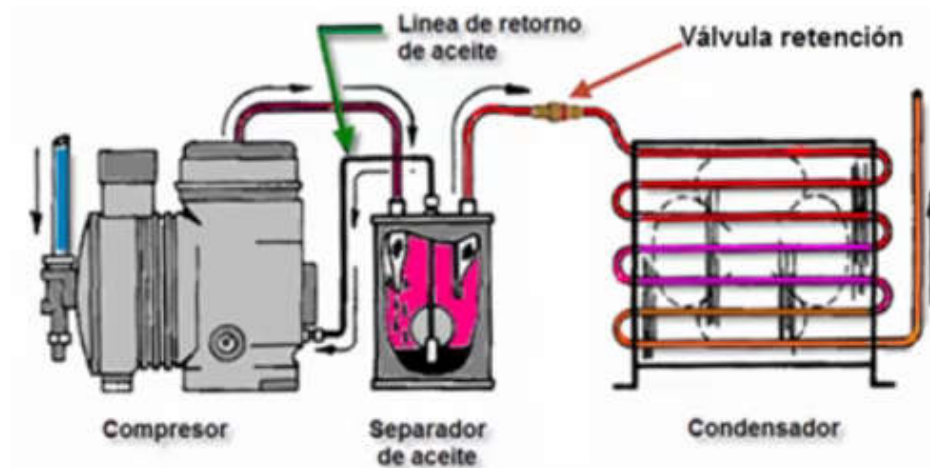
Un diagnóstico más detallado puede hacerse en el taller en las condiciones adecuadas. el condensador sirve por unos tres años cuando se usa apropiadamente. La existencia de condiciones adversas reduce este tiempo considerablemente.

REPARACIÓN DEL CONDENSADOR

Si el condensador se ha ensuciado, lo puede limpiar usted mismo. Para ello, se necesita agua a presión o un cepillo de dureza media. Hay que repetir la limpieza de 1 a 2 veces por mes en la estación templada.

Los condensadores defectuosos no son objeto de reparaciones. Incluso un pequeño accidente puede ser motivo de daños importantes en la pieza. Las medidas para restaurarlo completamente y hacerlo funcionar son inefectivas.

Separador de Aceite en los Sistemas de Refrigeración: Su Función es =



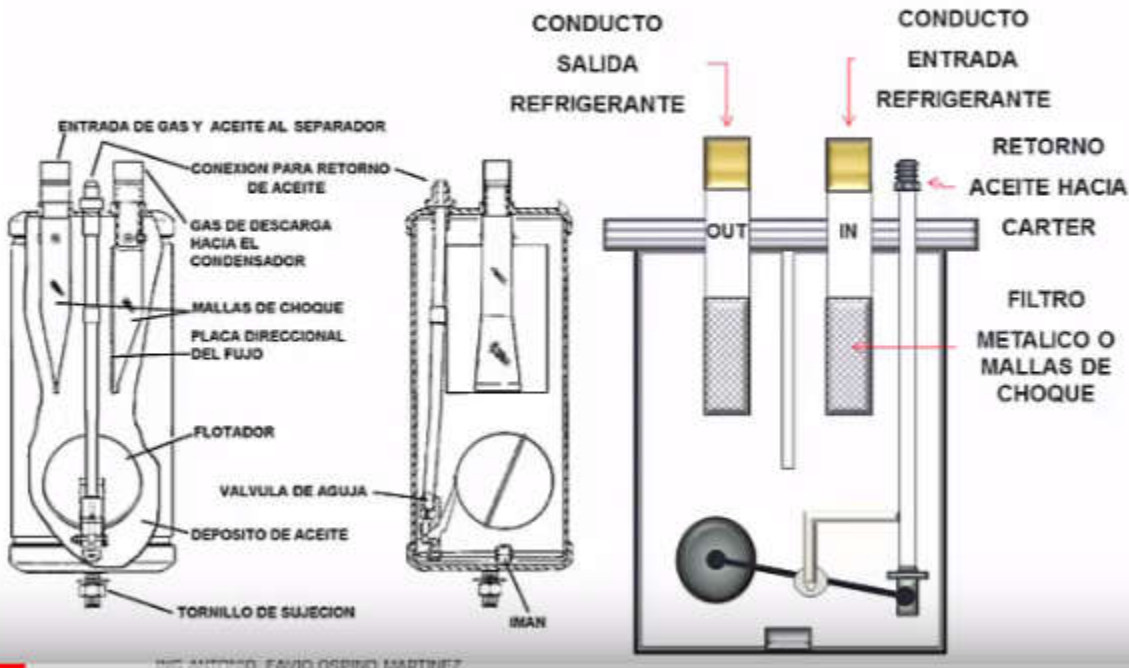
SEPARA EL ACEITE DEL REFRIGERANTE Y LO ENVIA AL CARTER DEL COMPRESOR

FUNCION

CANAL YOUTUBE: ANTONIO OSPINO

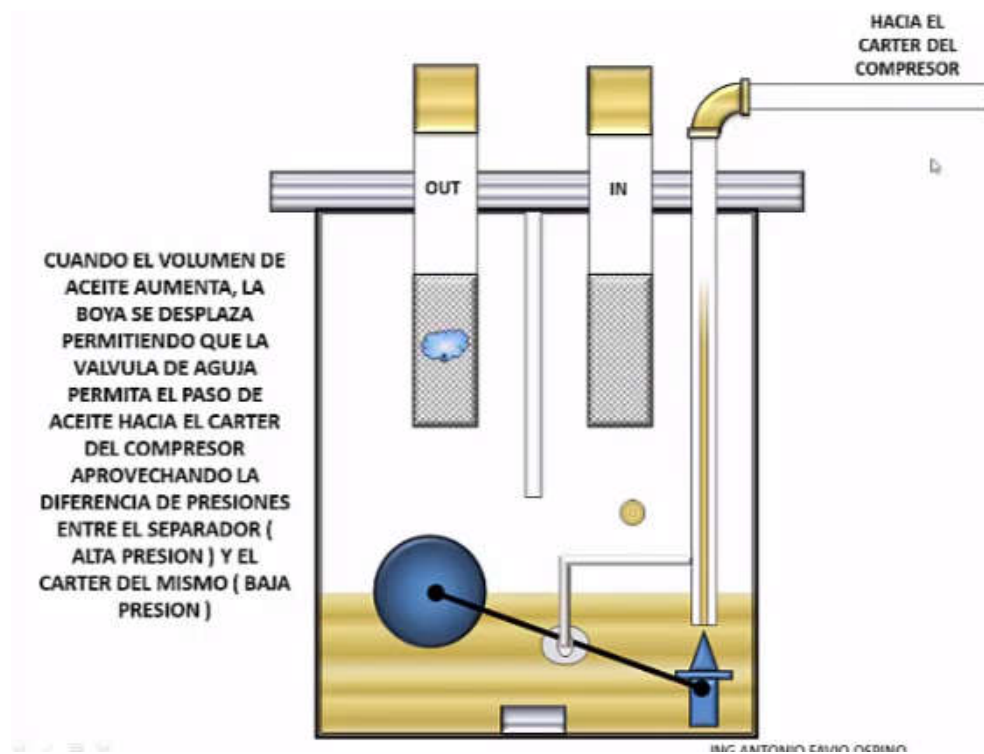
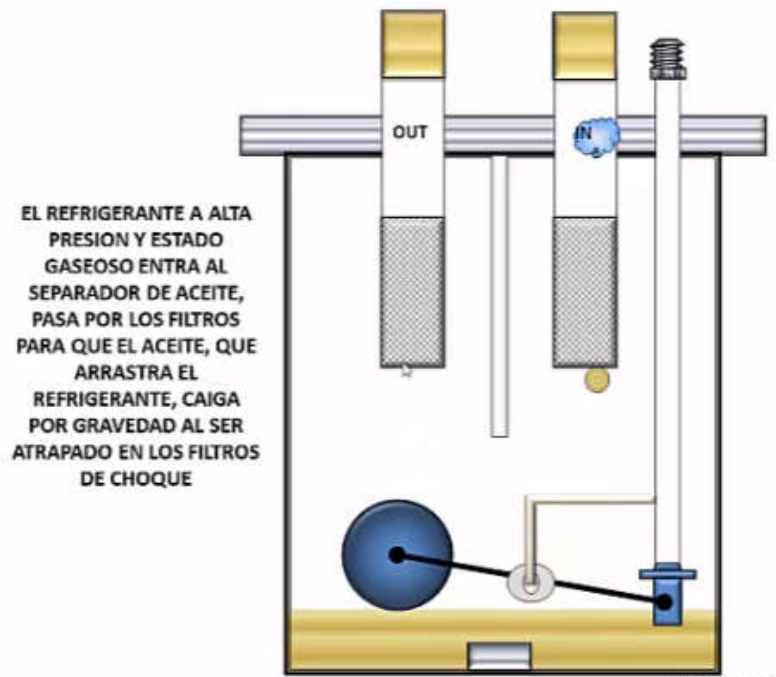
El separador de aceite se emplea para recuperar la mayor cantidad de aceite posible para llevarlo al compresor que es donde es realmente útil. Este artefacto intercepta el aceite mezclado con el refrigerante y en lo posible lo retorna al cárter del compresor, asegurando la disponibilidad del mismo en todo momento, y permitiendo la correcta lubricación de las partes móviles del compresor. En resumen, el empleo de este dispositivo contribuye a:

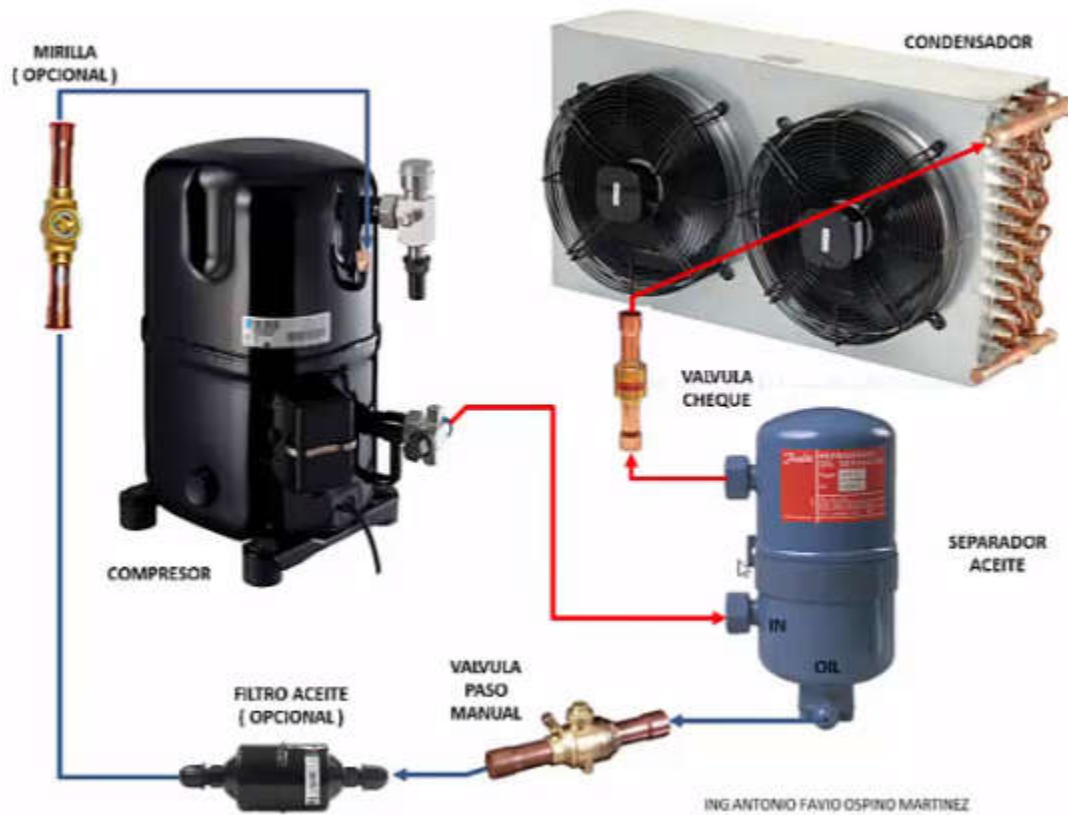
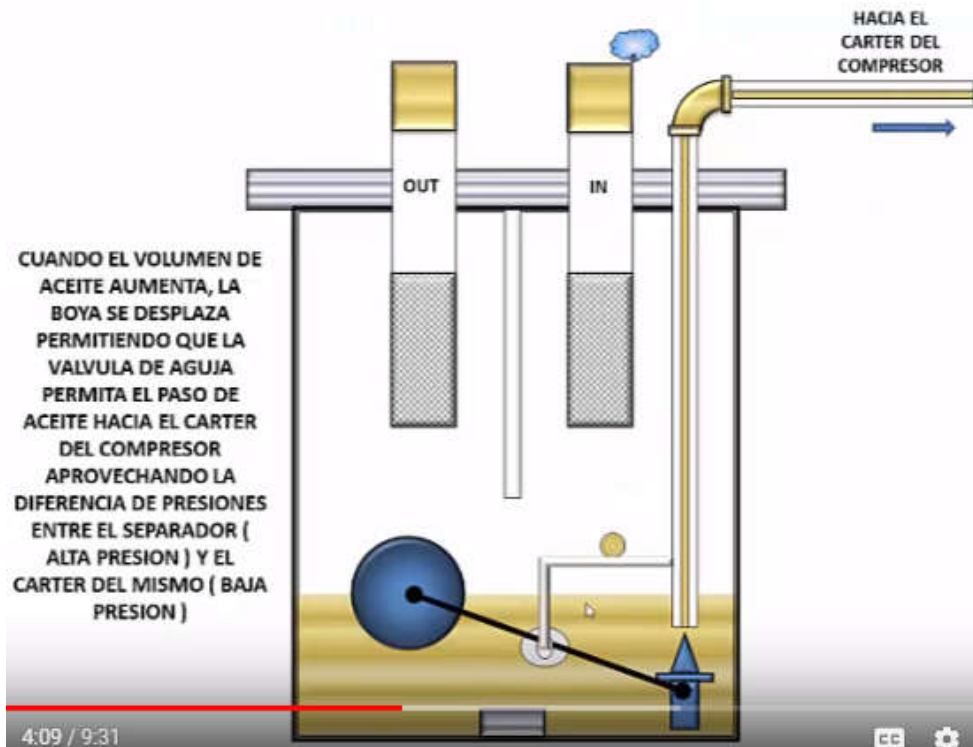
- Mayor vida útil del compresor.
- Mejor lubricación del compresor.
- Un mejor rendimiento del sistema, con un mayor ahorro de energía.
- Una operación del sistema más suave, al reducir el sonido de válvulas y pistones.
- Retorno rápido de aceite al compresor.
- Silenciador de las pulsaciones del gas de descarga del compresor.



Partes y Componentes

Operación:

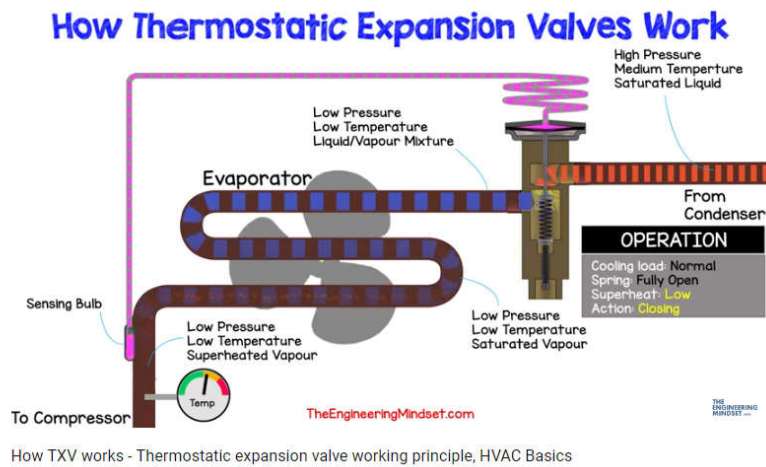




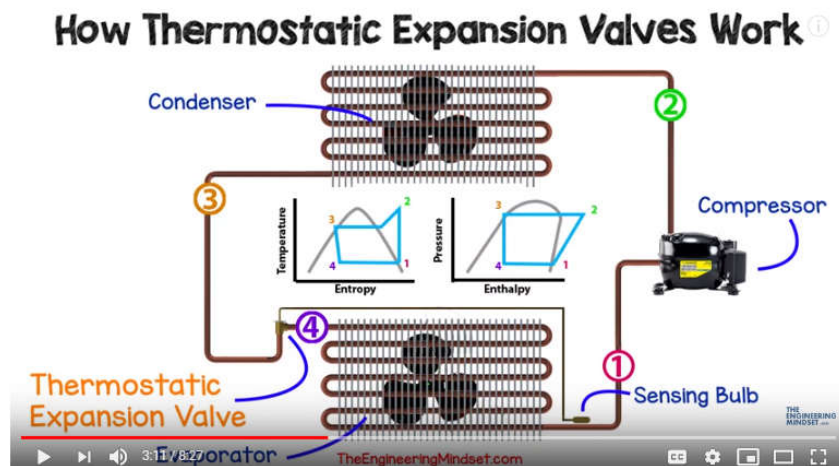
Sistema Completo, incluyendo el Filtro y la Mirilla (Opcionales).

Válvula de Expansión,

Una válvula de expansión termostática (a menudo abreviado como VET o válvula TX en inglés) es un dispositivo de expansión el cual es un componente clave en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema



De acuerdo a la temperatura ambiente, el bulbo sensor enviará una señal de demanda a la válvula para que cierre o abra + o - la entrada de gas al evaporador.



Nótese las gráficas del ciclo de funcionamiento

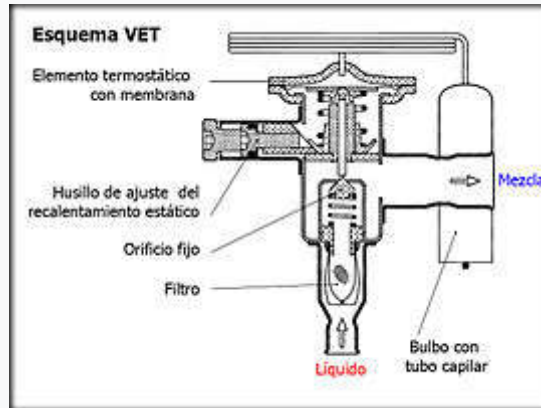


Funciones Válvula de Expansión Termostática (VET) :

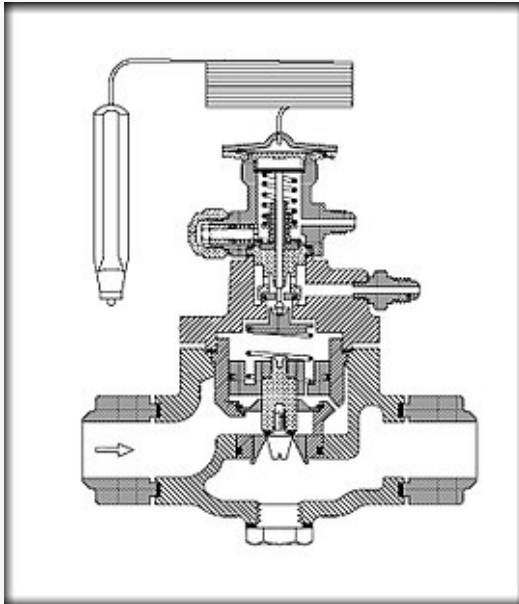
- Reducir la presión y la temperatura de líquido refrigerante.
- Regular la cantidad de refrigerante que entra al evaporador según la demanda de carga térmica.
- Asegurar la existencia de un recalentamiento para evitar la llegada de líquido al compresor.



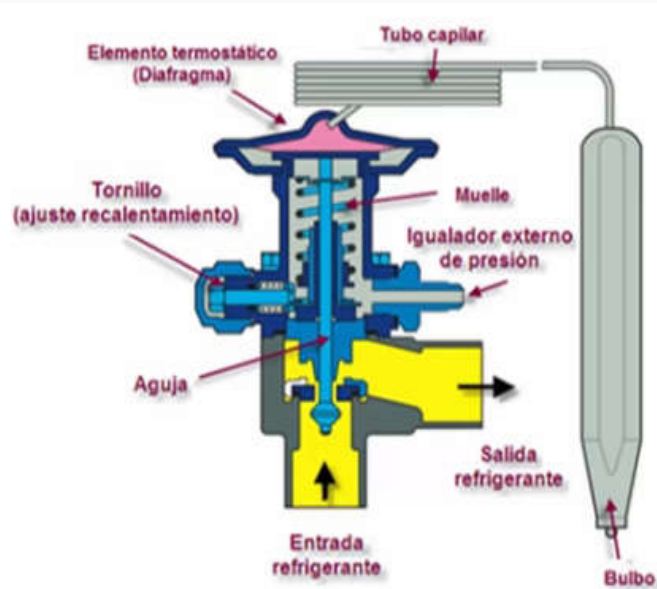
Válvula de expansión termostática (VET) para [R22](#) tipo TEX2 instalada en evaporador frigorífico.



Esquema en corte de una Válvula de expansión termostática con orificio fijo y sin línea de equilibrio de presión externa.

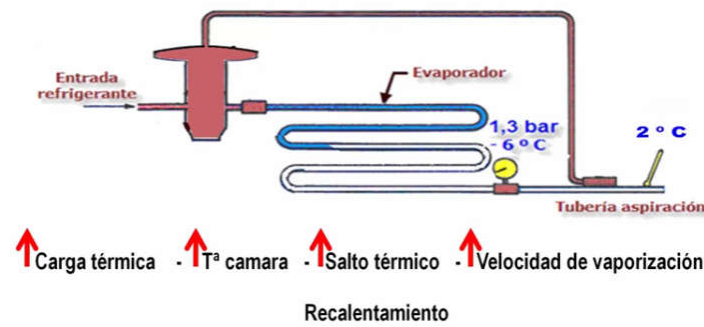
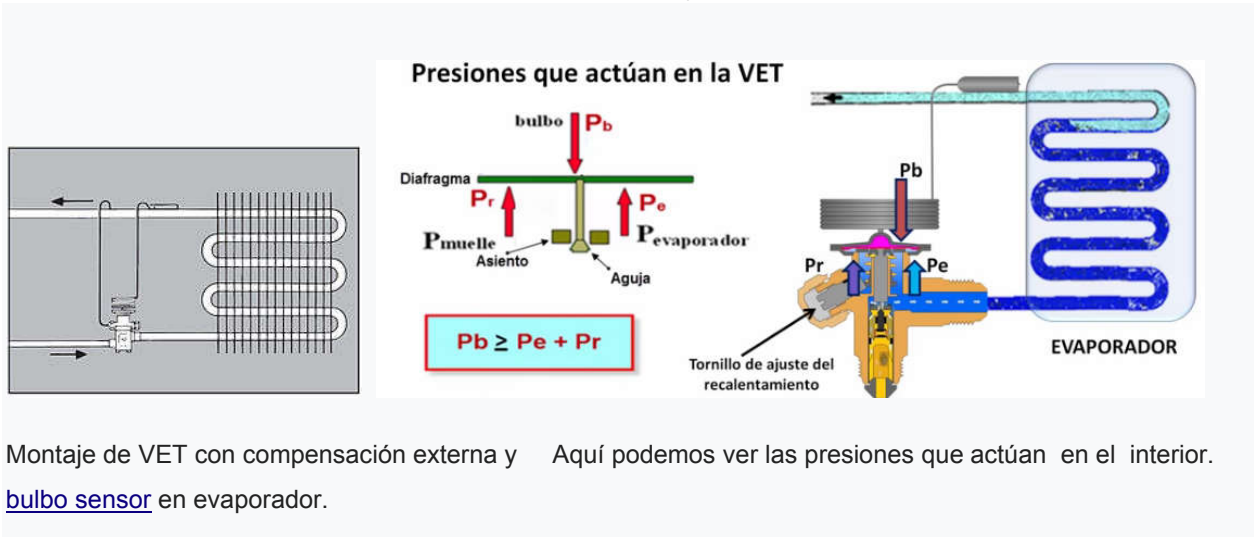


Válvula de expansión termostática modelo PHT para alta presión.

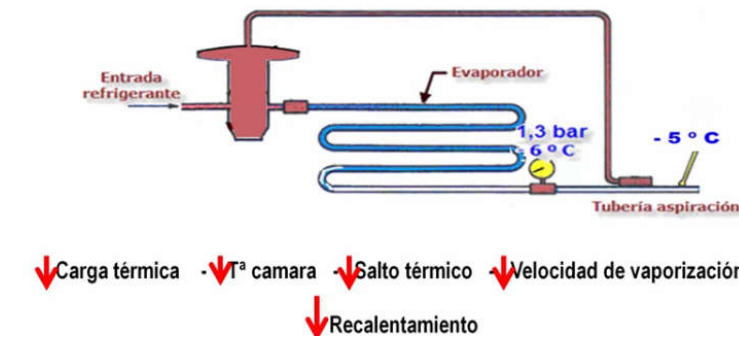


Otro modelo para presiones normales.

- La **válvula de expansión**; Pueden ser de varios tipos : **manual, termostática (VET), electromecánica y automática.**



. Básicamente su misión, en los equipos de **expansión directa** (o seca), se restringe a dos funciones: la de controlar el **caudal de refrigerante** en estado **líquido** que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este. Para realizar este cometido dispone de un **bulbo sensor de temperatura** que se encarga de cerrar o abrir la válvula para así disminuir o aumentar el ingreso de refrigerante y su



consecuente **evaporación** dentro del

evaporador, lo que implica una mayor o menor **temperatura** ambiente, respectivamente. *Si sube la carga térmica o baja, la Válvula se encarga de su regulación.*

Este dispositivo permite mejorar la eficiencia de los **sistemas de refrigeración** y de **aire acondicionado**, ya que regula el **flujo másico** del

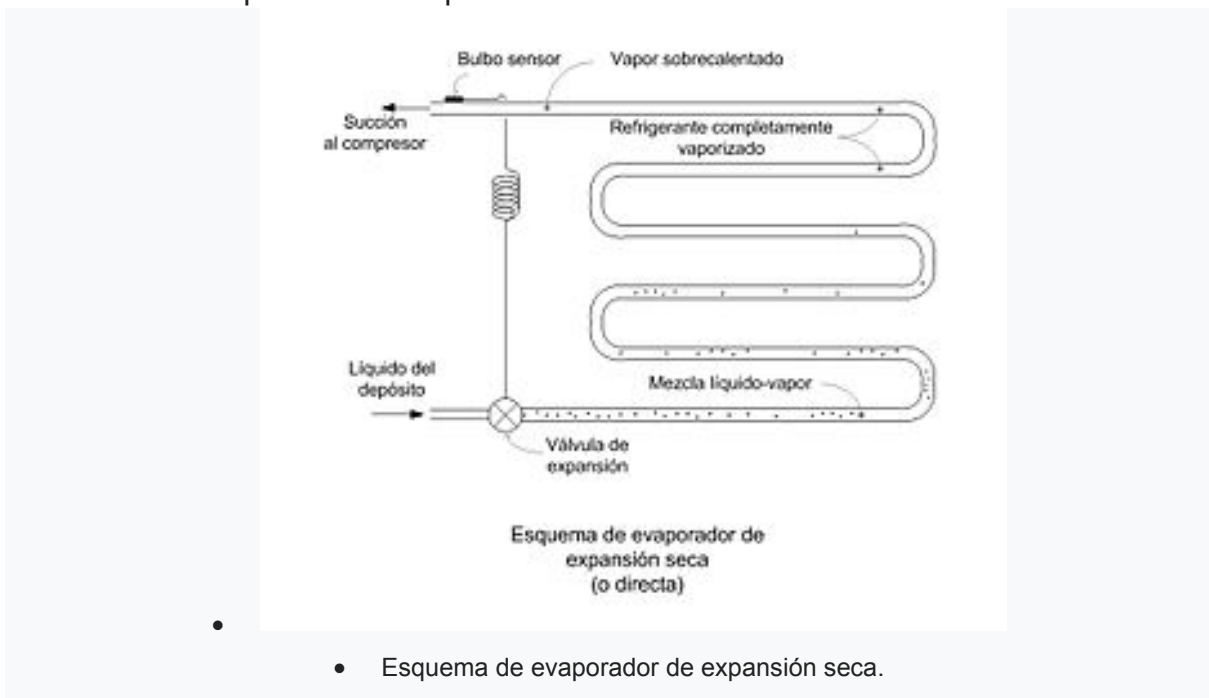
refrigerante en función de la [carga térmica](#). El refrigerante que ingresa al [evaporador de expansión directa](#) lo hace en estado de mezcla líquido/vapor, ya que al salir de la válvula se produce una brusca caída de presión producida por la "*expansión directa*" del líquido refrigerante, lo que provoca un parcial [cambio de estado](#) del fluido a la entrada del evaporador. A este fenómeno producido en válvulas se le conoce como [flash-gas](#).

En refrigeración, se denomina **flash-gas** a la formación de burbujas de gas en la línea del líquido, que viene desde el [condensador](#) hacia el [dispositivo de expansión](#).

Se produce cuando el volumen específico a la presión de trabajo, es inferior al volumen que puede ocupar el gas en el tubo de líquido, se produce entonces una evaporación parcial del [refrigerante](#) ocupando ese espacio.

Esto puede producirse por:

- 1-Insuficiente refrigerante en el circuito.
- 2-Línea de líquido de sección excesiva, o de longitud excesiva.
- Tenemos el Evaporador de Expansión Directa o Seca



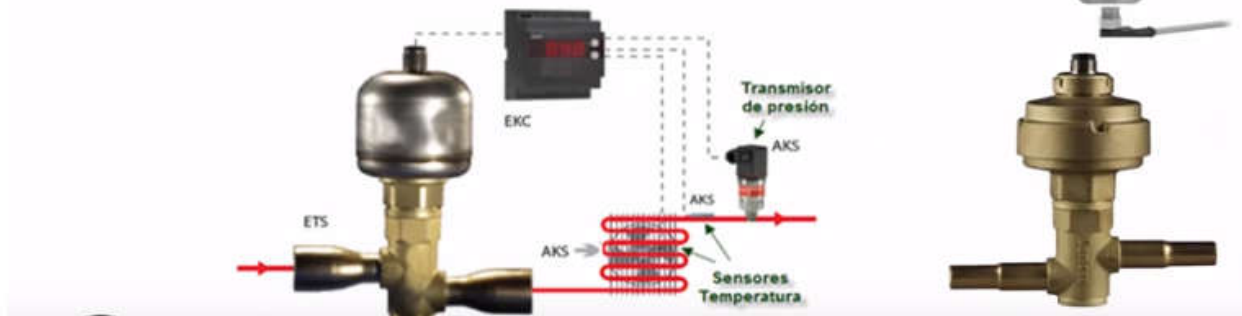
- Esquema de evaporador de expansión seca.
- La **expansión seca** o **expansión directa**- es el método mediante el cual el [flujo másico](#) de [refrigerante](#) suministrado al [evaporador](#) está limitado a la cantidad que pueda [evaporarse](#) completamente en su recorrido hasta el extremo final del evaporador, de tal manera que sólo llegue [vapor](#) a la entrada de succión del [compresor](#). Estos evaporadores son los más comunes en [sistemas frigoríficos](#) y se utilizan mucho en los sistemas de [climatización de verano](#), [refrigeración](#) de media y baja [temperatura](#), pero no son aconsejables en instalaciones de refrigeración de gran tamaño. El [dispositivo de expansión](#) que se utiliza normalmente con este método, para el control de flujo de [refrigerante](#), es una [válvula de expansión termostática](#) o un [tubo capilar](#).
- También existe el evaporador inundado, pero no lo veremos aquí

Tipos Especiales:

1-Válvulas Expansión electrónicas de etapas con modulación electrónica De regulación a Motor Paso a Paso (Ver Motores Paso a Paso, Pág. 31)

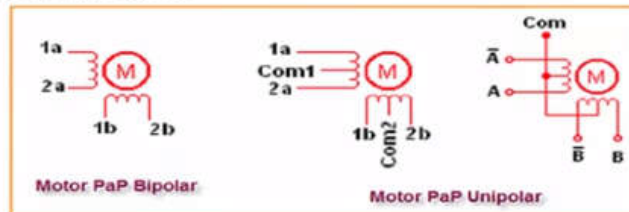
VALVULAS EXPANSIÓN ELECTRÓNICAS MODULANTES o de ETAPAS

- Son reguladores de caudal continuo en ambos sentidos.
- Accionada por un motor Paso a Paso.
- Gobernada por un controlador electrónico



VALVULAS EXPANSIÓN ELECTRÓNICAS MODULANTES o de ETAPAS

- Los Motores PaP se clasifican en dos tipos:
 - Bipolares:
 - Unipolares:

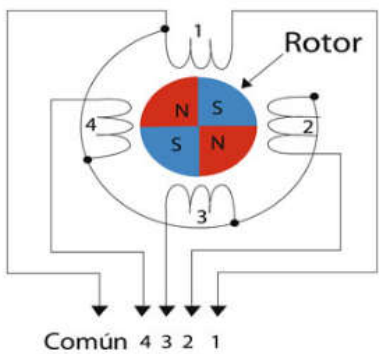


El motor gira a pasos, no continuo, para control preciso del proceso en la entrega o disminución del gas correspondiente en la entrada del Evaporador.

Este proceso es regulado por tres sensores AKS: dos sensores de temperatura en el evaporador y un transmisor de presión en la salida.

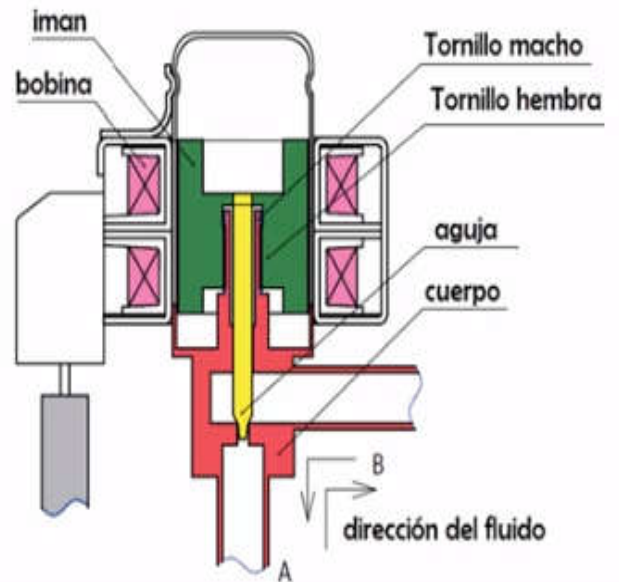
Ventajas de las VEE por etapas frente a las VET

- Utilización óptima del evaporador en cualquier condición de carga.
- Optimización del recalentamiento (unos 2 °C).
- No presentan los problemas de las VEE pulsantes de los golpes de ariete.
- Montaje sencillo y facilidad de puesta en marcha.
- El controlador electrónico incorpora múltiples funciones



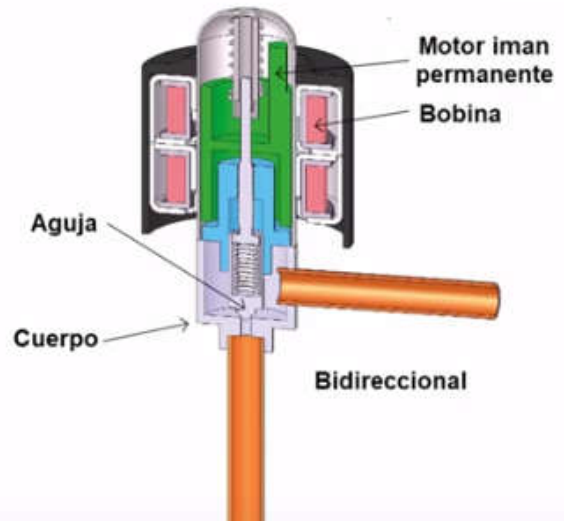
Veamos la Válvula por dentro. Notamos el rotor y el estator del motor paso a paso.

- Constitución:
 - Rotor (con imanes permanentes)
 - Estator (bobinas con varios polos)



La válvula tipo electrónica no usa diafragma, por lo que es mas precisa.

- Constitución:
 - Rotor (con imanes permanentes)
 - Estator (bobinas con varios polos)

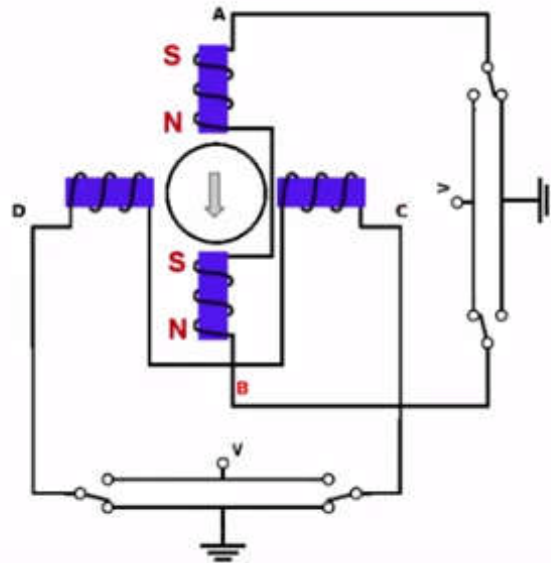


Corte de las Bobinas verticales del motor unipolar paso a paso, de cinco terminales.

Vea la secuencia: 1 AB: **V+V-**; 2 CD: **V+V-**; 3 AB: **V-V+**; 4 CD:**V-V+**

Secuencia para Motor Bipolar

Paso/Terminal	A	B	C	D
1	V+	V-		
2			V+	V-
3	V-	V+		
4			V-	V+

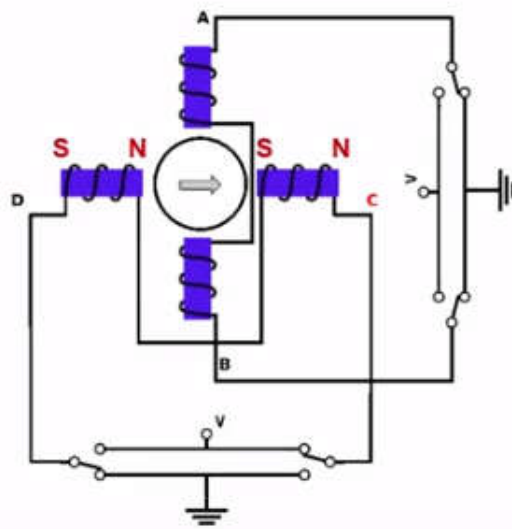


Aquí se activan los bobinados A y B

Motor bipolar con 24 polos. Se muestran solo dos. Vea la secuencia:

Secuencia para Motor Bipolar

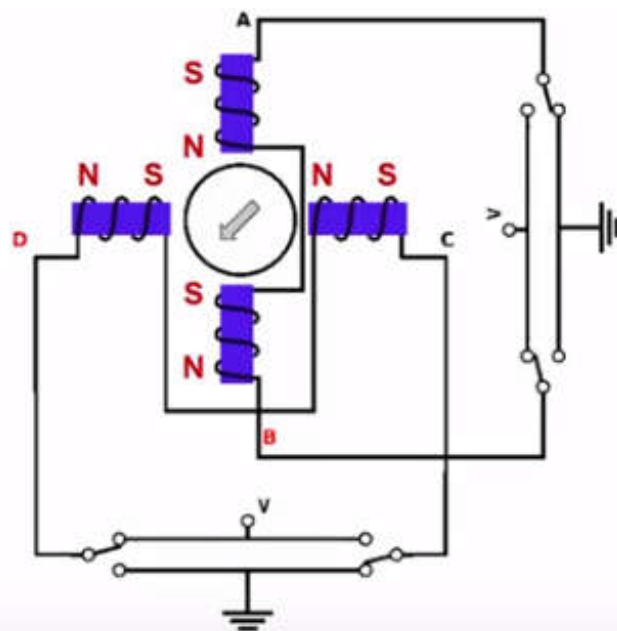
Paso/Terminal	A	B	C	D
1	V+	V-		
2		V+	V-	
3	V-	V+		
4		V-	V+	



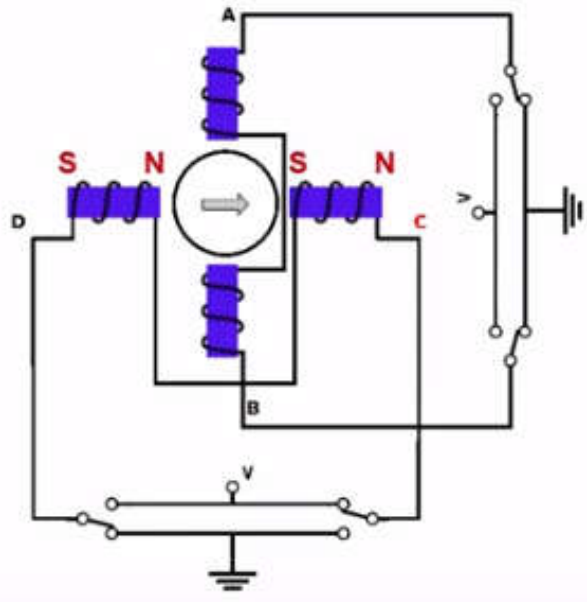
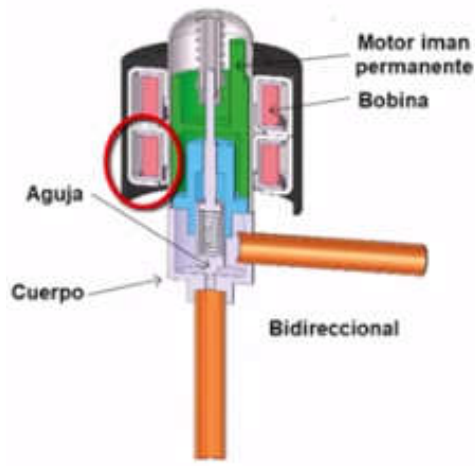
Aquí se activan las bobinados D y C

Secuencia para Motor Bipolar

Paso/Terminal	A	B	C	D
1	V+	V-	V+	V-
2		V+	V-	
3	V-	V+	V+	V-
4	V-	V+		
5	V-	V+	V-	V+
6		V-	V+	
7	V+	V-	V-	V+
8	V+	V-		



Motor Bipolar: Aquí activas todas las bobinas

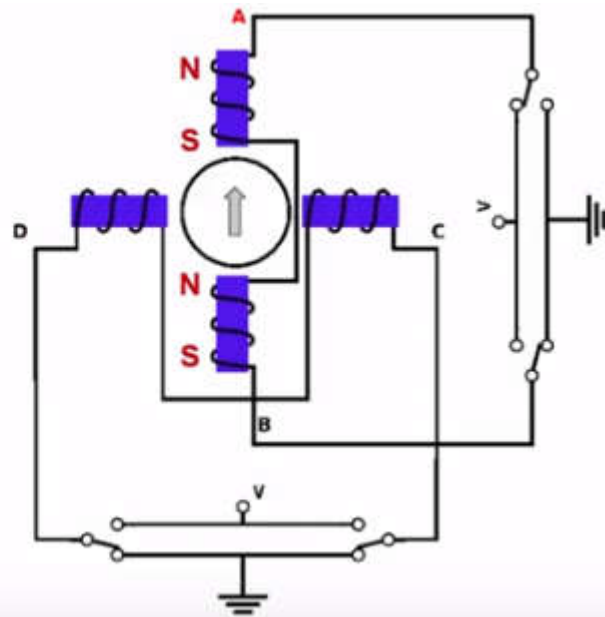


Aquí activas las bobinas D y C

Secuencia para Motor Bipolar

Paso/Terminal A B C D

- 1 V+ V- V+ V-
- 2 V+ V-
- 3 V- V+ V+ V-
- 4 V- V+
- 5 V- V+ V- V+
- 6 V- V+
- 7 V+ V- V- V+
- 8 V+ V-



Con esta tecnología se logra una regulación continua.

Ventajas de las VEE por etapas frente a las VET

- Utilización óptima del evaporador en cualquier condición de carga.
- Optimización del recalentamiento (unos 2 °C).
- No presentan los problemas de las VEE pulsantes de los golpes de ariete.
- Montaje sencillo y facilidad de puesta en marcha.



-Válvula de Cuatro Vías (Bomba de Calor)

Bomba de Calor, denominada también **Válvula De Cuatro Vías**, la válvula de inversión de ciclo se utiliza para invertir la función de los intercambiadores, es decir, para que el evaporador pueda funcionar como condensador y el condensador como evaporador, cuando la demanda térmica de los locales lo exige.

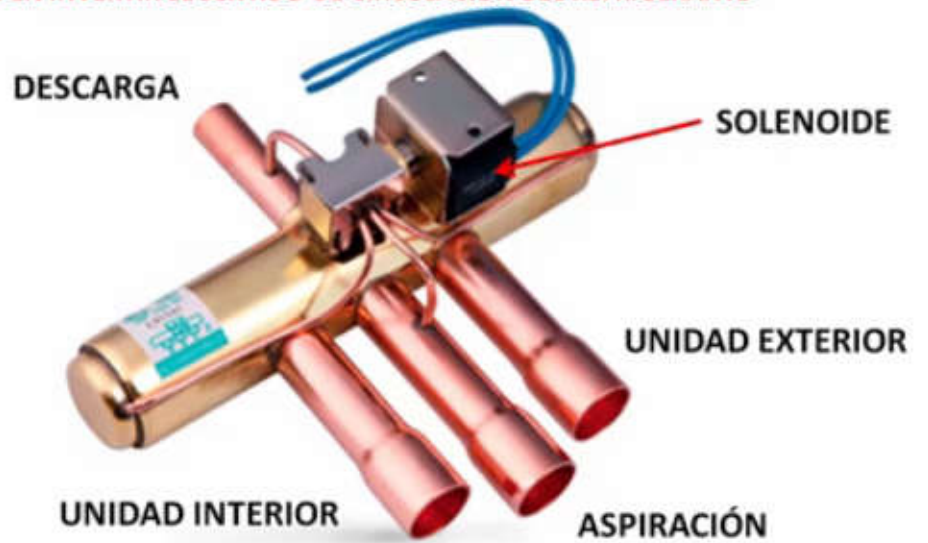
En los dibujos siguientes se puede ver el funcionamiento de la válvula de cuatro vías para el ciclo de invierno (bomba de calor), de manera que esta, como ya hemos explicado, deja pasar el refrigerante frío hacia la unidad exterior y el caliente para la interior. Para el ciclo de verano sería exactamente al contrario.

La mayoría de las válvulas de cuatro vías funcionan como se ha representado en el dibujo; la única diferencia está en el método utilizado para el movimiento del pistón. El método más comúnmente empleado es el del pistón movido por la presión del mismo refrigerante, mandada por una válvula electromagnética que se puede ver en la foto de arriba.

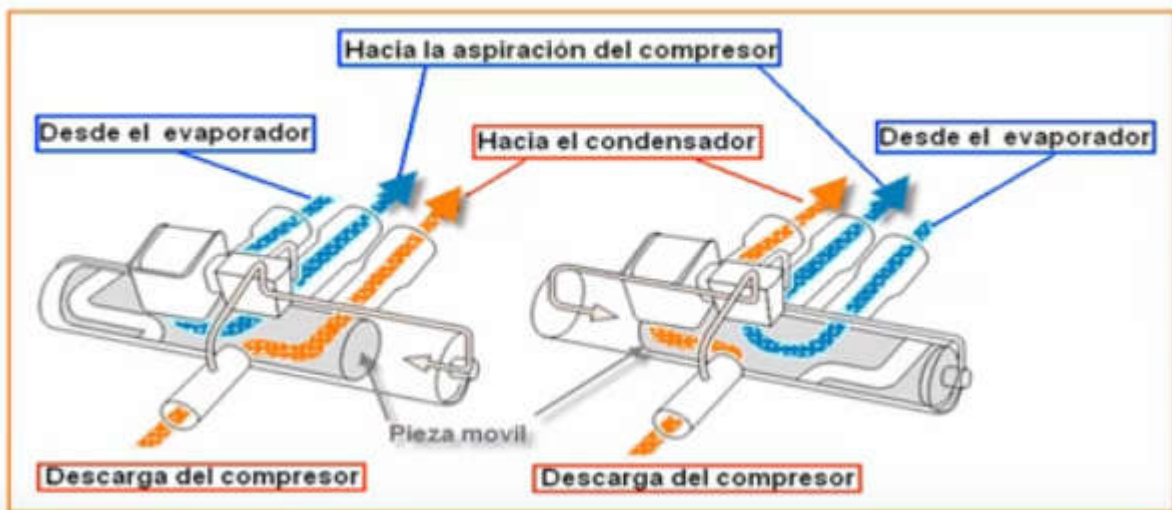
Sobre las caras interiores de los dos pistones existe siempre la presión del gas refrigerante a la salida del compresor. A través de la [válvula solenoide](#), la presión en la aspiración del compresor se conduce sobre la cara exterior de uno u otro pistón, lográndose así su posicionamiento según la válvula electromagnética esté o no esté excitada.

VALVULA DE 4 VIAS

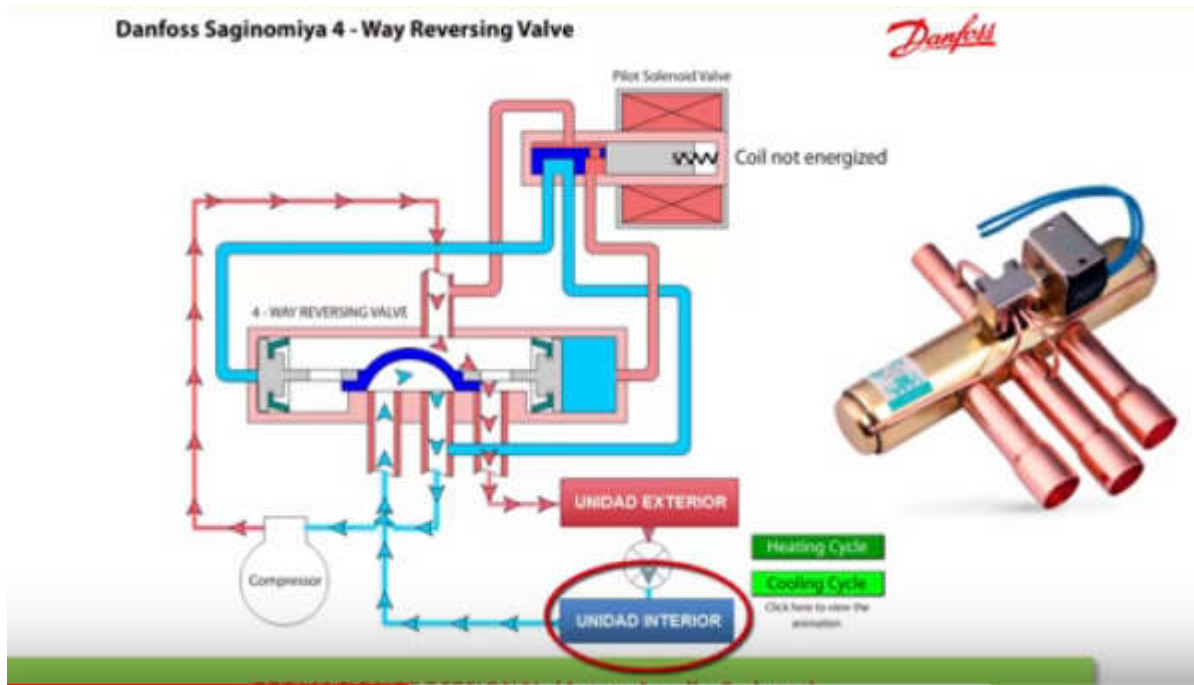
PERMITEN EN INVERTIR EL SENTIDO DE CIRCULACIÓN DEL REFRIGERANTE



PERMITEN EN INVERTIR EL SENTIDO DE CIRCULACIÓN DEL REFRIGERANTE



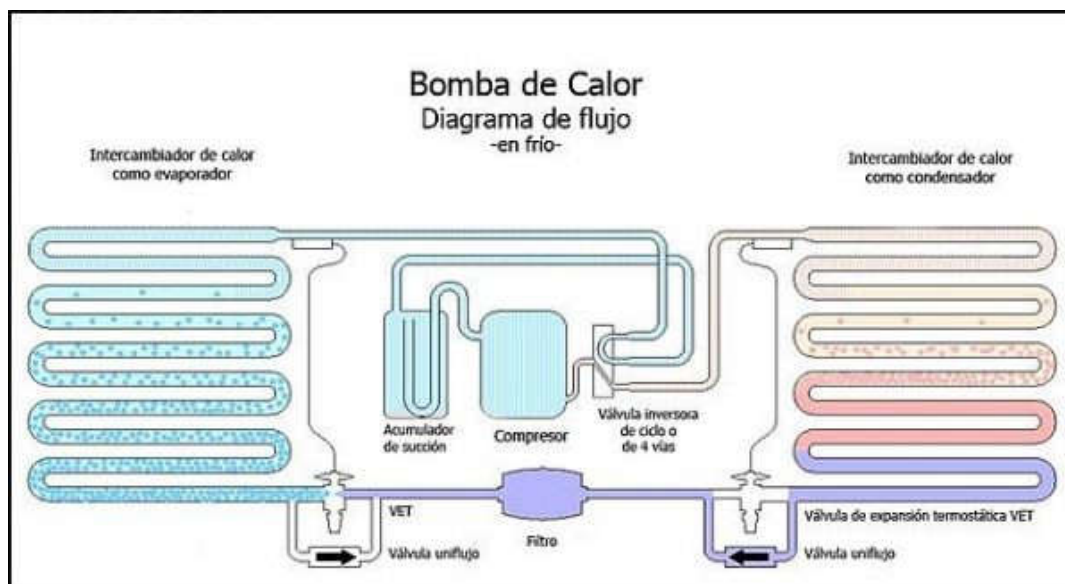
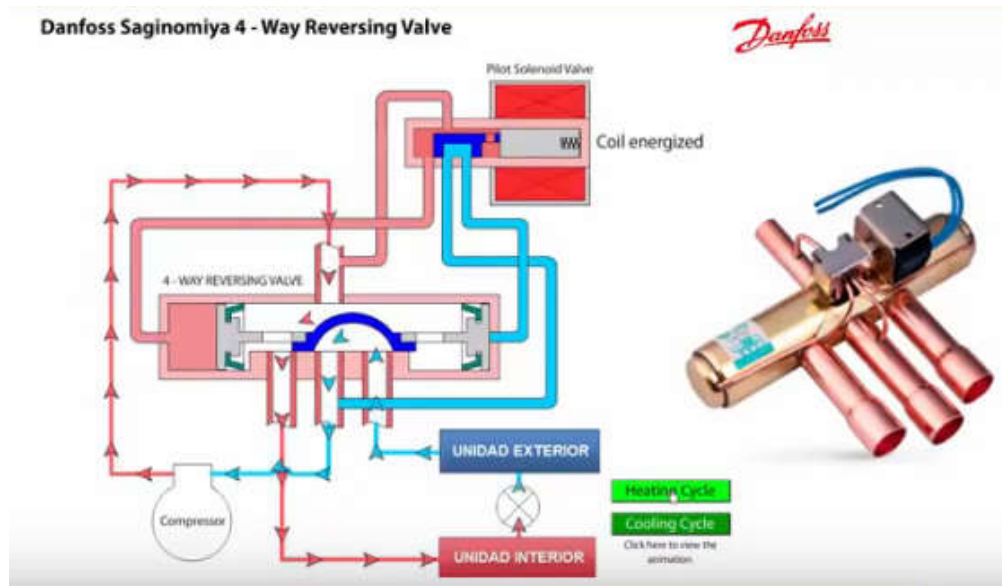
Válvula en Modo de Refrigeración



Activada la Válvula Solenoide, el sistema cambia al modo de Calefacción. Aquí se invierte el trabajo del Condensador y Evaporador, o sea intercambian su propósito. El Condensador pasa a ser el Evaporador y viceversa.

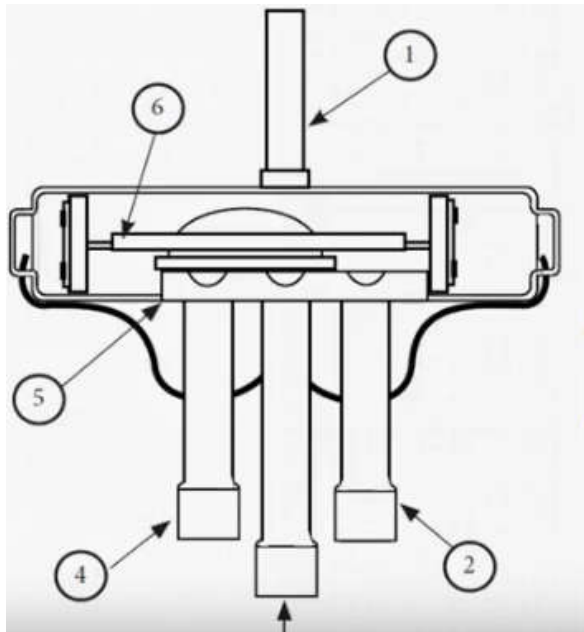
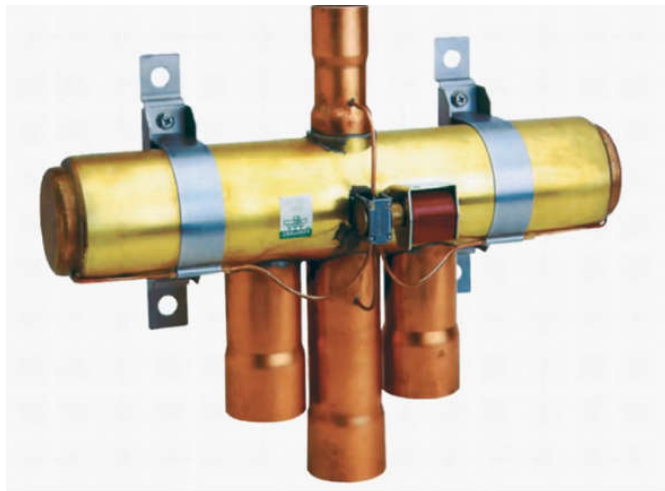


La **válvula solenoide** es el componente que se utiliza más a menudo para **controlar el flujo de refrigerante**. Esta válvula posee una bobina magnética que, cuando tiene corriente, levanta el émbolo de su interior. Estas válvulas pueden ser del tipo normalmente abierto o normalmente cerrado. La primera no abre hasta que recibe corriente, y la de tipo normalmente abierto se halla siempre así, y no cierra hasta que llega corriente a la misma.

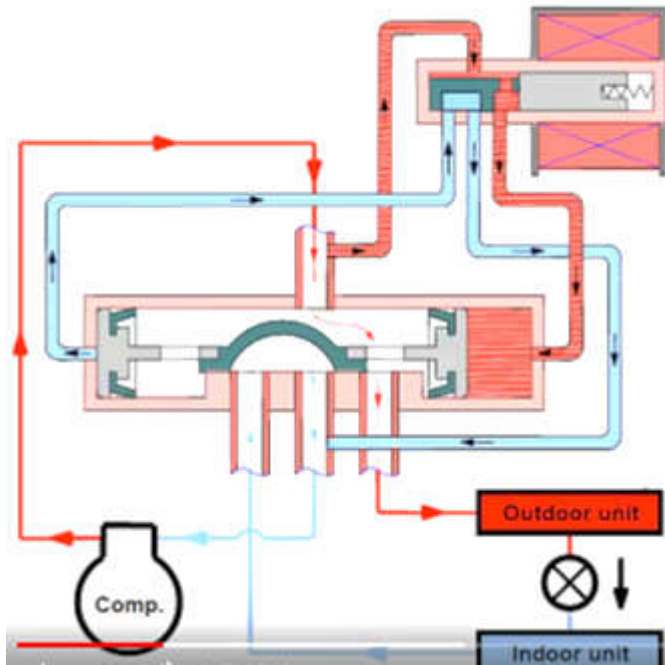


APLICACIONES

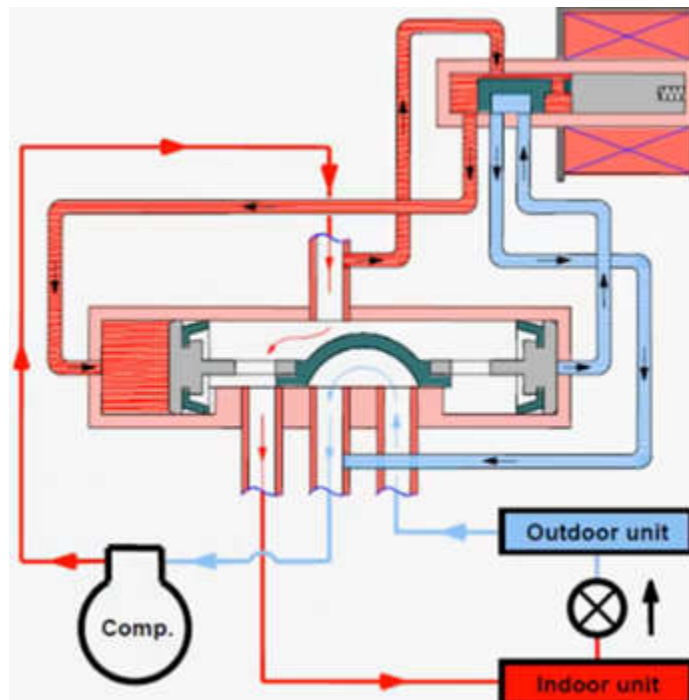
1. Sistemas de bomba de calor
2. Sistemas de desescarche por inversión de ciclo



- 1-Descarga del compresor
- 2-Conexion evaporador / condensador
- 3-Conexion succion compresor
- 4-Conexion condensador / evaporador



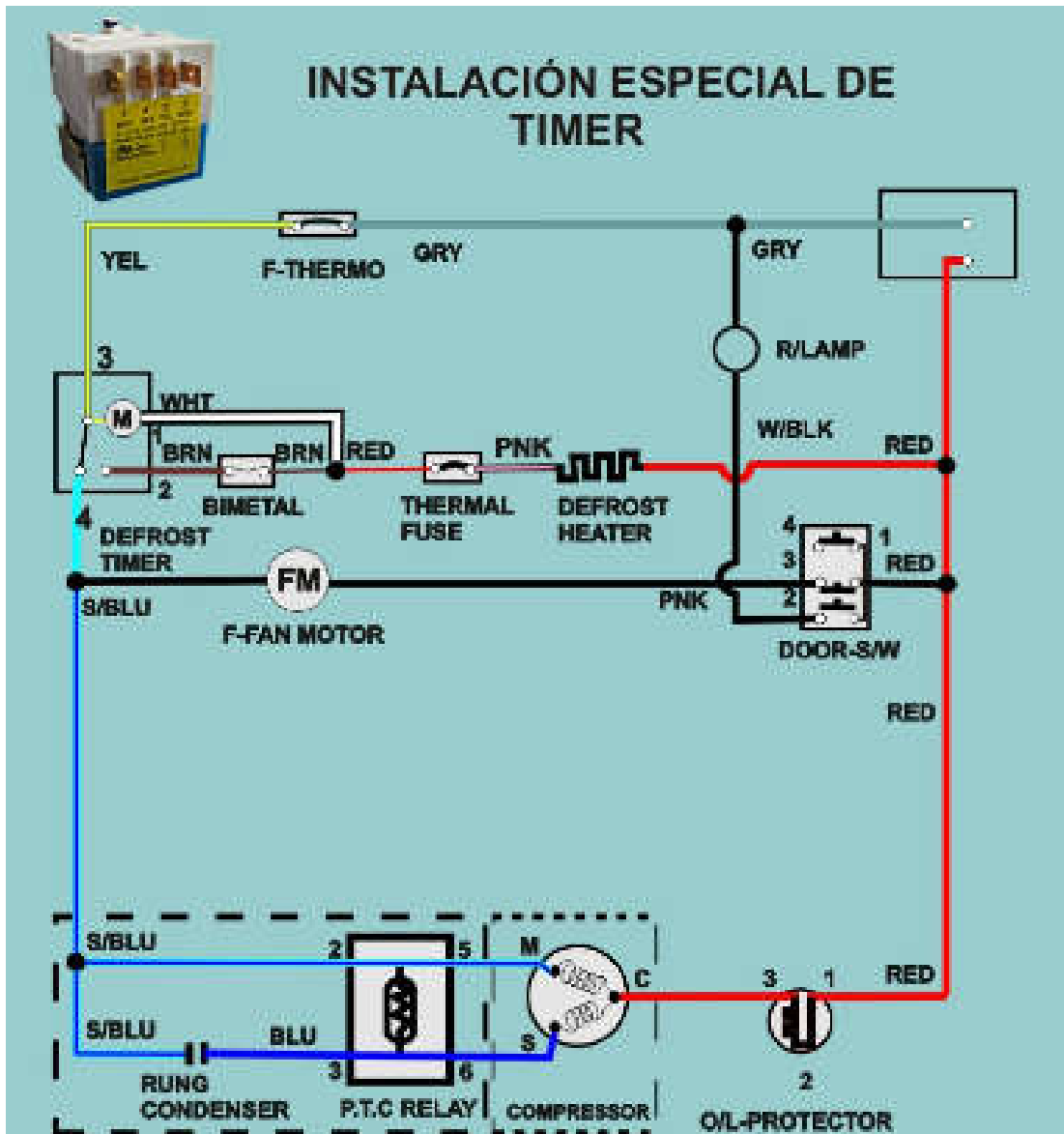
Funcionamiento en Frio, Solenoide no activo.



Funcionamiento en Calor, Solenoide activado.

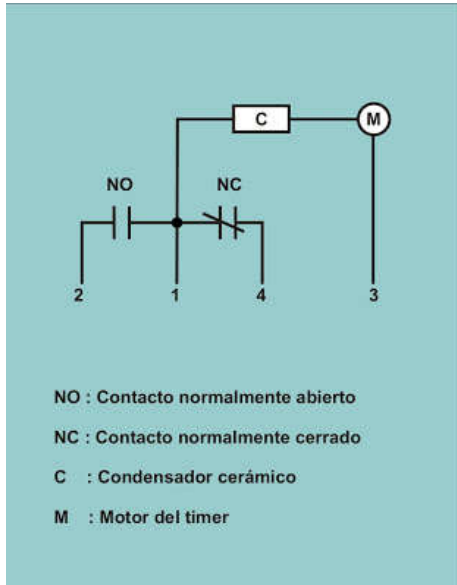
Timer (Temporizador);

-Para el ciclo del Congelamiento-Descongelamiento (defrost), los temporizadores vienen para un tiempo de congelamiento de 6, 8 y 12 horas.

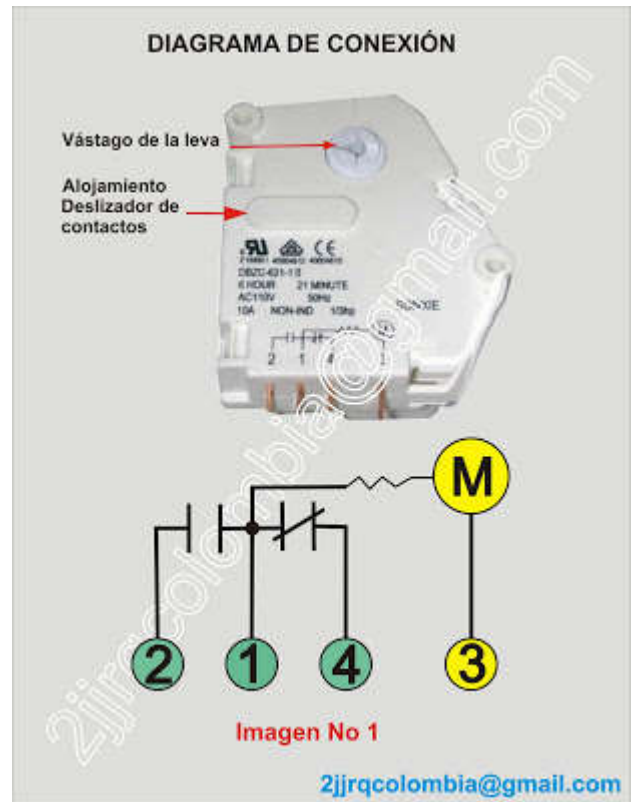


Si observamos este diagrama se puede notar que el timer en su punto (3 común) recibe una fase para el pequeño motor y en el punto (1) recibe la otra fase, pero esta fase llega a través de la resistencia; luego si falla la resistencia o el fusible el timer no va a funcionar

Y un tiempo de descongelamiento de 6 a 12 minutos.

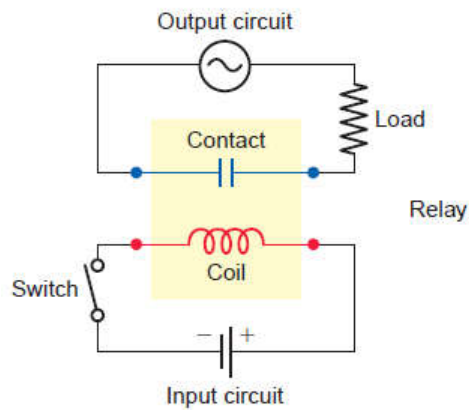


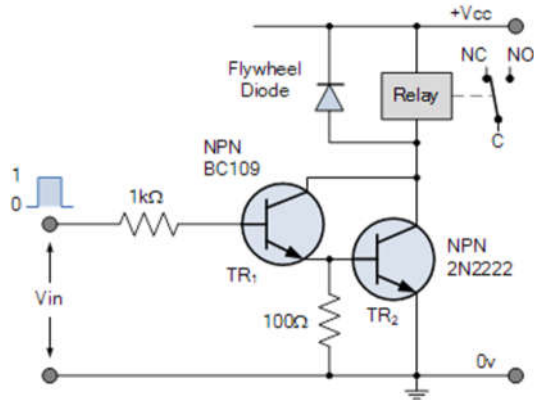
El motorcito siempre está conectado.



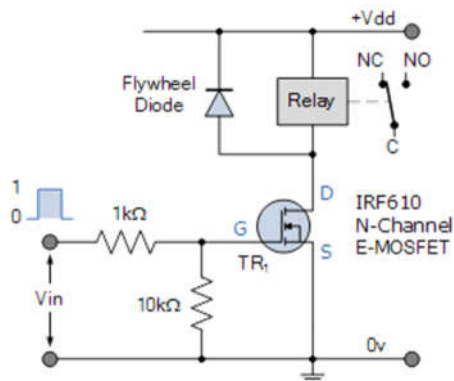
-Relays

a-Electromecánicos



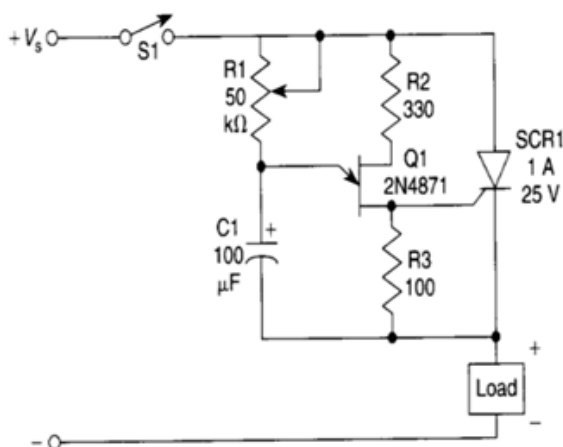


Activación por un par Darlington (Alta I)



Activado por un Mosfet N-Channel –Rapidez

Quando se requiera una acción del Relay por un tiempo corto (delay), podemos utilizar el siguiente circuito:



$$\text{Load } R < \frac{V_s}{I_{\text{holding}}}$$

up to max. SCR rating

Quando se cierra S1, una pequeña corriente fluye a la carga, no lo suficiente. Vs aparece en el SCR1. Cuando C1 se carga y llega al voltaje de disparo del Q1 (0.4 a 0.6), a través de R1, Q1 conduce activando al SCR1, y aplica todo el Voltaje Vs a la Carga, menos el voltaje del SCR1, cerca de 1.2 Volts. El C1 se descarga vía R3.

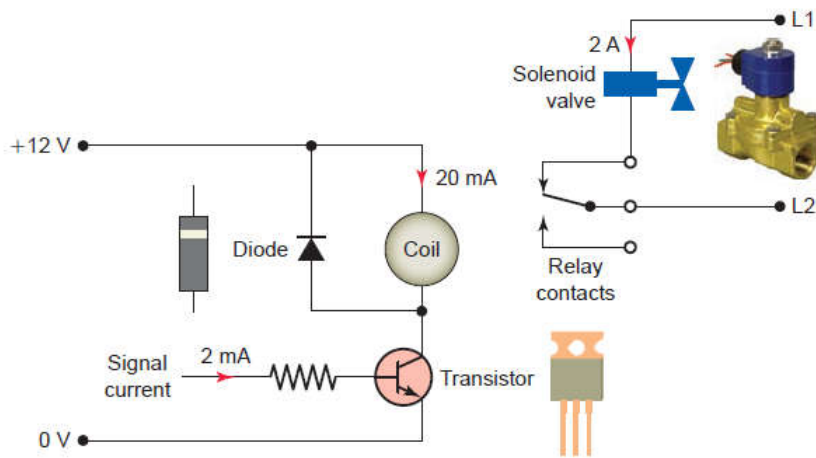
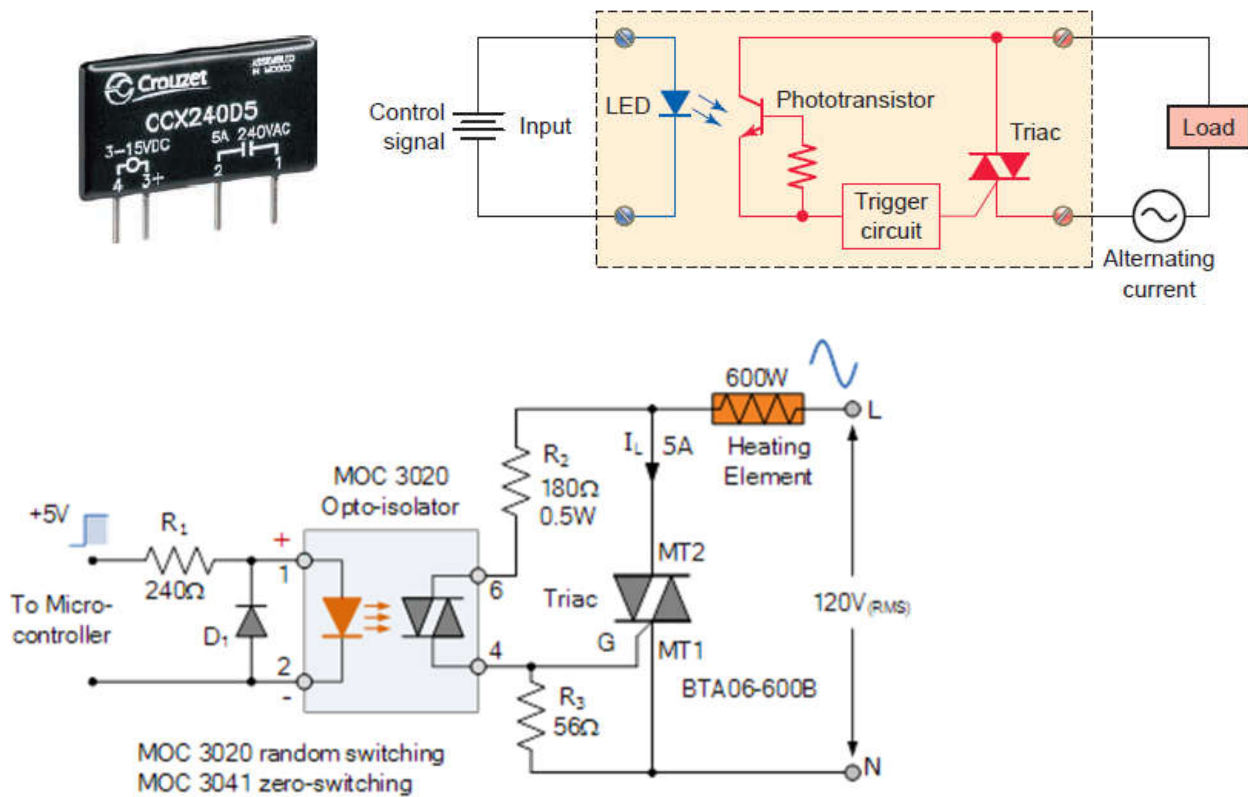


Figure 7-5 Using a relay to control a high-current load circuit with a low-current control circuit.

b-De Estado Solido



Usando un Diac y un Triac

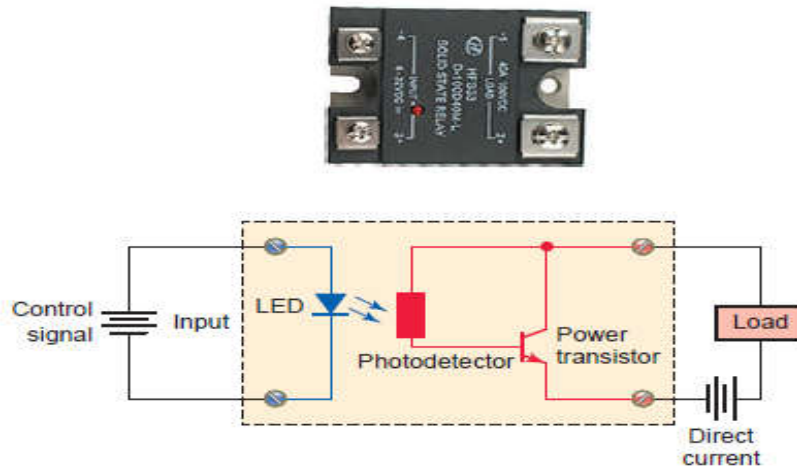


Figure 7-10 Optically coupled SSR used for DC loads.
Photo courtesy Futurlec, www.futurlec.com.

Con un transistor de potencia para cargas mayores

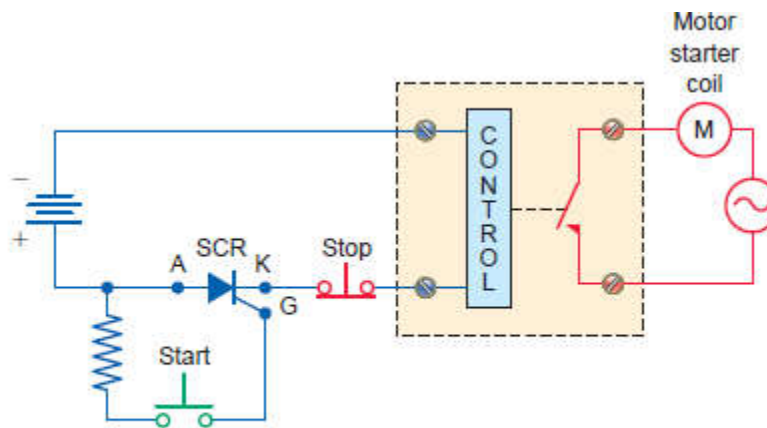


Figure 7-12 Three-wire control utilizing a solid-state relay and an SCR.

Válvulas de Solenoide,

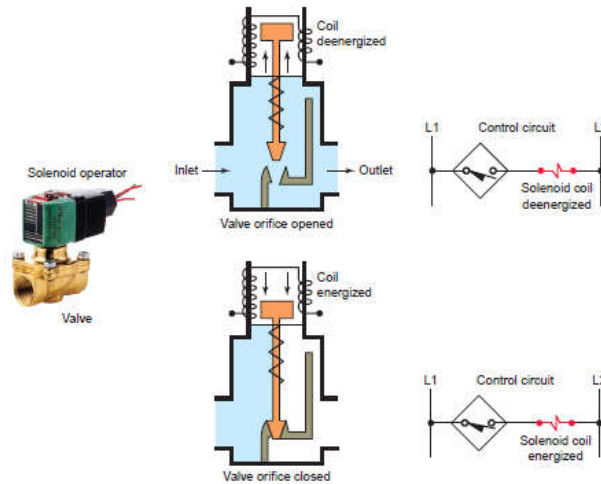


Figure 4-58 Solenoid valve.
Photo courtesy ASCO Valve Inc., www.ascovalve.com.

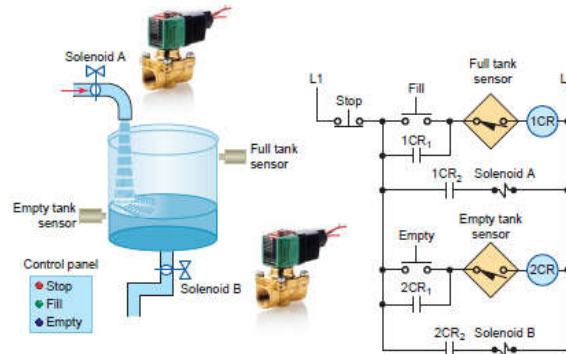


Figure 4-59 Solenoid-operated tank filling and emptying operation.
Photos courtesy ASCO Valve Inc., www.ascovalve.com.

-Sensores

Los Sensores son elementos sensibles que detectan y miden magnitudes, dependiendo de lo que detectan: Temperatura, Magnetismo, acción de aproximación, Etc.

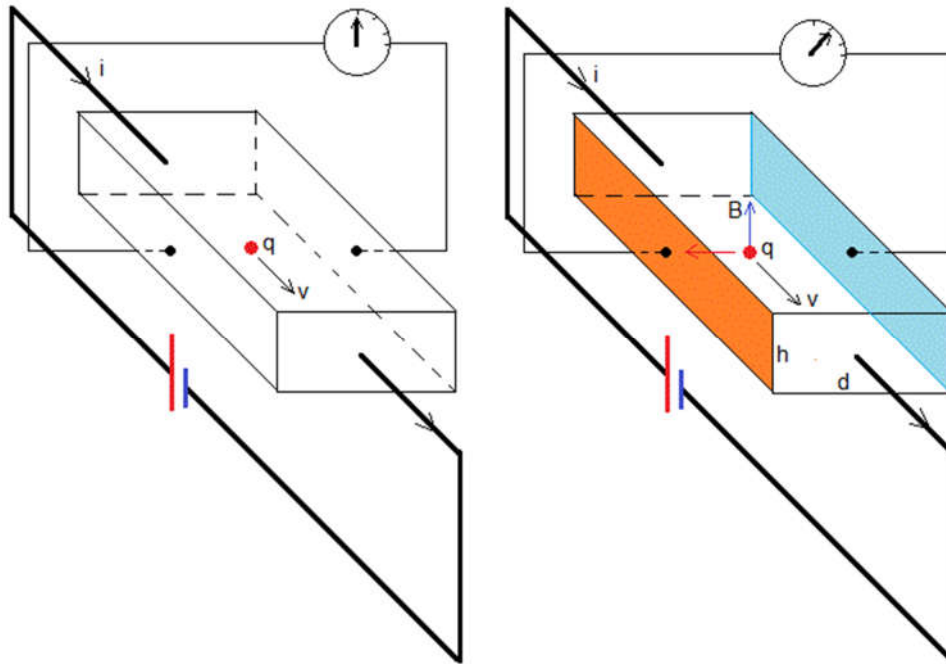
-Se tienen sensores de efecto 1-Hall, 2-Termostatos, 3-Termistores, 4-Termocuplas, 5-Switch de Presión, 6-Limit Switch Etc.

1-Efecto Hall

El efecto Hall se ha utilizado desde su descubrimiento para investigar la conducción eléctrica en diversos materiales: conductores, semiconductores y también en las soluciones electrolíticas.

El campo magnético tiende a separar las cargas positivas de las negativas en sentidos opuestos. El equilibrio se restaura cuando la fuerza que ejerce el campo eléctrico generado por la distribución de cargas se opone a la fuerza que ejerce el campo magnético.

Una situación similar se produce cuando una [varilla se mueve en el seno de un campo magnético uniforme](#) perpendicular a la dirección de su movimiento y que da origen a una fem.

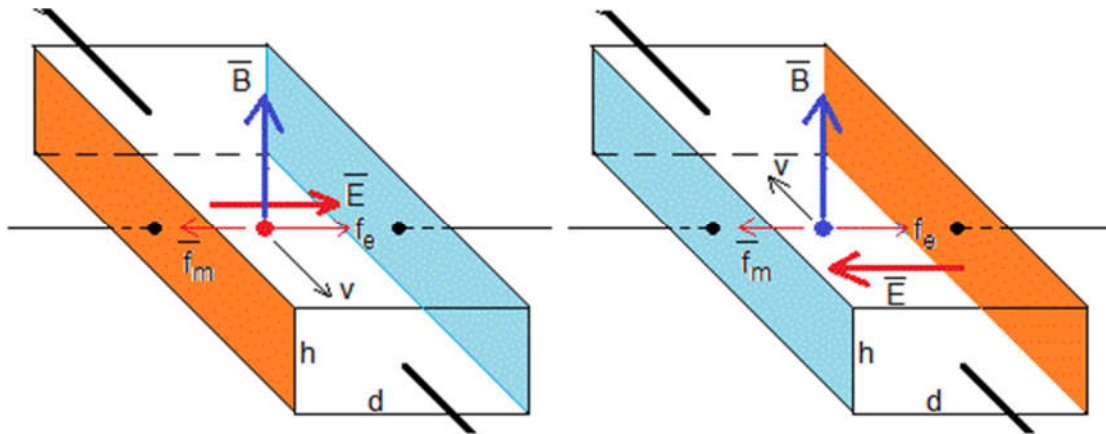


En la figura se muestra una lámina de material conductor, por ejemplo, cobre, que conduce una corriente de intensidad i . Si medimos la diferencia de potencial entre los lados opuestos, nos dará cero, tal como se muestra en la figura de la izquierda.

La situación cambia cuando se aplica un campo magnético B perpendicular a la corriente en la lámina, veremos que aparece una diferencia de potencial muy pequeña entre los lados opuestos tal como se muestra en la figura de la derecha.

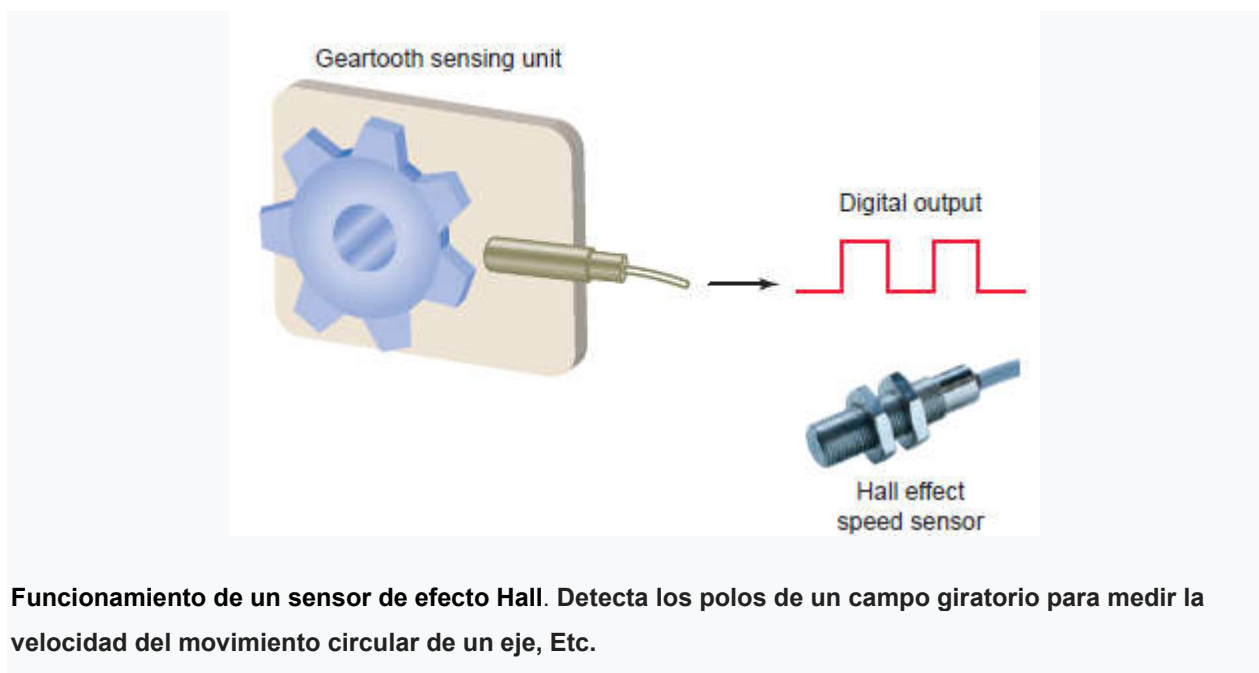
La diferencia de potencial $V'-V$ es proporcional a la intensidad i y al campo magnético B .

Si el portador de carga es negativo, figura de la derecha, el campo eléctrico cambia de sentido y el voltímetro medirá una diferencia de potencial de sentido contrario. El efecto Hall distingue el signo de los portadores de carga lo que se aplica en los semiconductores.



En resumen: Se conoce como **efecto Hall** a la aparición de un campo eléctrico por separación de cargas, en el interior de un conductor por el que circula una corriente en presencia de un campo magnético con componente perpendicular al movimiento de las cargas. Este campo eléctrico (**campo Hall**) es perpendicular al movimiento de las cargas y a la componente perpendicular del campo magnético aplicado. Lleva el nombre de su primer modelador, el físico estadounidense Edwin Herbert Hall (1855-1938).

Aplicaciones del Efecto Hall. Detector de Polos



Funcionamiento de un sensor de efecto Hall. Detecta los polos de un campo giratorio para medir la velocidad del movimiento circular de un eje, Etc.

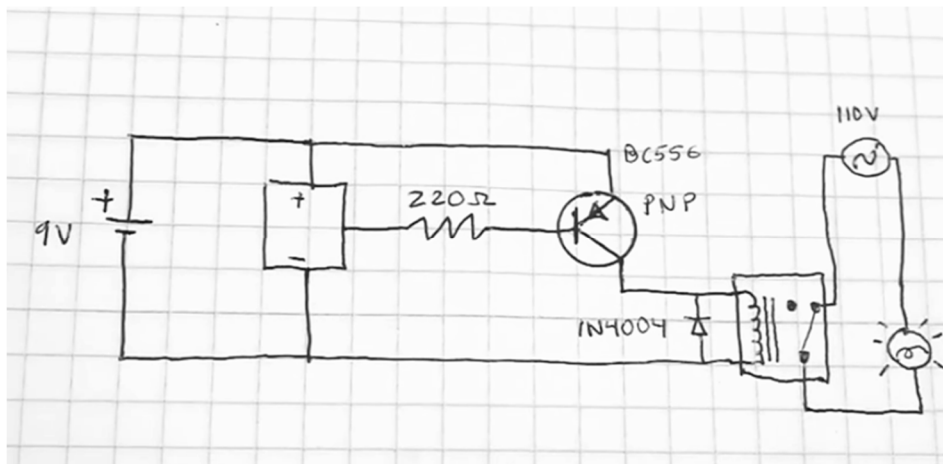


Ventilador de un motor con un sensor Hall, usado en refrigeración industrial.

El **sensor de efecto Hall** o simplemente **sensor Hall** o **sonda Hall** se sirve del [efecto Hall](#) para la medición de [campos magnéticos](#) o [corrientes](#) o para la determinación de la posición en la que está.

Si fluye corriente por un sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un [voltaje saliente](#) proporcional al producto de la [fuerza del campo magnético](#) y de la corriente. Si se conoce el valor de la corriente, entonces se puede calcular la fuerza del campo magnético; si se crea el campo magnético por medio de corriente que circula por una bobina o un conductor, entonces se puede medir el valor de la corriente en el conductor o bobina.

Si tanto la fuerza del campo magnético como la corriente son conocidos, entonces se puede usar el sensor Hall como [detector de metales](#).



El Sensor de efecto Hall se consigue encapsulado. El dibujo presenta una aplicación. Para la activación de un relay.

2-Termostatos

Un **termostato** es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un [circuito eléctrico](#) en función de la [temperatura](#).

Su versión más simple consiste en una [lámina metálica](#) como la que utilizan los equipos de [aire acondicionado](#) para apagar o encender el [compresor](#).

Otro ejemplo lo podemos encontrar en los [motores de combustión interna](#), donde controlan el [flujo](#) del [líquido refrigerante](#) que regresa al [radiador](#) dependiendo de la temperatura del motor.

De acuerdo a la forma en que funcionan, los termostatos pueden ser electromecánicos o electrónicos, siendo los primeros por su simplicidad, bajo costo y porque no requieren fuente adicional de energía, los más utilizados.

Los termostatos electromecánicos pueden ser:

1.- Con [bulbo lleno de gas o líquido volátil](#).

2.- Con [lámina bi-metálica](#).

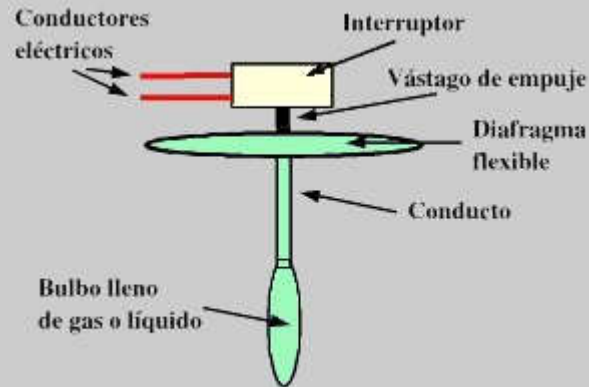
[Los electrónicos](#) pueden ser:

1.- A base de [termo-resistencia](#).

2.- A base de [termopar](#).

Termostatos de bulbo

Estos termostatos usan como sensor de temperatura un bulbo lleno de un gas o de un líquido volátil que se conecta a través de un estrecho conducto a una cámara cerrada flexible en forma de disco volador. Cuando se calienta el gas o el líquido dentro del bulbo sensor, la [presión de vapor](#) crece y hace que la cámara flexible se dilate (como lo hace un globo al inflarlo) este movimiento de crecimiento de la cámara flexible empuja un vástago que acciona un interruptor eléctrico que conecta o desconecta el elemento generador de calor (o frío) y vice versa manteniendo de esta forma la temperatura estable en la zona donde está el bulbo sensor.

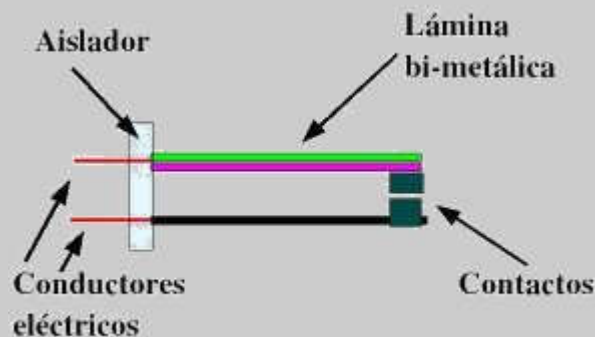


Termostatos de lámina bi metálica

Este tipo de termostato utiliza la capacidad de doblado de las [láminas bi metálicas](#) para su funcionamiento, son muy comunes dada su simplicidad, estabilidad y bajo costo.

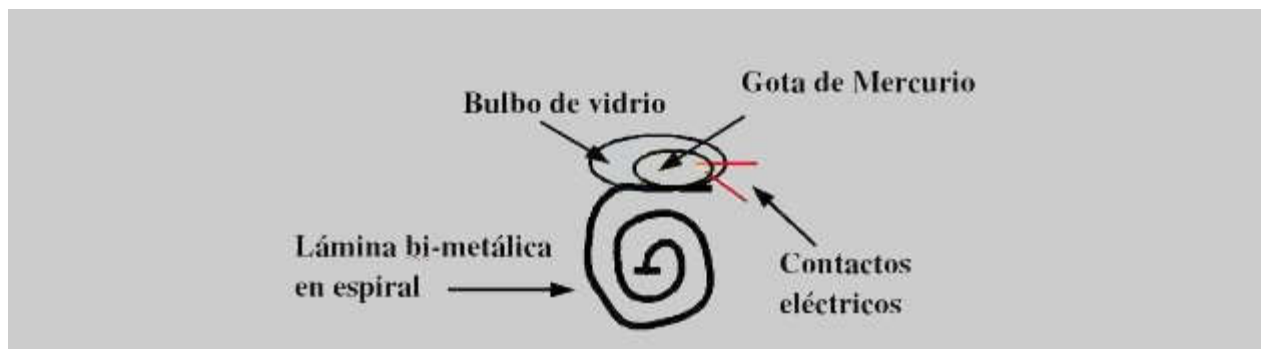
Pueden ser de dos tipos, en uno, la propia lámina bi metálica es parte del interruptor de la electricidad y tiene adosado en un extremo uno de los contactos, el doblado con la temperatura, de la propia lámina abre o cierra el circuito. Es muy común su uso en las planchas de planchar ropa, hornos domésticos y estufas eléctricas. La temperatura puede regularse debido a que el propio termostato está dentro del volumen a controlar o bien porque el paso de la corriente calienta la lámina bi metálica.

Esquema de este tipo de termostato

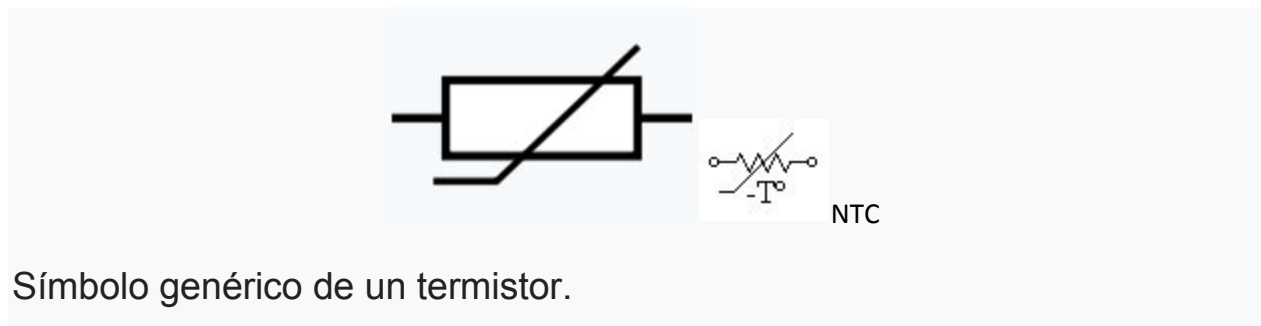


En el otro tipo se construye una larga lámina bi metálica que se enrolla en forma de espiral, un extremo del espiral es fijo y en el otro se monta un pequeño bulbo

de [vidrio](#) alargado con los contactos eléctricos interiormente en uno de sus extremos, este bulbo se llena parcialmente de [Mercurio](#) metálico que es un buen conductor de la electricidad de manera que si el bulbo se inclina a un lado el mercurio (que es líquido) se acumula en el lado mas bajo y puede cerrar el circuito (si es el lado de los contactos) o abrirlo (si es el lado contrario). Los cambios de temperatura harán que el espiral (debido al doblado de la lámina) se enrolle o desenrolle inclinado como una balanza al bulbo para abrir o cerrar los contactos y así mantener la temperatura estable.



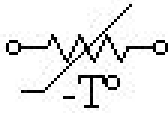
3-Termistores [NTC, PTC], Etc.



Un **termistor** es un [sensor](#) de [temperatura](#) por resistencia. Su funcionamiento se basa en la variación de la [resistividad](#) que presenta un [semiconductor](#) con la temperatura. El término termistor proviene de **Thermally Sensitive Resistor**. Existen dos tipos de termistor:

- **NTC** (Negative Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura negativo
- **PTC** (Positive Temperature Coefficient) – coeficiente de temperatura positivo (también llamado **posistor**).

- Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia y los NTC la disminuyen.



NTC:

*1-Son resistencias de **coeficiente de temperatura negativo**, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura sea elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.*

Se emplean en su fabricación óxidos semiconductores de níquel, zinc, cobalto, etc.

La relación entre la resistencia y la temperatura **no es lineal sino exponencial** (*no cumple la ley de Ohm*). Dicha relación cumple con la fórmula siguiente:

$$R = A \cdot e^{B/T}$$

donde A y B son constantes que dependen del resistor.

*Son resistencias de **coeficiente de temperatura negativo**, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura sea elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura.*

Se emplean en su fabricación óxidos semiconductores de níquel, zinc, cobalto, etc. donde A y B son constantes que dependen del resistor. La curva nos muestra esa variación

Aplicaciones

Hay tres grupos:

1. Aplicaciones en las que la corriente que circula por ellos, no es capaz de producirles aumentos apreciables de temperatura y por tanto la resistencia del termistor depende únicamente de la temperatura del medio ambiente en que se encuentra.
2. Aplicaciones en las que su resistencia depende de las corrientes que lo atraviesan.
3. Aplicaciones en las que se aprovecha la inercia térmica, es decir, el tiempo que tarda el termistor en calentarse o enfriarse cuando se le somete a variaciones de tensión

Aplicaciones Industriales

Medidas de temperatura

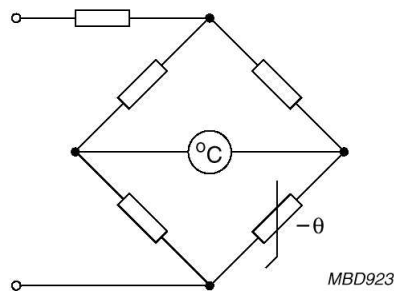
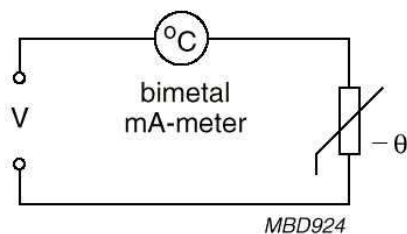


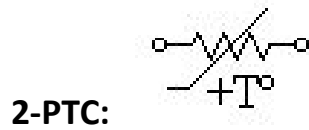
Fig. 3



En ambos casos el indicador de temperatura (un miliamperímetro por ejemplo) depende de la temperatura ambiente en la que se encuentra la NTC.

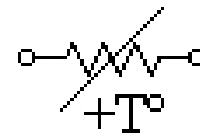
Si estas señales eléctricas (tensión o corriente) se aplican a algún circuito de control podemos obtener un eficaz control de temperatura de salas, baños, etc. ya que podemos gobernar el elemento calefactor, con su marcha y parada de acuerdo a cual sea la temperatura a que se encuentra el

resistor.



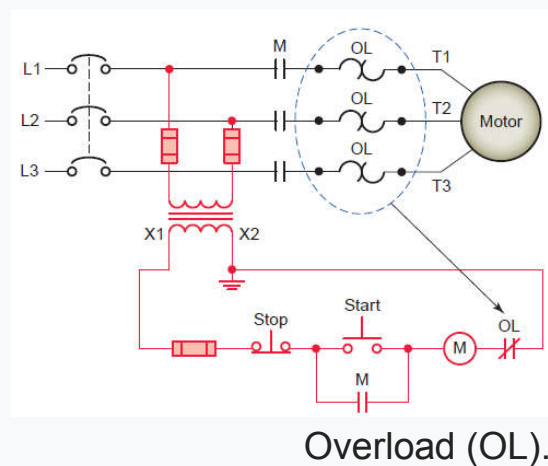
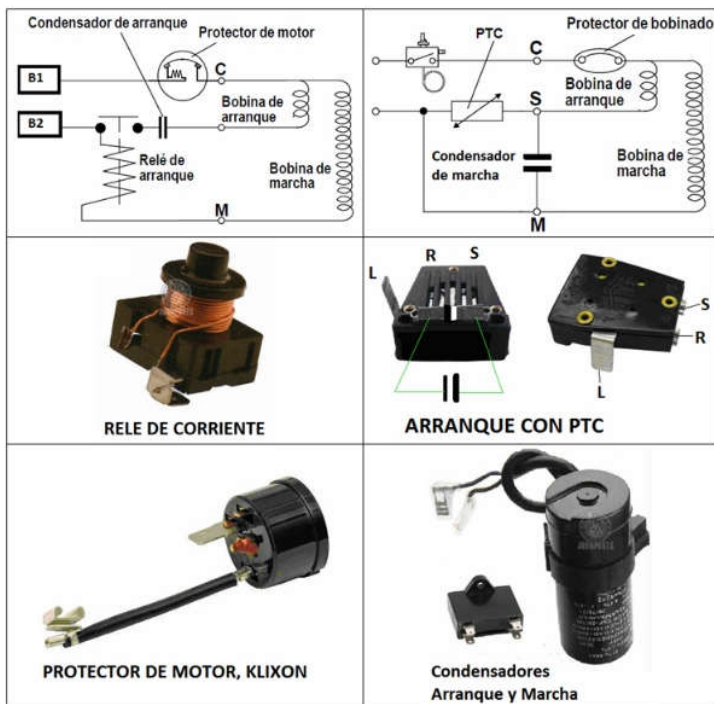
Para los termistores PTC, en el caso de un semiconductor con un dopado muy intenso, éste adquirirá propiedades metálicas, tomando un coeficiente positivo en un margen de temperatura limitado. Usualmente, los termistores se fabrican a partir de óxidos semiconductores, tales como el óxido férrico, el óxido de níquel, o el óxido de cobalto. Cuando la temperatura aumenta, los tipo PTC aumentan su resistencia.

3-Un **RTD** (del inglés: *resistance temperature detector*) es un **detector de temperatura resistivo**, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Su símbolo es el siguiente, en el que se indica una variación lineal con coeficiente de temperatura positivo.



Símbolo del RTD

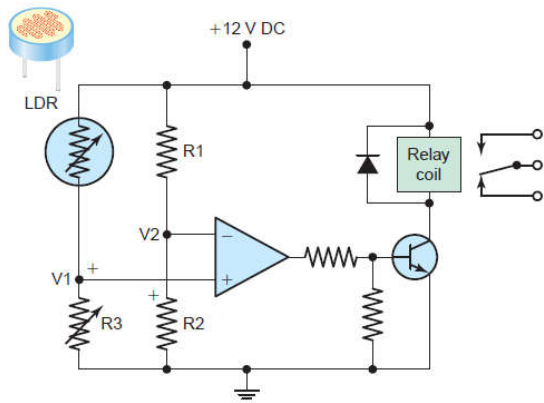
-Protectores Térmicos para Motores (Sobrecarga)



Overload (OL).

4-LDR (Light Dependent Resistor)

Es un detector de nivel de luz. Si no se detecta luz, la resistencia es alta y

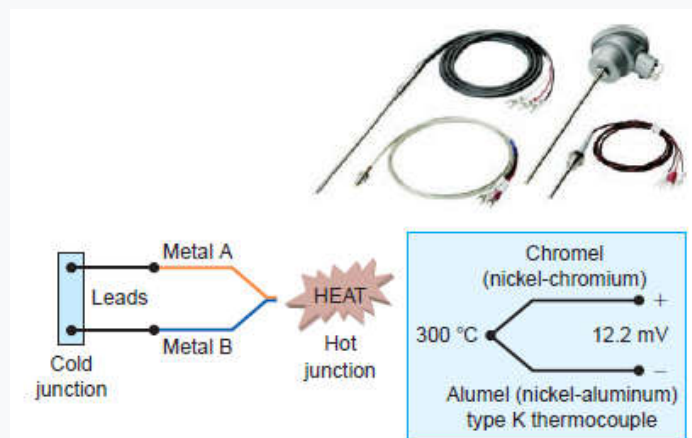


cuando se detecta un nivel de luz, su resistencia disminuye. Las resistencias R1 y R2 forman el voltaje de referencia. La R3 y la LDR forman el voltaje variable. Cuando hay presencia de luz, baja la resistencia y el voltaje de referencia baja y la salida del comparador pasa a +12 voltios, activando el transistor y operando el


Relay.

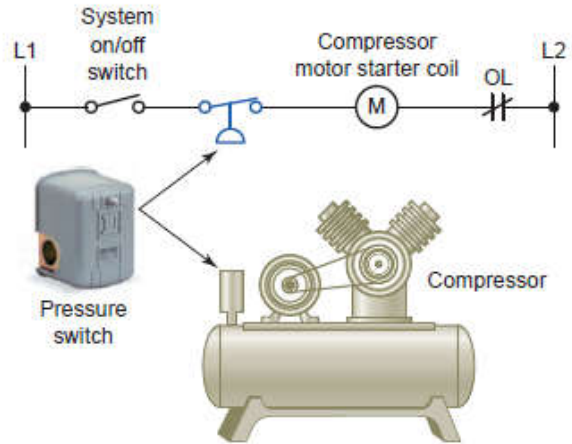
5-Termocoplador o Termopar:

Es un medidor de temperatura que se basa en en la unión de dos metales semejantes, que a la acción de una diferencia de temperatura se producirá un pequeño voltaje entre sus uniones. Por ejemplo a una temperatura de 300 C⁰ se producirá entre sus terminales una diferencia de potencial de 12.2 miliVoltios.



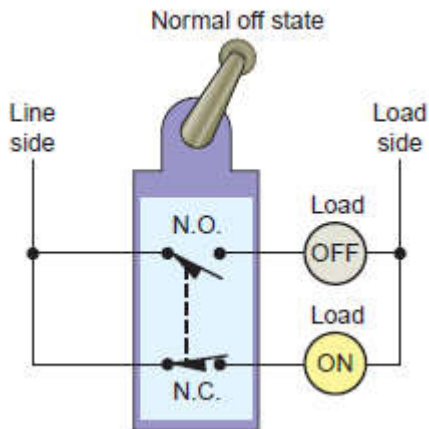
6-Switch de Presión (Presostato)

- El switch de presión es un elemento de monitoreo de la presión, el cual abre a una presión ya preseleccionada. Su símbolo es:  y su función principal es el de evitar una sobre alta presión en un circuito Compresor.



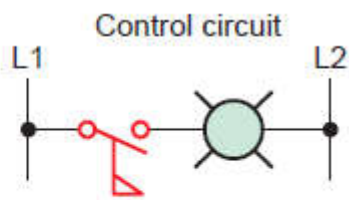
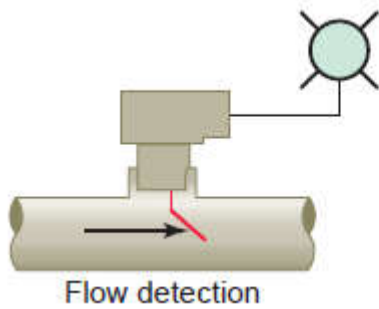
7-Limit Switch.

Es un Switch, el cual puede ser operado mecánicamente por presión, movimiento, posición, Temperatura y vienen NC (normalmente cerrado) o NO (normalmente abierto).



Elementos NO y NC.

8-Flow Switch (Sensor de Flujo)



El **sensor de flujo** es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas.

Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal. Para medir el caudal se requiere un caudalímetro.

9-Tacómetro



Tacómetro de un automóvil.

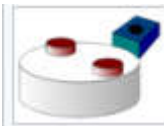
Un **tacómetro** (del griego τάχος, *táchos*, 'rapidez'¹ y μέτρον, *metron*, 'medida') es un dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje, normalmente la velocidad de giro de un fan motor, Etc. Se mide en revoluciones por minuto (RPM). Actualmente se utilizan con mayor frecuencia los tacómetros digitales, por su mayor precisión.

10-Caudalímetro (Medidor de Caudal)



Un **caudalímetro** es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse **medidores de caudal**, **medidores de flujo** o **flujómetros**. Son los usados para medir el volumen de agua

consumido en las casas.



OFF

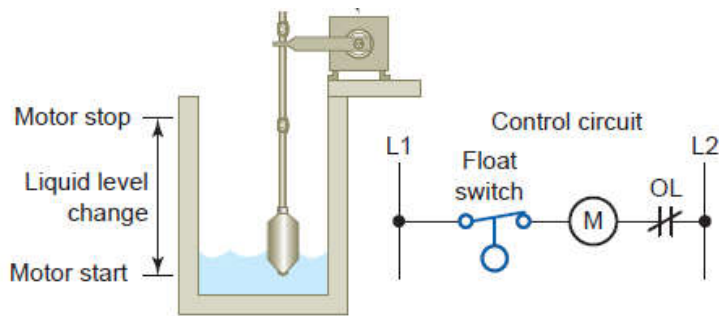


ON Sensor Efecto Hall.

Funcionamiento: Sus partes mecánicas consisten en un molino con aspas transversales a la circulación de flujo, el molino tiene en un extremo un imán permanente. Cuando este imán gira genera un campo magnético variable que es leído por un sensor de efecto de campo

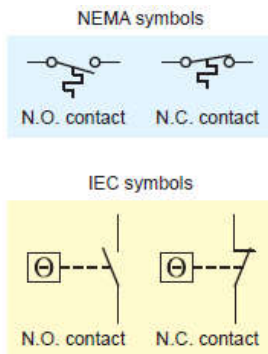
magnético ([sensor de efecto Hall](#)), después el [circuito electrónico](#) lo convierte en pulsos que transmite a través de un cable.

11-Float Switch (Sensor de Nivel [Flotadores])

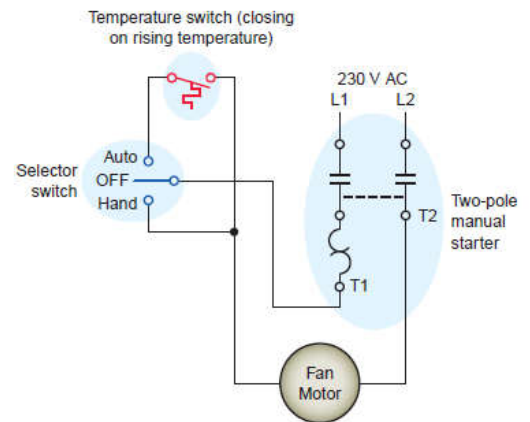


Suelen ser de dos tipos: Los mecánicos, como los flotadores de los tanques de los inodoros y Los electromecánicos. En estos Los interruptores detectan el nivel del líquido de depósitos en el punto donde son instalados, devolviendo un contacto ON/OFF en la salida.

12-Controles de Protección de Temperatura



-También llamados termostatos, según su construcción y (Véase), son elementos de controles en la industria de la refrigeración y la transferencia de calor.

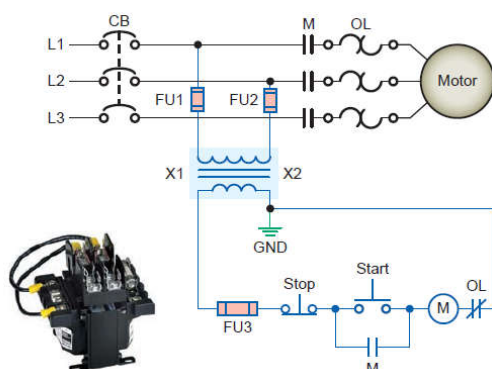


Usados ampliamente en la protección de motores eléctricos, transformadores, Etc.

Simbología

Controles de Temperatura en Circuito de protección para motores

13-El Fusible:



(FU1, FU2 y FU3 Fusibles de protección)



En la [electricidad](#), se denomina **fusible** a un dispositivo constituido por un soporte adecuado y un filamento o lámina de un [metal](#) o [aleación](#) de bajo [punto de fusión](#) que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda (por [efecto Joule](#)) cuando la [intensidad de corriente](#) supere (por un [cortocircuito](#) o un exceso de carga) un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos. Se mide su conductividad para probar su estado. Arriba fusibles de protección primario y secundario.

14-El Control Remoto o Mando a Distancia

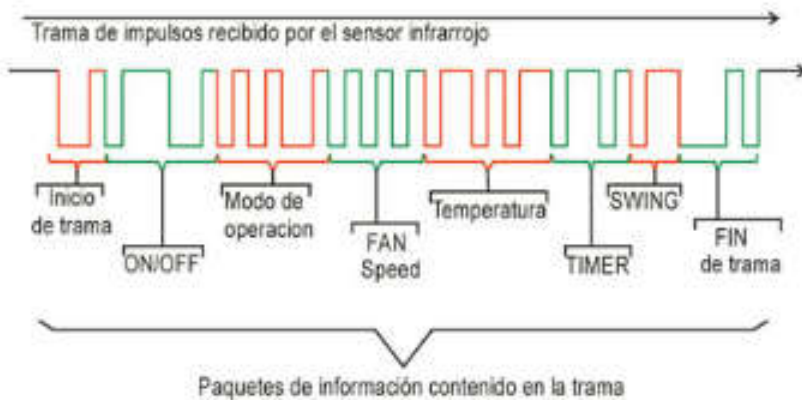
La mayoría de mandos a distancia para aparatos domésticos utilizan [diodos](#) de emisión en el [infrarrojo](#) cercano para emitir un rayo de luz que alcance el dispositivo. Esta luz es invisible para el ojo humano, pero transporta señales que pueden ser detectadas por el aparato.

Un mando a distancia de un sólo canal permite enviar una [señal portadora](#), usada para accionar una determinada función. Para controles remoto multicanales, se necesitan procedimientos más sofisticados; uno de ellos consiste en [modular](#) la señal portadora con señales de diferente frecuencia. Después de la demodulación de la señal recibida, se aplican los [filtros](#) de frecuencia apropiados para separar las señales respectivas. Hoy en día, se suelen usar [métodos digitales](#).

Por lo general un mando a distancia está compuesto por:

- **Una carcasa.**
- **Una plaqueta** donde se encuentran las conexiones para diferentes funciones.
- **Una fuente de alimentación**, generalmente dos baterías de 1,5 voltios.
- **Botones**, cada uno con una función distinta.
-

Funcionamiento



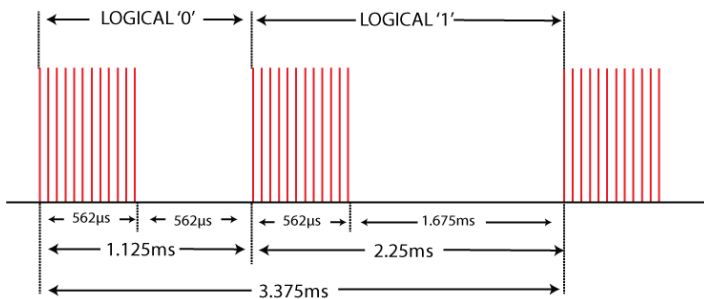
Los botones tienen en su parte posterior un material que conduce la electricidad. Cuando se presiona el botón, este material hace contacto con la plaqueta y cierra el circuito que corresponde al botón. Un pequeño circuito integrado reconoce la señal y determina qué botón fue presionado; con base a esa información envía una señal

al resonador de cuarzo (cristal); éste la devuelve con una frecuencia determinada. Ese impulso es transmitido a un **LED** que lo envía convertido en radiación infrarroja. El receptor (por ejemplo, un televisor) puede reconocer el botón pulsado midiendo la frecuencia de la radiación

Tren de pulsos con toda la información requerida por el usuario.

Un mando a distancia transmite un cierto mensaje al receptor empleando luz infrarroja como sistema de transmisión. La luz empleada típicamente está en el rango de 940 nm.

Como en cualquier transmisión el mensaje tiene que seguir unas determinadas normas (forma de los pulsos, duración, contenido...) que deben ser conocidas tanto por el emisor como por el receptor para que la comunicación sea correcta.



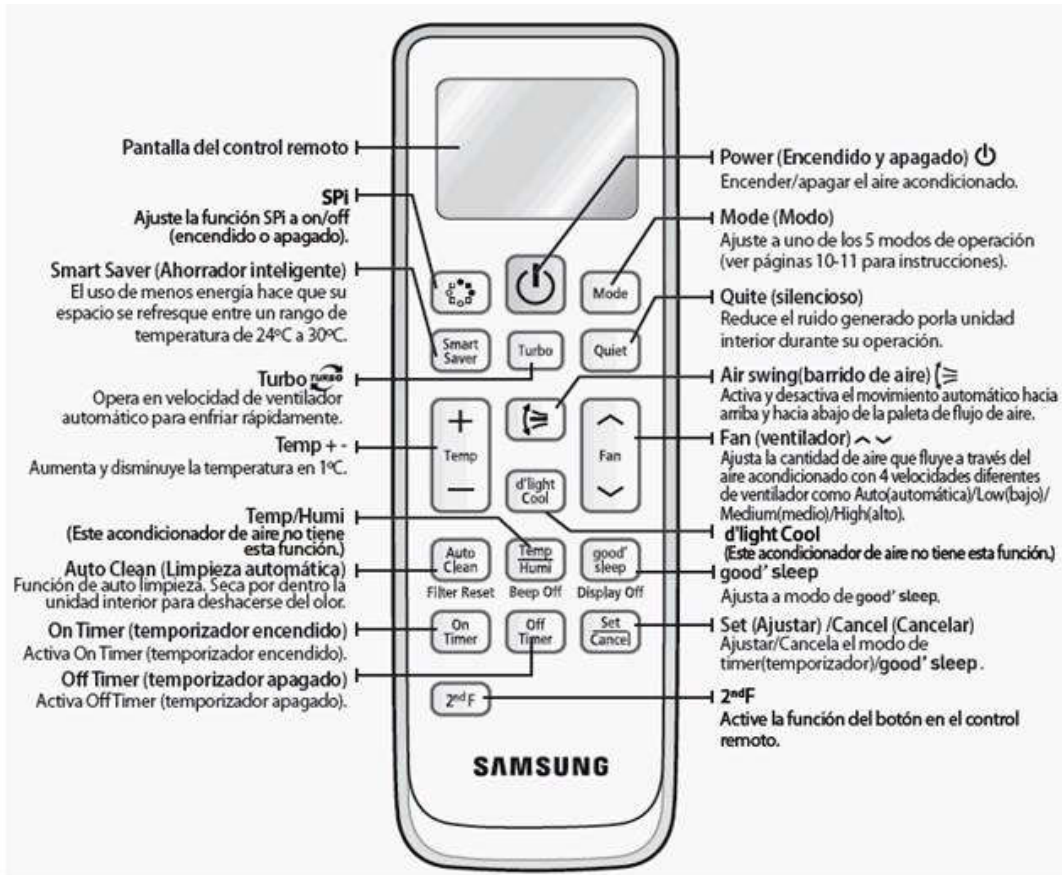
Por otro lado, el mensaje nunca se envía directamente como un pulso, sino que se envía modulada sobre una onda portadora. Esto se hace para mejorar el rechazo al ruido y a la luz ambiental la señal de control se envía modulada en una

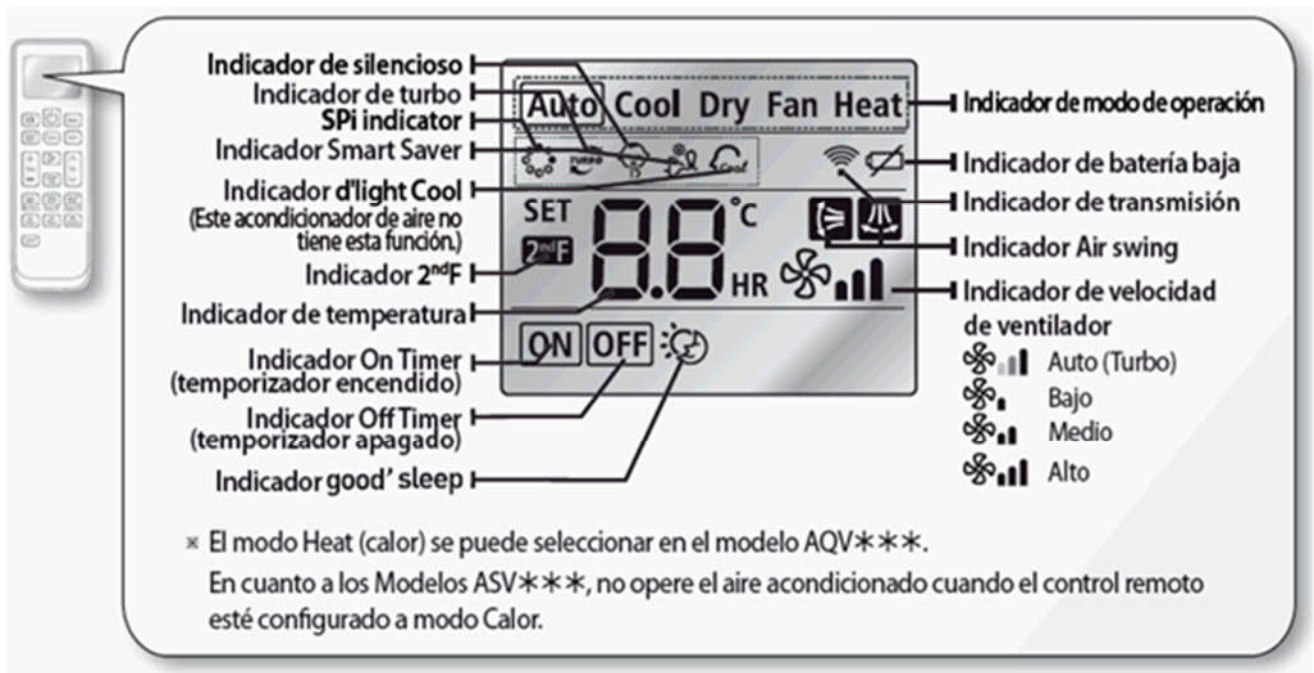
onda portadora. La frecuencia de la onda portadora depende de protocolo empleado pero, en general, varía entre 36-50 kHz, siendo el más habitual en torno a los 38 kHz.

La onda portadora tiene un periodo de 26µs, y la señal transmitida distingue entre 0 y 1 por la duración de los pulsos, siendo:

- Logical 0 – Un pulso de 562.5µs seguido por un espacio de 562.5µs.
- Logical 1 – Un pulso de 562.5µs seguido por un espacio de 1.675µs.

En cuanto al contenido del mensaje enviado, el protocolo NEC envía una dirección 8 bits y un comando de 8 bits. Esto significa que pueden controlarse hasta 256 dispositivos sin interferir entre ellos, y enviar hasta 256 comandos diferentes.





15-CONTROLES UNIVERSALES

Los controles remotos universales son dispositivos que están diseñados para operar diversos artefactos electrónicos de varios fabricantes simultáneamente. Un control de este tipo puede ser conveniente si tienes un televisor de un fabricante, un reproductor de DVD de otro, y un sistema de sonido envolvente de otro. En lugar de usar tres controles diferentes para operar los dispositivos, un control remoto universal puede operar los tres.

Códigos numéricos

Los controles remotos universales pueden controlar muchos artefactos diferentes debido a su habilidad para usar diversos códigos numéricos. Cada dispositivo que compras tiene un código numérico específico de fábrica. Estos códigos le permitirán a los controles remotos suministrados por el fabricante controlar el artefacto instantáneamente. El código numérico de un aparato Sony es diferente del código numérico de un aparato Samsung, por ejemplo. Estos códigos simplemente representan la frecuencia infrarroja con la que funciona el control.

Múltiples dispositivos

Ya que no puedes reprogramar un control remoto universal, tu control Sony solamente podrás usarlo con dispositivos Sony. Uno de tipo universal te permitirá programar diferentes códigos numéricos, dejándote controlar muchos dispositivos desde el mismo control. Algunos controles operarán un máximo de 3 dispositivos diferentes, mientras que con modelos más caros podrás controlar hasta 15 dispositivos diferentes.

IV- LA TECNOLOGIA INVERTER: VFD, MODULO IPM: Averías

a-Introducción: Tecnología Inverter en Sistemas de Climatización

1.- Generalidades

Se le llama *inverter* a un tipo de dispositivo electrónico que es capaz de regular el voltaje, la corriente y frecuencia de alimentación de un aparato eléctrico, es decir, que un inverter no es más que un circuito electrónico de conversión de la energía eléctrica de alimentación de un aparato eléctrico.

Aplicado a los sistemas de aire acondicionado, por ejemplo de tipo split, que consta de una unidad interior de tipo mural y una unidad exterior donde se sitúa el compresor, el dispositivo electrónico inverter lo que hace es modificar la corriente eléctrica que alimenta al compresor.

De esta manera, modificando la frecuencia, intensidad o voltaje de la corriente de alimentación del compresor, se puede conseguir también variar las revoluciones de funcionamiento del mismo, y por ende, del caudal de refrigerante que circula por el circuito entre las unidades exterior e interior del aire acondicionado.

Así por ejemplo, para un sistema de aire acondicionado que se alimenta de la red eléctrica de la vivienda en corriente alterna (50 Hz. y 230 V, en Europa) el dispositivo inverter modula esta corriente de entrada, y la transforma en una corriente de salida que alimente al compresor con frecuencia variable, que varíe en un rango de entre 30-90 Hz, por ejemplo, y una tensión de entrada también variable.

Con ello, se podrá conseguir que el compresor pueda girar a distintas velocidades en función de las necesidades de carga térmica de cada momento, permitiendo además al sistema adaptarse más eficazmente y de forma más rápida a la demanda de cada instante y reduciendo también, como se verá más adelante, el consumo eléctrico.

Comparándolo con un sistema de aire acondicionado estándar, la tecnología inverter permite ajustar el funcionamiento del compresor a la demanda de la carga, proporcionando mayor eficiencia y reduciendo las pérdidas.

En efecto, así por ejemplo, cuando las condiciones de temperatura del recinto a acondicionar no requiera de la máxima potencia (porque la ocupación de personas sea mínima, o las condiciones exteriores sean favorables), el dispositivo inverter permitirá que las revoluciones de giro del compresor disminuya por debajo de su régimen nominal.

Bajando el régimen de trabajo del compresor, se reduce también su potencia de funcionamiento y por tanto, su consumo eléctrico, aumentando así la eficiencia global del sistema.

En los siguientes apartados se pasará a desarrollar el principio de funcionamiento que rige este tipo de tecnología para tener una mejor comprensión de la misma.

2.- Principio de funcionamiento en Refrigeración.

Para entender de manera sencilla el principio de funcionamiento de un sistema de aire acondicionado con tecnología inverter se recomienda estudiar la secuencia que sigue el sistema para su puesta en marcha:

1°.- En primer lugar, en función de las necesidades de confort que el usuario desea tener en la estancia a acondicionar, se fija la temperatura deseada en el display o mando de control remoto del sistema.

2°.- Mientras que en un sistema de aire acondicionado tradicional sin tecnología inverter, el compresor arrancaría funcionando siempre al 100% de su capacidad, desde el principio hasta alcanzar la

temperatura deseada; con el sistema inverter, al poderse regular la corriente de alimentación del compresor, éste en los primeros momentos, nada más arrancar el sistema, podrá aumentar su velocidad de giro por encima de su régimen nominal, alcanzando incluso hasta un 130% de su capacidad, lo que permitirá alcanzar la temperatura de confort mucho antes que lo haría un sistema tradicional.

3°.- Una vez alcanzada la temperatura de confort, con un sistema tradicional de climatización, la temperatura de la estancia se regularía mediante periodos sucesivos de paradas y arranques del compresor, que cada vez que se ponga en marcha trabajaría siempre al 100% de su capacidad. Por tanto, el compresor en un sistema tradicional trabajaría en un régimen de todo o nada. Esto va a generar picos de consumo, debido a que para arrancar un motor eléctrico desde cero se necesita de un consumo inicial varias veces su potencia nominal de régimen.

Sin embargo, con el sistema inverter el compresor no llega a pararse totalmente, sino que gracias a que el uso del inverte permite regular la velocidad del compresor, cuando se haya alcanzado la temperatura de confort de la estancia y no se necesite de toda la potencia, el inverter baja el régimen de giro del compresor, por ejemplo al 50% de su capacidad nominal o incluso menos, con lo que se consigue reducir el consumo eléctrico.

Además, al evitarse parar totalmente el motor del compresor se evitan también los picos de consumo que se producen en el arranque de la máquina, y también se reducen los efectos térmicos de sensación de excesivo frío o calor que se producen con el sistema de aire acondicionado tradicional con los periodos de arranques y paradas.

3.- Fases de funcionamiento del inverter

Durante el funcionamiento de cualquier sistema de aire acondicionado con tecnología inverter, se pueden distinguir distintas fases o etapas en su funcionamiento:

- Fase de Máxima Potencia: Se produce cuando las condiciones ambientales son adversas. En esta situación, el sistema inverter

ordena al compresor girar al máximo de su capacidad para alcanzar lo antes posible la condición de confort. A esta fase se le llama también *PAM* (o Fase de Potencia).

- Fase de Potencia Media: Cuando se ha alcanzado la temperatura de consigna y las condiciones son normales, el sistema inverter ordena al compresor a reducir su régimen de revoluciones, adaptando su potencia al requerimiento del sistema.

Esto en un sistema de climatización tradicional que no dispusiera de tecnología inverter no sería posible, dado que el compresor seguiría funcionando siempre al 100% de su capacidad, consumiendo así más potencia que un sistema inverter.

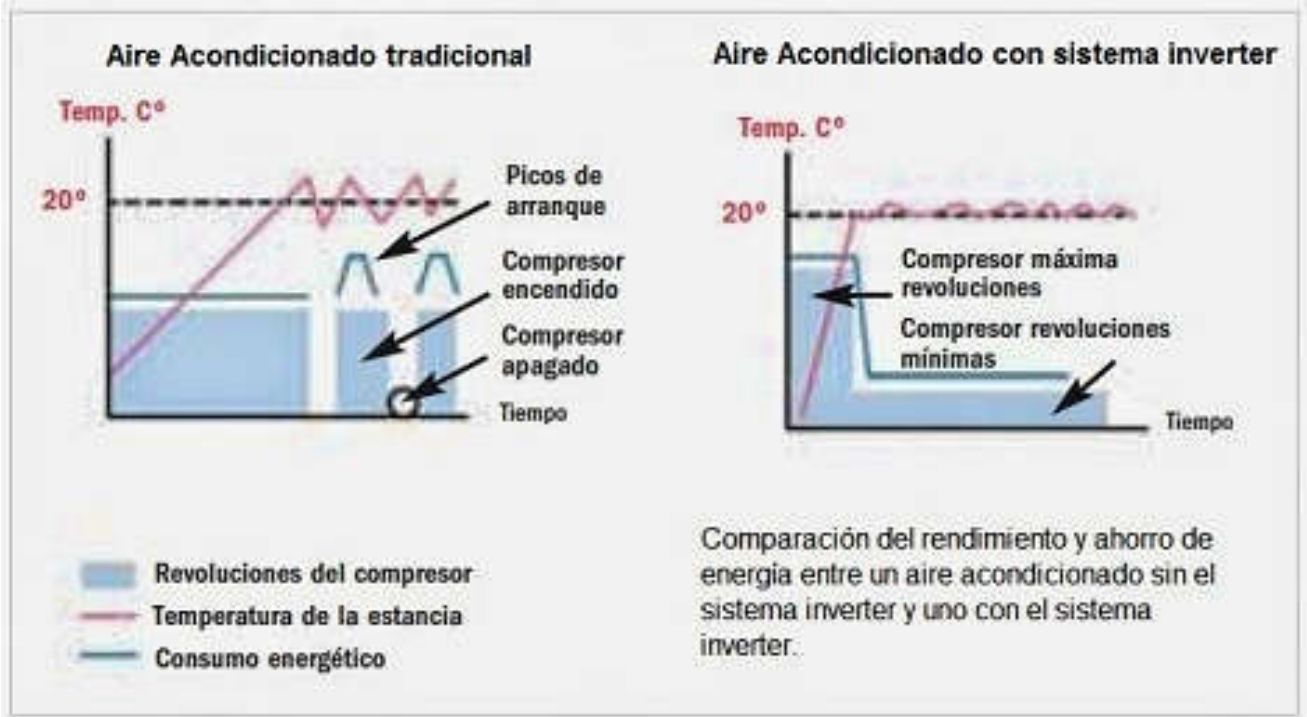
- Fase de Mínima Potencia: Cuando las condiciones ambientales son favorables, para mantener la temperatura de confort en los sistemas de climatización inverter, el compresor continúa girando pero a muy bajas revoluciones, consumiendo de esta manera muy poca energía. A esta fase también se le llama técnicamente *PWM* (o Fase de Ahorro).

Por el contrario, en un sistema de climatización tradicional sin tecnología inverter el compresor trabajaría en régimen de todo o nada, es decir, que si se genera un exceso de frío en la estancia, el compresor reaccionaría parándose hasta que la temperatura de la estancia volviera a subir por encima de la temperatura de consigna que haría poner de nuevo en funcionamiento al compresor.

Estas fases sucesivas de parada y puesta en marcha del compresor suponen a la larga un mayor consumo energético, pues la potencia que se necesita en cada arranque de la máquina es varias veces superior a su potencia nominal de régimen.

4.- Ventajas del sistema inverter en refrigeración

Como ya se ha comentado varias veces, a diferencia de los sistemas convencionales de climatización, la tecnología inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria.



De esta manera se consigue reducir bastante las oscilaciones de temperatura del recinto que se está acondicionando, consiguiendo mantener la temperatura ambiente en un margen comprendido entre +1 °C y -1 °C de la temperatura objetivo.

Así, el usuario logra disfrutar de una mayor estabilidad ambiental en la temperatura y sensación de confort, dado que se eliminan las fluctuaciones de temperatura tan típicas de los sistemas convencionales y que resultan tan desagradables.

Y todo ello gracias al dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, los equipos con tecnología inverter hacen variar las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia ajustada a la demanda energética que se requiere en cada instante.

Asimismo, cuando se esté a punto de alcanzar la temperatura deseada, el dispositivo inverter disminuye gradualmente la potencia de alimentación al compresor para que gire más lentamente, pero sin llegar a detenerse. De esta manera se reduce también el ruido ligado a las fases de arranque de la máquina y el consumo es siempre proporcional a las necesidades de cada momento.

Además, como ya se ha dicho anteriormente, con el sistema inverter de regulación de la potencia de alimentación del compresor, éste también puede trabajar hasta un 30% por encima de su potencia nominal para conseguir más rápidamente la temperatura deseada en los momentos iniciales, que es cuando mayor demanda térmica se requiere.

Por otro lado, también puede funcionar hasta un 50% por debajo de su potencia nominal o menos en la fase de mínima potencia, que ocurre cuando se ha alcanzado la temperatura de confort y las condiciones ambientales son favorables. De nuevo, esto se traduce en una significativa reducción tanto del ruido como del consumo.

A continuación y a modo de resumen, se enumeran las ventajas que presenta el sistema de aire acondicionado con tecnología inverter frente al modelo tradicional de climatización:

- Rapidez de enfriamiento:

- Con inverter: al poder regular la potencia de alimentación del compresor, el dispositivo electrónico inverter permite que éste pueda trabajar hasta un 30% por encima de su potencia nominal en los primeros instantes, con el fin de poder llegar antes a la temperatura de confort.

- Sin inverter: un climatizador sin función inverter, el compresor funciona a la misma velocidad siempre, por lo que tarda más tiempo en enfriar o calentar el recinto y lograr la temperatura de confort.

- Uso eficiente de la energía:

- Con inverter: el compresor regula su régimen de revoluciones, y por tanto, la potencia de salida, adaptándose a la demanda de cada momento. Esta regulación eficiente y lineal de la temperatura mantiene una sensación de mayor confort para el usuario.

- Sin inverter: el compresor se enciende y apaga según los cambios de temperatura de la estancia, por lo que no se logra mantenerla constante. Además, los continuos periodos de arranque y parada del compresor suponen a la larga un mayor consumo de energía, ruido y menor durabilidad de la máquina.

- Consumo de energía:

- Con inverter: la posibilidad de regular el régimen de giro del compresor a la demanda de cada momento permite un ahorro de consumo energético. De hecho, se ha demostrado que un climatizador que incorpore tecnología inverter consume aproximadamente la mitad de energía eléctrica que un modelo sin función inverter.

- Sin inverter: el compresor trabaja en régimen de todo o nada. Esto supone que cada período de arranque de la máquina generará picos de corriente que se traduce en un mayor consumo energético.

5.- Ventajas del sistema inverter aplicado en bomba de calor

A continuación se expondrán algunos aspectos donde la tecnología inverter presenta una mayor ventaja frente a los sistemas convencionales de aire acondicionado en lo que respecta a su uso como bomba de calor.

- *Capacidad calorífica cuando baja la temperatura exterior.*

En funcionamiento como bomba de calor, en los sistemas de aire acondicionado convencionales disminuye su capacidad calorífica conforme más baja es la temperatura ambiente del exterior.

Por el contrario, un sistema de aire acondicionado que disponga de tecnología inverter, debido a que es capaz de poder aumentar el régimen de revoluciones del compresor incluso por encima de su capacidad nominal, consigue mantener su capacidad calorífica invariable, aunque la temperatura exterior disminuya incluso por debajo de las condiciones de diseño de la máquina.

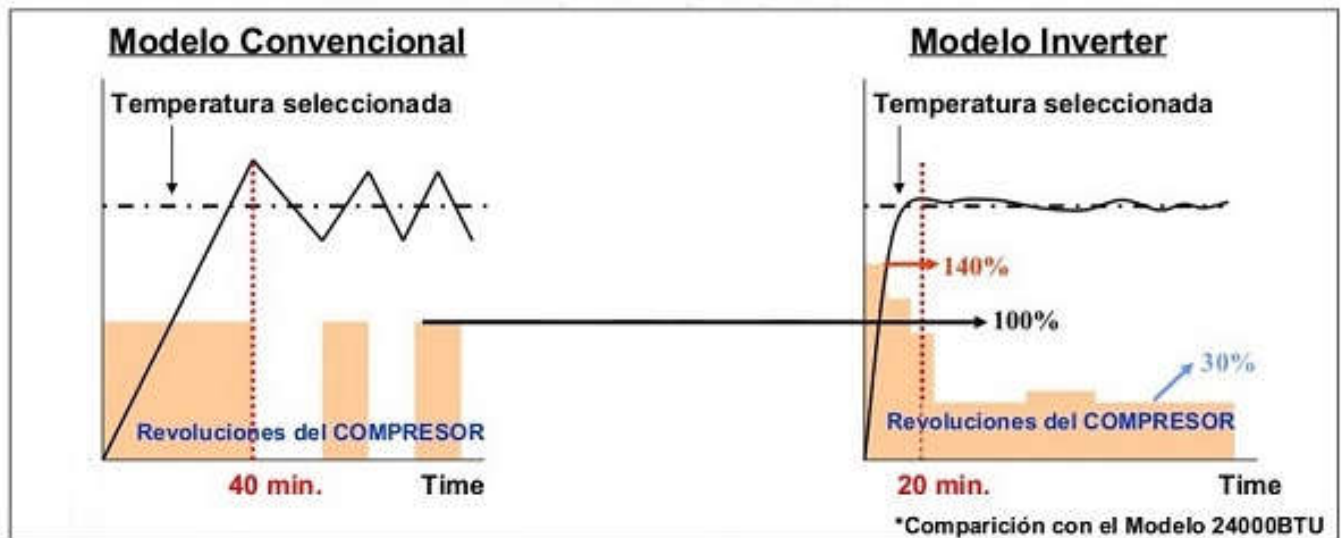
- *Tiempo para alcanzar la temperatura deseada en el recinto:*

Un sistema de aire acondicionado con tecnología inverter puede hacer funcionar al compresor al máximo de revoluciones, incluso por encima de su capacidad nominal, en los primeros momentos de funcionamiento.

Con ello se consigue poder ofrecer una gran capacidad calorífica al principio, cuando la estancia a acondicionar está más fría, reduciendo el tiempo requerido en alcanzar las condiciones de confort.

Por el contrario, un sistema de aire acondicionado convencional funciona al mismo régimen siempre, por lo que no puede ofrecer más capacidad al principio que es cuando más se necesita.

Se estima en unos 15 a 20 minutos, como el tiempo medio de ahorro que un sistema inverter puede acortar en alcanzar las condiciones de confort con respecto a un sistema convencional.



El sistema convencional requiere de largos periodos de tiempo para alcanzar la temperatura seleccionada (unos 40 minutos)

Con el sistema inverter el compresor puede funcionar a más revoluciones acortando el tiempo en alcanzar la temperatura designada, respecto al modelo convencional, en unos 20 minutos

- *Fluctuaciones en la temperatura del recinto:*

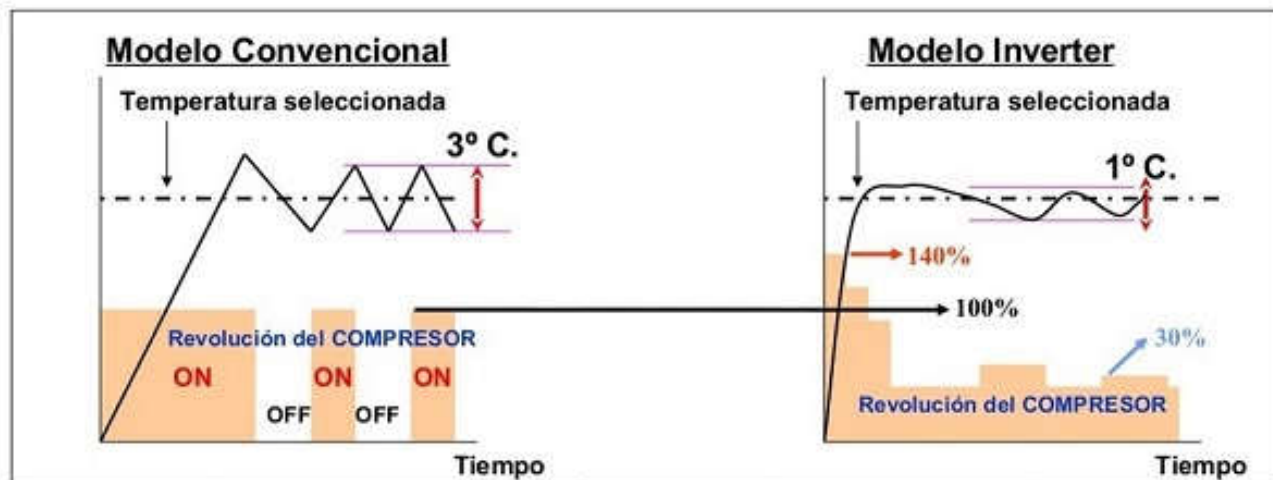
Efectivamente, ligado a la forma de funcionar de los sistemas convencionales de aire acondicionado donde el compresor funciona en un régimen de todo o nada, la temperatura del interior del recinto fluctúa en mayor medida, aumentando la sensación de frío en los momentos donde el compresor no funciona, o de excesivo calor cuando éste está funcionando.

Así de esta manera, la temperatura del recinto cae rápidamente en los periodos donde el compresor está parado, creando una sensación desagradable de frío en los usuarios.

Con la tecnología inverter, el régimen de funcionamiento del compresor no se detiene por completo, sino que se adapta a las necesidades de cada momento logrando controlar mejor la temperatura del recinto. Así se evita que la temperatura fluctúe demasiado, consiguiendo mejorar las condiciones de confort.

Efectivamente, en un sistema de aire acondicionado con tecnología inverter el compresor no deja de funcionar cuando se alcanza la temperatura de confort, sino que sigue controlando la temperatura del recinto, disminuyendo su velocidad cuando no es necesario aportar más calor, o aumentando su régimen de funcionamiento cuando la temperatura del recinto comienza a bajar.

Mantener funcionando al compresor, aunque sea a bajas revoluciones, evita los periodos de parada y arranque, como ocurre con los sistema convencionales. Esto, a la larga, repercute en un ahorro de energía (dado que cada vez que se arranque el compresor requiere de un pico de potencia) y de una mayor durabilidad de la máquina.



Con el sistema convencional, la temperatura del recinto cae rápidamente cuando el compresor se detiene, haciendo fluctuar la temperatura que el cuerpo humano puede apreciar causándole una desagradable sensación

Con el sistema inverter, el rango de fluctuación de la temperatura es pequeño, dado que una vez alcanzada la temperatura deseada el compresor no para, sino que seguirá controlando la temperatura del recinto disminuyendo o aumentando las revoluciones de giro

6.- Tipos de compresores en el sistema inverter

En un compresor tradicional con "escobillas", el estator detecta al rotor emitiendo impulsos eléctricos constantes, para lo cual suelen tener un colector de delgas o un par de anillos de rozamiento.

Esta tecnología aplicada a los sistemas tradicionales de climatización genera por tanto mucho rozamiento, disminuye su rendimiento, desprenden mucho calor y ruido durante su funcionamiento, requieren de mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor.

En los nuevos compresores "brushless" aplicados a la tecnología inverter, la detección del movimiento de giro del rotor es digital y se elimina esa ineficiencia derivada del rozamiento de las escobillas. En este caso, no hay impulsos eléctricos superfluos.

De esta manera, cuando se habla de compresores DC, o de sistema inverter DC, se refiere a "Digital Control", es decir, a compresores sin escobillas o "brushless", y sin rozamientos.

Como ya se sabe, los sistemas con tecnología inverter modulan la frecuencia de la corriente eléctrica de alimentación al compresor (desde 10 hasta 150 Hz aprox.), permitiendo al compresor girar a diferentes velocidades para regular la potencia entregada en función de la demanda térmica de cada momento.

7.- ¿Qué distingue un inverter de otro?

Considerando que las dos necesidades básicas a satisfacer por todo sistema de climatización es el confort del usuario y el ahorro energético, y partiendo en igualdad de condiciones en otros aspectos tales como la clasificación energética del aparato (SEER / SCOP), caudal de aire, nivel sonoro o sistemas de filtrado empleado, la verdadera diferencia entre dos sistemas inverter de distintas casas comerciales radica en su capacidad de adaptación en cada momento a las distintas condiciones ambientales que puedan presentarse.

En este sentido, se conoce como "rango de variación" a la variación porcentual que el sistema puede ofrecer desde su capacidad nominal para aumentar su potencia (Fase de Potencia ó PAM), o para reducirla cuando ya no es necesaria por ser favorables las condiciones ambientales y por tanto procede ahorrar energía (Fase de Ahorro ó PWM).

a) Fase de Potencia. Gracias a la tecnología inverter PAM, que regula la amplitud de onda de la corriente de alimentación, los sistemas son capaces de revolucionarse y funcionar por encima de su capacidad nominal para reaccionar en condiciones adversas de temperatura, o cuando la estancia está sobrecargada de fuentes de calor.

En este sentido, existen marcas comerciales que pueden ofrecer en sus equipos hasta el 50% más respecto a su potencia nominal.

b) Fase de Ahorro. El gran secreto del inverter es la tecnología PWM, que regula el ancho de onda de la señal de alimentación y que es responsable de la modulación de la capacidad para ajustarse a necesidades decrecientes de energía cuando las condiciones son favorables.

Un buen diseño del aire acondicionado supone elegir aquel modelo que opere en Fase de Ahorro la mayor parte del tiempo, y es aquí donde se nota la diferencia entre sistemas.

En función de la tecnología, tanto electrónica como mecánica, el sistema puede funcionar muy por debajo de su capacidad nominal, generando importantes mejoras en ratio de eficiencia energética, confort, nivel sonoro y, por supuesto, consumo.

En el mercado, existen sistemas de casas comerciales que pueden alcanzar mínimos de capacidad de hasta el 5% de su potencia nominal en gama residencial, 15% en gama comercial y 30% en sistemas VRF para edificios.

Conclusiones: Beneficios de un Inverter

- Menores consumos energéticos, minimizando el periodo de amortización y reduciendo las emisiones de CO₂.
- Mejoras en los rendimientos a cargas parciales consiguiendo los valores de ESEER más elevados del mercado.

- Rápido alcance de las condiciones de confort.
- Reducción de los niveles sonoros ruido a cargas parciales.
- No existen picos de corriente: Corriente de arranque < Corriente nominal.
- Óptimo factor de potencia (> 0.95).
- Mayor fiabilidad del compresor gracias a la reducción de paradas y arranques del mismo.

Asimismo, el representante de Daikin presenta una comparación del funcionamiento de un equipo Inverter frente a uno convencional, con lo que sacó las siguientes conclusiones:

Eficiente uso de la potencia

- Sin Inverter: el compresor se enciende y se apaga según los cambios de temperatura en la habitación. En otras palabras, la temperatura siempre fluctúa.
- Con Inverter: la velocidad del compresor y, por tanto, la potencia de salida, se adapta a la temperatura de la habitación. Esta regulación eficiente y lineal de la temperatura mantiene en todo momento una habitación agradable.

Más eficiente uso del consumo eléctrico

- Sin Inverter: un aire acondicionado sin función Inverter consume aproximadamente el doble de electricidad.
- Con Inverter: Un aire acondicionado Inverter consume la mitad de la electricidad que un modelo sin esta función, con lo que se obtiene mayor bienestar por menos dinero.

NOTA: La tecnología Inverter en los sistemas UPS (Energía ininterrumpida)

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda rectangular.

Esta onda rectangular alimenta a un [transformador](#) que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una [onda senoidal](#) y produciendo el [voltaje](#) de salida necesario. La forma de onda de salida del voltaje de un inversor ideal debería ser sinusoidal. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de [PWM](#) logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los [tiristores](#), los [triac](#) , [IGBT](#) y [MOSFETS](#).

Los inversores más eficientes utilizan varios filtros electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda senoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda.

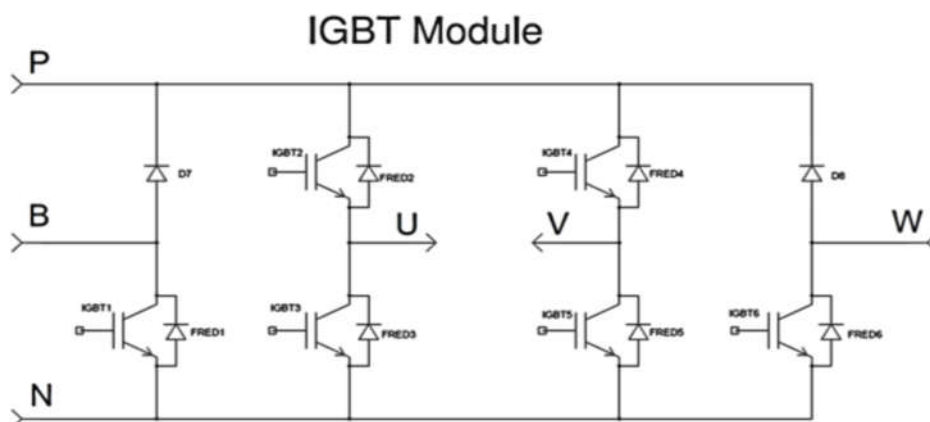
Se pueden clasificar en general en dos tipos: 1) inversores monofásicos y 2) inversores trifásicos.

Se pueden utilizar [condensadores](#) e [inductores](#) para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Además, es posible producir una llamada "onda senoidal modificada", la cual se genera a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de [tierra](#). Una circuitería lógica se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente. Los inversores de onda senoidal modificada pueden causar que ciertas cargas, como motores, por ejemplo; operen de manera menos eficiente.

Los inversores más avanzados utilizan la [modulación por ancho de pulsos](#) con una frecuencia portadora mucho más alta para aproximarse más a la onda seno o [modulaciones por vectores de espacio](#) mejorando la distorsión armónica de salida. También se puede predistorsionar la onda para mejorar el [factor de potencia](#) ($\cos \phi$).

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado [IGBT](#) (Insulated Gate Bipolar transistor ó Transistor Bipolar de Puerta Aislada).



b-1-Variadores de Frecuencias (VFD); Teoría Básica Componentes, Funcionamiento, 2-Modulo IPM: Averías y Códigos de Errores

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

1-Variadores de Frecuencias (VFD);

-Veamos primero una amplia visión de este Sistema aplicados al control de motores y que está revolucionando la Industria del confort.



Pequeña unidad de variación de frecuencia

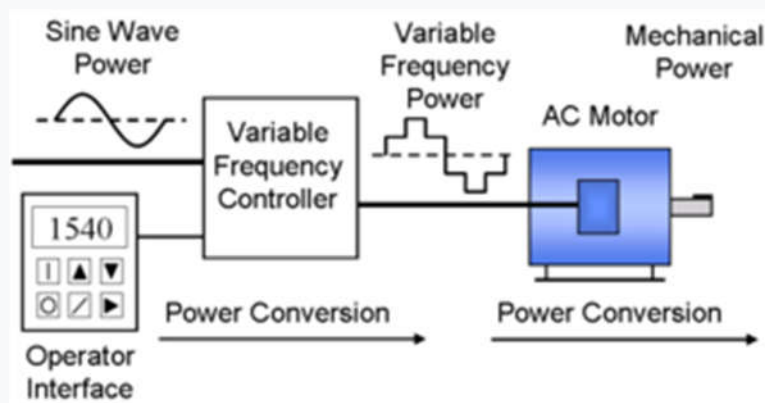
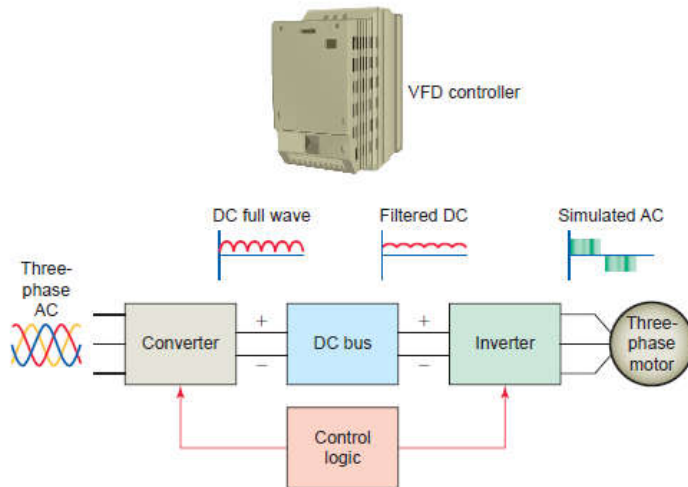


Diagrama de un sistema VFD

Un **variador de frecuencia** (siglas VFD, del inglés: *Variable Frequency Drive* o bien *AFD Adjustable Frequency Drive*) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un **motor de corriente alterna** (AC) por medio del control de la **frecuencia** de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un **variador de velocidad**.



Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

Principio de funcionamiento

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de **corriente alterna** (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el **estator**, de acuerdo con la relación:

Los variadores de frecuencia (siglas AFD, del inglés *Adjustable Frequency Drive*; o bien VFD *Variable Frequency Drive*) permiten controlar la velocidad tanto de motores de inducción (asíncronos de **jaula de ardilla** o de **rotor devanado**), como de los motores síncronos mediante el ajuste de la frecuencia de alimentación al mo

- Para el caso de un **motor síncrono**, la velocidad se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (4)$$

- Cuando se trata de motores de inducción, se tiene:

$$N_m = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P} \quad (5)$$

donde:

N_s = velocidad síncrona (rpm)

N_m = velocidad mecánica (rpm)

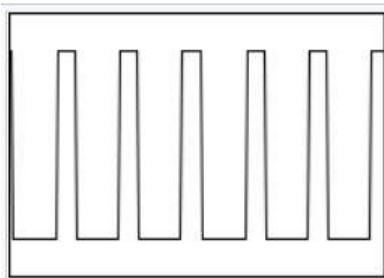
f = frecuencia de alimentación (Hz)

s = deslizamiento (adimensional)

P = número de polos.

las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en [Motor asíncrono](#) son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3600 RPM, 1800 RPM, 1200 RPM y 900 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 60 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en [Motores síncronos](#) como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de tener par en los momentos en los que alcanzase al campo magnético)



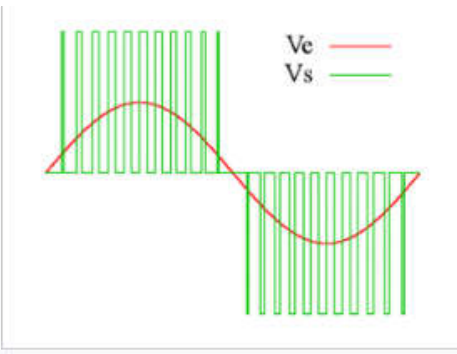
Esa variación en el ciclo de trabajo hace subir o bajar el valor medio de la señal

Esa variación en el ciclo de trabajo hace subir o bajar el valor medio de la señal

Como no podemos cambiar los polos, La forma de variar la frecuencia básicamente consta de cambiar el ciclo de trabajo (tiempo ON y tiempo OFF en un período) de una onda cuadrada

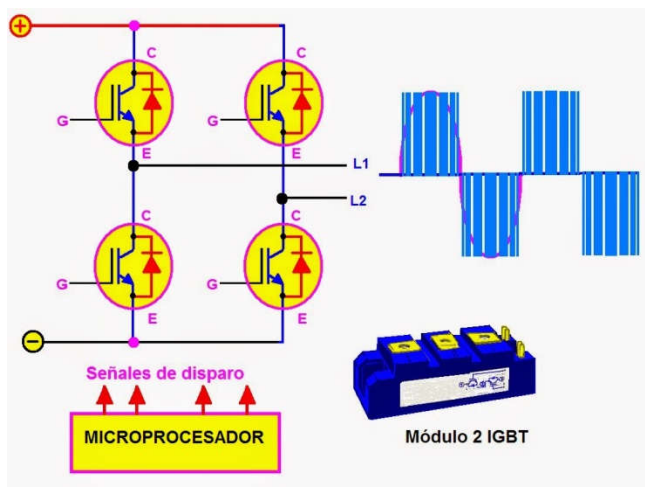
periódica, de tal forma que el valor medio de la tensión (el promedio) a lo largo del tiempo varíe entre V máximo y V mínimo. .(ver figura a su derecha). La velocidad con que variamos el ciclo de trabajo, o sea su valor medio, será la frecuencia de variación del valor medio.

Esto físicamente se logra a través de "llaves electrónicas" de conmutación que son los IGBT (transistores bipolares de compuerta aislada) que actúan como interruptores que al cerrarse y abrirse por medio de un software específico conforman la onda cuadrada, que permite obtener la señal sinusoidal .

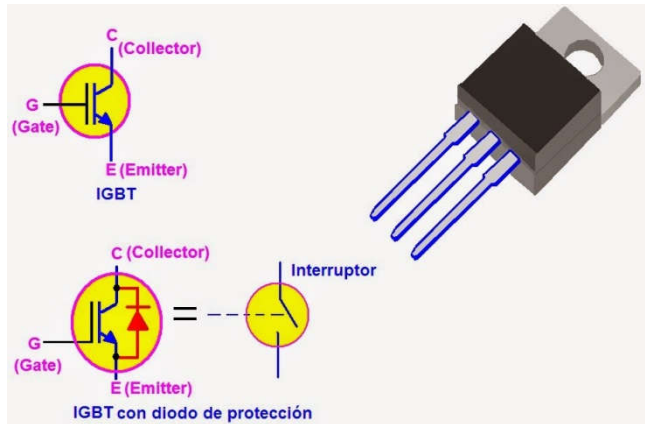


Resultado de una onda sinusoidal de frecuencia f (Hz) por variación del ciclo de trabajo de una onda cuadrada

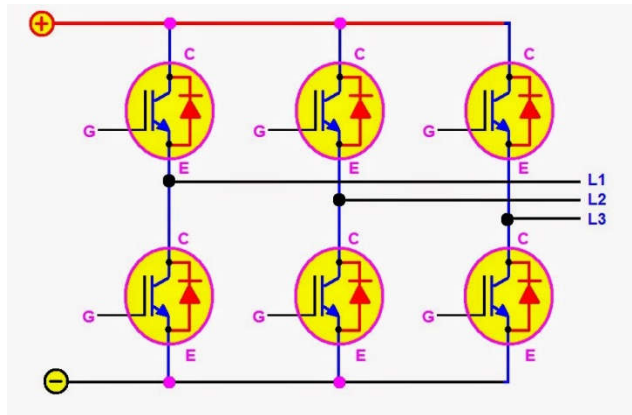
Resultado de una onda sinusoidal de frecuencia f (Hz) por variación del ciclo de trabajo de una onda cuadrada



Circuito Inversor monofásico en arreglo puente "H"



Tecnología IGBT



Sistema Trifásico.

Descripción del VFD

Un sistema de variador de frecuencia (VFD) consiste generalmente en un motor de CA, un controlador y una [interfaz](#) operadora.

Motor del VFD

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción [trifásico](#). Algunos tipos de motores [monofásicos](#) pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores [estándar](#) aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD.(variador de frecuencia)

Controlador del VFD

El [controlador de dispositivo](#) de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de [estado sólido](#). El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un [puente rectificador](#). La energía intermedia CC es convertida en una señal [quasi-senoidal](#) de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de [diodos](#), pero también se usan [rectificadores controlados](#). Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto

monofásicas como trifásicas (actuando como un *convertidor de fase*, un variador de velocidad).

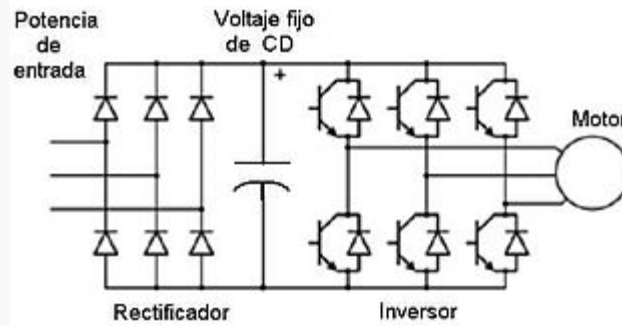


Diagrama de Variador de frecuencia con *Modulación de Ancho de Pulso* (PWM).

En la actualidad existen muchos circuitos integrados en los que se implementa la modulación PWM, además de otros muy particulares para lograr circuitos funcionales que puedan controlar fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoelectrónicos, choppers para sensores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones.

En los motores (Compresores)

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna, como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por relés (baja frecuencia) o MOSFET o tiristores (alta frecuencia).

Otros sistemas para regular la velocidad modifican la tensión eléctrica, con lo que disminuye el par motor; o interponen una resistencia eléctrica, con lo que se pierde energía en forma de calor en esta resistencia.

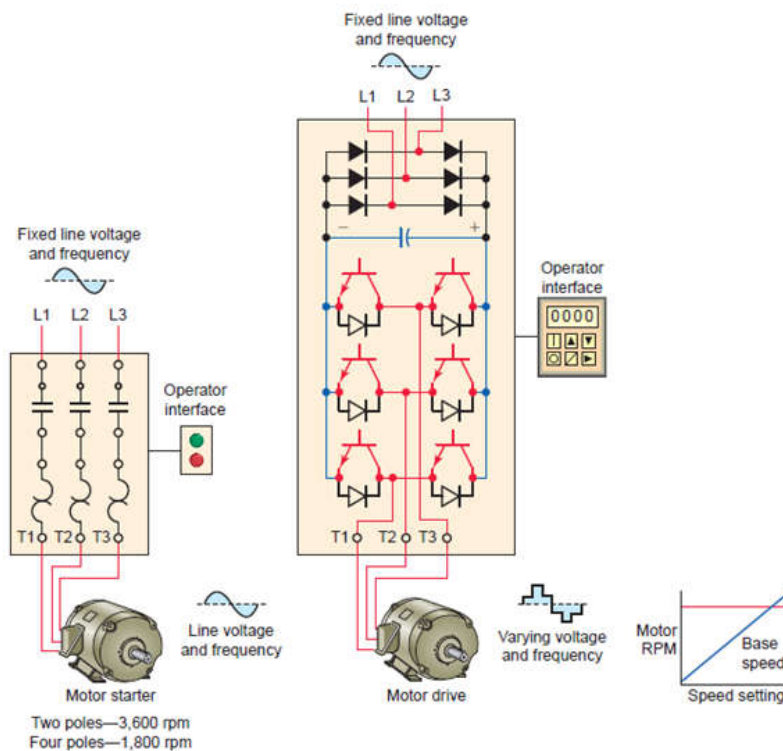
Otra forma de regular el giro del motor es variando el tiempo entre pulsos de duración constante, lo que se llama modulación por frecuencia de pulsos.

En los motores de corriente alterna también se puede utilizar la variación de frecuencia.

La modulación por ancho de pulsos también se usa para controlar servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada un cierto período que depende de cada servo motor

-OJO-Debemos de tener mucho cuidado con la aplicación del VFD en los motores convencionales de inducción, ya que estos pueden ser muy afectados principalmente con la temperatura. Existen motores llamados, “Inverter Duty” y “Vector Duty”, los cuales si están preparados para funcionar con VFD, ya que están diseñados con los estándares de temperatura para estos fines. Un dato de placa muy importante es el llamado el “Factor de Servicio” [Service Factor] el cual indica una tolerancia por encima de los HP máximos del motor.

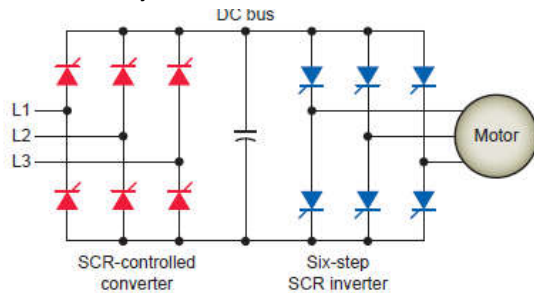
Por ejemplo si la placa de un motor dice que tiene un factor de servicio de 125, y 10 HP, entonces su tolerancia máxima será el 125% de 10 serían entonces: $1.25 \times 10 = 12.5$ HP.



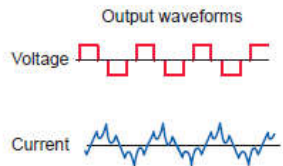
Comparación entre la instalación de un sistema convencional y uno controlado con VFD

Antes de entrar al desarrollo de los VFD modernos, veamos los dos tipos de VFD de los tiempos anteriores, a sabiendas que los primeros VFD surgieron tímidamente desde los años setenta.

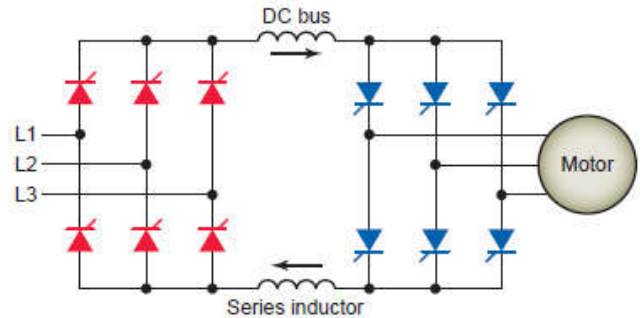
1-Voltage-Source Inverter (VSI). Este inverter llamado también **Variable Voltage Inverter** , Utiliza SCR como rectificadores controlados y para la generación del



voltaje casi senoidal para el motor. El DC Bus contiene capacitores para bajar el rizado de la señal rectificada. El Control lógico, no mostrado, se encarga de switchear los SCR on-off. Este tipo de interrupciones se llaman el ciclo de seis pasos de 60 Hz, o sea 6 X 60



= 360° para la producción de la señal casi senoidal en la corriente y pulsos en el voltaje. Pero cada vez que ocurren estas pulsaciones generadas por los SCR, también estas pulsaciones afectaban el Torque, produciendo extra calentamiento. Esto fue después solucionado con el uso de los IGBT.



2-Current-Source Inverter (CSI). Con este sistema, configurado como fuente de corriente y no como voltaje, como el anterior, utilizaba en el Bus de CD, una serie de inductores, los cuales se oponían a cualquier cambio en las corrientes, pero aun así resultaron también poco eficiente y llegaron al desuso. Se terminó con el uso de los SCR para estos fines.

Identificación y Topología del VFD Moderno

Los variadores de velocidad (VSD, por sus siglas en inglés Variable Speed Drive) son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y el Par de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de la red en magnitudes variables.



VARIADORES DE FRECUENCIA

- Variadores con control escalar
- Variadores vectoriales con lazo cerrado
- Variadores vectoriales con lazo abierto



Ventajas de utilizar un variador de velocidad

Los variadores de velocidad AC, se utilizan en cualquier proceso industrial de la actualidad, cualquier organización puede utilizar un Drive AC, porque puede mejorar los procesos de fabricación y la calidad del producto.

Los variadores de velocidad proporcionan estas mejoras en la calidad mediante la optimización de los siguientes elementos:

Control de velocidad

Control de Flujo

Control de Presión

Control de Temperatura

Control de aceleración

Control de tensión

Control de Par

Monitoreo

Toda industria que posee motores de CA, puede beneficiarse del uso de variadores de velocidad, porque pueden reducir el costo de operación, por el incremento de la rentabilidad del sistema, por la reducción del tiempo muerto y reduce los costos de energía eléctrica

La teoría explicativa para el entendimiento del sistema de VFD se resume en:

Explicar cómo varía la frecuencia y el ancho de pulso PWM para afectar en la velocidad del motor

Explicar la diferencia entre un variador de velocidad de un cuadrante y uno de cuatro cuadrantes

Explicar las ventajas de utilizar un variador de velocidad regenerativo

Entender los tipos de control más utilizados en un variador de velocidad: Voltaje lineal/frecuencia, voltaje cuadrático/frecuencia, voltaje multi-punto/frecuencia, control de vectores.

Explicar la diferencia entre convertidores de AC/AC, DC/AC

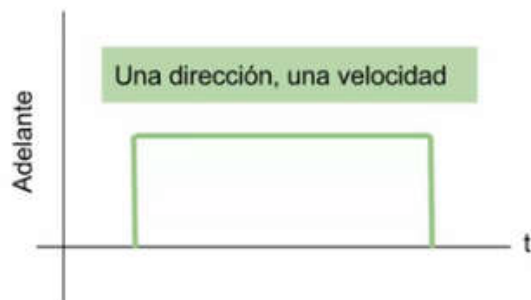
Identificar circuitos y componentes adicionales que se incluyen a menudo en un variador de velocidad

Explicar la función del bloque del controlador en un variador de velocidad

Veamos Algunos Parámetros a Conocer: Tipos de arranques, Velocidad y Torque.

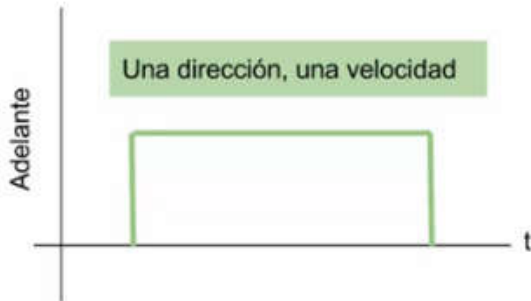
Existen varias maneras de controlar un motor de AC, en esta ocasión vamos a mencionar cuatro formas utilizadas, cada una tiene diferentes enfoques y propósitos.

Arranque Directo



-Arranque Directo:

Arranque Directo

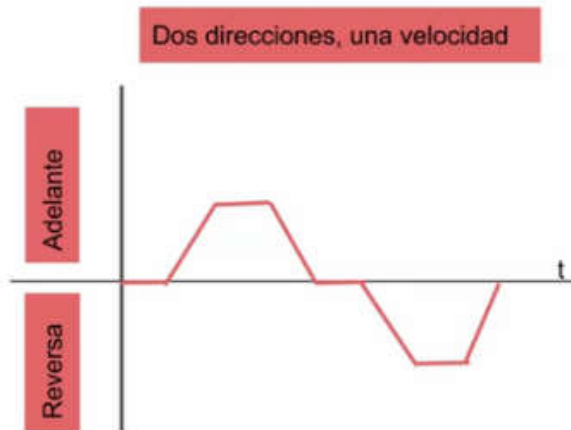


Arranque directo o también conocido como arranque a tensión plena, se llama así debido que el voltaje total se suministra al motor cuando este arranca.

Este tipo de arranque se utiliza cuando la corriente demandada por el motor no produce perturbaciones en la red eléctrica y cuando la carga puede soportar la corriente de arranque.

-Arranque Suave:

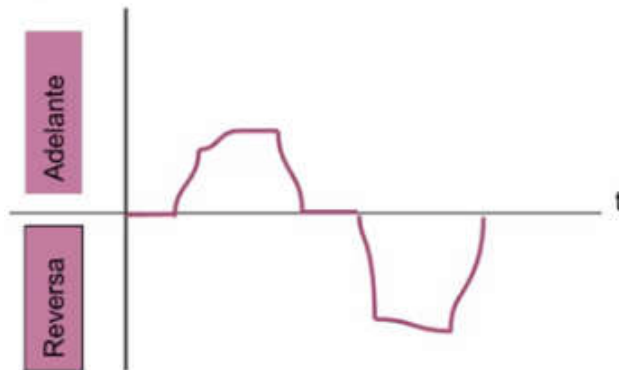
Arranque suave



El arranque suave es un método que reduce las rampas de voltaje de arranque hasta que el motor llegue a su velocidad máxima por lo tanto reduce la corriente de arranque, sin embargo no pueden controlar la velocidad del motor después de haber alcanzado la velocidad máxima

-Dos Direcciones con Velocidad y rampas Variables.

Dos direcciones, velocidad y rampas variables además de funciones adicionales.



A un variador de velocidad también se le conoce como variador de frecuencia ya que modifica la frecuencia de salida para poder controlar la velocidad de un motor de AC.

Los variadores de velocidad de AC, ahorran energía, reducen los choques mecánicos y permiten al usuario controlar continuamente la velocidad del motor

Ventajas de utilizar un variador de velocidad

Los variadores de velocidad AC, se utilizan en cualquier proceso industrial de la actualidad, cualquier organización puede utilizar un Drive AC, porque puede mejorar los procesos de fabricación y la calidad del producto.

Los variadores de velocidad proporcionan estas mejoras en la calidad mediante la optimización de los siguientes elementos:

Control de velocidad

Control de Flujo

Control de Presión

Control de Temperatura

Control de aceleración

Control de tensión

Control de Par

Monitoreo

Toda industria que posee motores de CA, puede beneficiarse del uso de variadores de velocidad, porque pueden reducir el costo de operación, por el incremento de la rentabilidad del sistema, por la reducción del tiempo muerto y reduce los costos de energía eléctrica

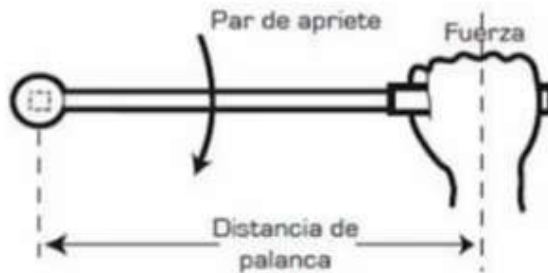
El Torque: Para entender este concepto veamos la figura, la cual muestra cómo se genera. Es una fuerza de torsión, la cual es generada por una fuerza por una distancia. En un motor no es lineal, sino giratorio y debemos entender algunos conceptos, como velocidad de los campos magnéticos, deslizamiento, frecuencia y voltajes. Lo importante bajo el control de VFD es la de crear en el motor un torque constante. Veamos

Torque

El torque es una fuerza de torsión que hace que un objeto gire. Por ejemplo, una fuerza aplicada a un punto de una palanca aplica un par en el punto

El par es el producto de la fuerza y el radio (distancia de la palanca).

Par = Fuerza x Radio (distancia)



Conceptos básicos en motores de AC

Velocidad sincrónica

La velocidad de un motor de corriente alterna trifásica depende de la velocidad con la que gira el campo magnético generado por su estator. La velocidad del campo magnético giratorio se denomina velocidad sincrónica (N_s). La velocidad sincrónica en RPM es igual a 120 veces la frecuencia (F) en hertz, dividida por el número de polos del motor (P).

2-Pole, 60 Hz Motor Example

$$N_s = \frac{120F}{P} \quad N_s = \frac{120 \times 60 \text{ Hz}}{2 \text{ poles}} \quad N_s = 3600 \text{ RPM}$$

Synchronous Speed (N_s) Chart

Frequency in Hz	Number of Poles	Synchronous Speed in RPM
60	2	3600
60	4	1800
60	6	1200
60	8	900
60	10	720
50	2	3000
50	4	1500
50	6	1000
50	8	750
50	10	600

Deslizamiento

Para un **motor trifásico de inducción de AC**, la velocidad del campo magnético giratorio debe girar más rápido que la velocidad del rotor e inducir la corriente necesaria para que este último pueda girar.

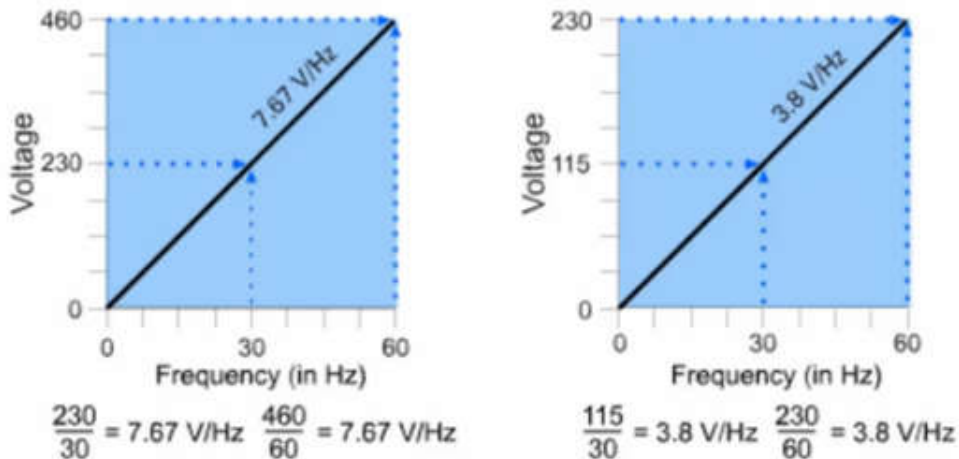
Después de que el motor a alcanzado la velocidad máxima, la diferencia entre la velocidad síncrona del campo magnético y la velocidad del rotor, es mucho menor. Esta diferencia de velocidad se llama deslizamiento. el deslizamiento es necesario para producir el par. El deslizamiento también depende de la carga. un aumento en la carga hace que el rotor se ralentice. Una disminución en la carga provoca que el rotor se acelere, disminuyendo el deslizamiento.

Corriente de arranque y corriente a plena carga

La corriente de arranque es la corriente suministrada al motor cuando se aplica inicialmente un voltaje nominal con el motor detenido o en reposo. La corriente a plena carga es la corriente suministrada al motor con el voltaje nominal, la frecuencia y la carga aplicada al motor hasta alcanzar la velocidad nominal.

Relación Voltaje/ Frecuencia (V/Hz)

La relación volts /hertz (V/Hz) es la relación entre el voltaje aplicado y la frecuencia aplicada. para un motor. 460 VAC es una clasificación de voltaje común para un motor de AC industrial construido bajo la norma NEMA de motores eléctricos. Estos motores tienen típicamente una frecuencia de 60 Hz. Esto proporciona una relación V/Hz de 7,67. No todos los motores tienen una relación de 7,67 V / Hz. Un motor de 230 Volts, 60 Hz, tiene una relación de 3,8 V / Hz.

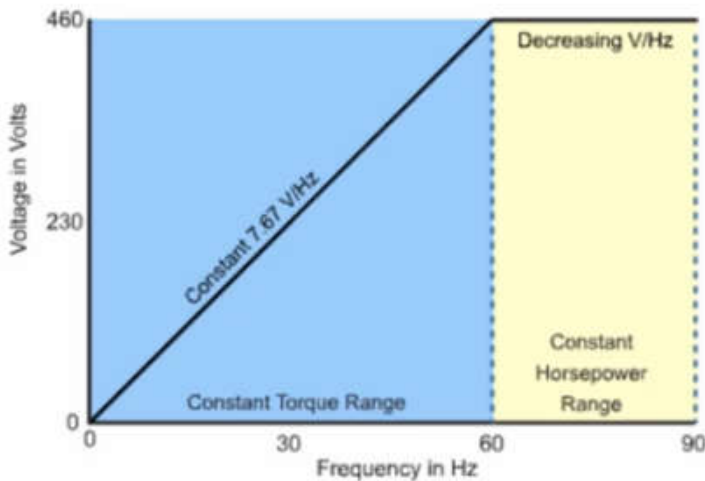


La relación V/Hz afecta al flujo del motor, la corriente de magnetización y el par. Si la frecuencia se incrementa sin un aumento correspondiente en el voltaje, la velocidad del motor aumenta, pero el flujo, la corriente de magnetización y el par disminuye.

Par y Torque constantes

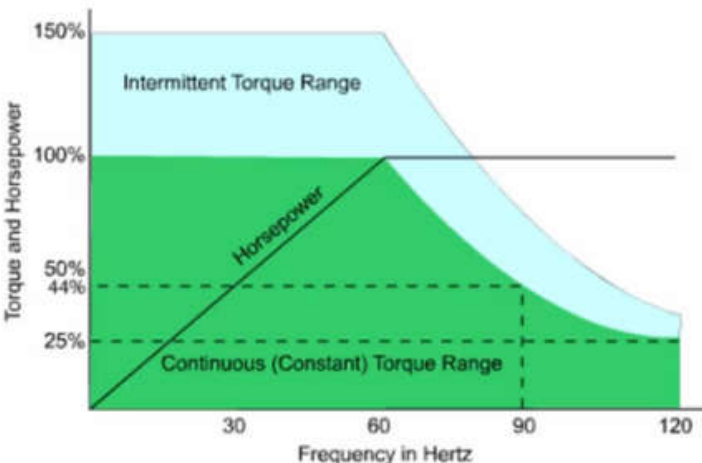
Los motores de AC funcionan con un flujo magnético constante porque el voltaje y la frecuencia son constantes. Se dice que los motores operados con flujo constante tienen un par constante. El par real producido, sin embargo, depende de la carga.

Un variador de AC es capaz de operar un motor con flujo constante de aproximadamente 0 Hz a la frecuencia de placa nominal del motor (típicamente 60 Hz). Este es el rango de par constante. Siempre que se mantenga una relación constante de volts por hertz, el motor tendrá características de par constante.



Si el motor tiene un torque constante el par se mantiene constante hasta 60 Hz. Por encima de 60 Hz, la relación (V/Hz) y el par disminuye a medida que aumenta la velocidad.

Torque continuo e intermitente



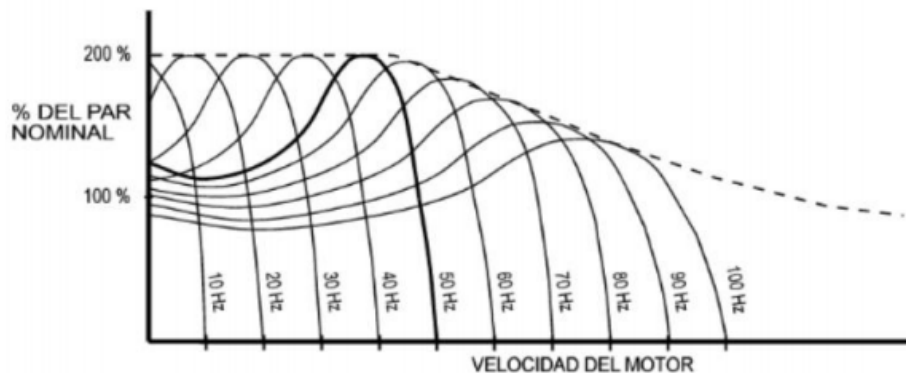
Los motores de corriente alterna que operan dentro de valores nominales pueden aplicar continuamente el par a la carga. En el gráfico se muestra el rango de par continuo para un motor CA típico. El motor del ejemplo se puede operar continuamente a un par de 100% hasta 60 Hz. Por encima de 60 Hz, la relación V / Hz disminuye y el motor no puede desarrollar un par de torsión del 100%, pero todavía se puede operar continuamente con un par de 25% a 120 Hz.

A partir de los 60Hz, el torque baja, 45%, a 120 Hz, baja a un 25%

Si es así, se necesitarían ser motores especiales (Ventiladores).



Este motor a 120Hz, tendrá una sobre velocidad de 3555 RPM, pero un torque de 7.4 Lb/Ft. En la base requerida los HP aumentan y el Torque permanece constante, más allá de los 60Hz, los HP se mantienen, pero el torque disminuye.



Relación Par-Velocidad cuando varía la frecuencia de alimentación. A 50-60 Hz, el Torque es Máximo.

$$Nm = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P}$$

Sabemos que a través de la formula $Nm = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{P}$, podemos cambiar la velocidad de un motor cambiando el número de polos y la frecuencia. Ya que el número de polos es fijo la forma más económica de variar la velocidad es variando la frecuencia. El torque es directamente proporcional a la razón del voltaje aplicado y la frecuencia, y manteniendo. Variando estos dos parámetros y manteniendo esta proporción constante, el torque generado también será constante. Esto es lo que la tecnología del VF D trata de lograr: Menor corriente de arranque, lograr estabilidad operacional, lograr aceleraciones y desaceleraciones suaves, incluyendo paradas suaves.

Se tienen dos métodos para lograr esto. A-Método de Control Escalar y B-Método de Control Vectorial.

a-Método de Control Escalar.

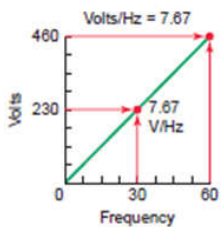
Conocemos la fórmula del voltaje inducido: $V(t) = -N \frac{d\phi}{dt}$

_Y como el voltaje es senoidal: $V(t) = V_m \text{ Sen } (\omega t)$, luego

$V_m \text{ Sen } (\omega t) = -N \frac{d\phi}{dt}$ integrando, obtenemos la relación el flujo:

$$\phi = \frac{V_m}{2\pi f N} \cdot \cos \omega t, \text{ de aquí la relación } V_m/f$$

Esta relación debe ser constante para obtener un torque constante, como ya lo vimos anteriormente.



Esta razón V_m/f , Voltios/Herz, proveen una línea recta (rampa), proporcionando un torque suave constante desde el arranque hasta llegar a la velocidad deseada. Véase también la página 234

b-Método de Control Vectorial:

Este tiene que ver con la corriente de par y la corriente de flujo, las cuales resulta de las componentes de las fases con una resultante en el estator.

Consideraciones de la VFD:

Consideraciones sobre los variadores de velocidad



- Los variadores de frecuencia tienen más capacidad que el propio motor. un VFD pueden funcionar a frecuencias más altas además un Drive de AC puede funcionar a velocidades demasiado bajas. por lo que los motores deben poseer ventiladores a bajas revoluciones o utilizar un sistema de auto-enfriamiento con el fin de desarrollar un flujo de aire de ventilación suficiente. Cada motor debe ser evaluado según su propia capacidad antes de seleccionarlo para su uso con un variador de CA



[REGRESAR AL CONTENIDO](#)



- Los armónicos, los picos de voltaje y los tiempos de subida de voltaje en los variadores de AC no son idénticos. Algunos variadores de AC tienen filtros más sofisticados y otros componentes diseñados para minimizar el daño indeseable de calor y aislamiento al motor. Esto debe tenerse en cuenta al seleccionar una combinación de Drive AC / motor de AC.



- La distancia entre el accionamiento y el motor también debe tenerse en cuenta. Todos los cables del motor tienen un valor de capacitancia. Cuanto más largo sea el cable, mayor será la capacitancia. Algunos tipos de cables, tales como cable blindado o cables en conducto metálico, tienen mayor capacitancia. Los picos de voltaje se producen en la salida de los variadores de AC, debido a la corriente a plena carga y por la capacitancia del cable. Un voltaje más alto de (460 V AC) y una capacitancia más alta (cables largos) resultan en picos de corriente más altos. Los picos de voltaje causados por longitudes de cable demasiado largas pueden potencialmente acortar la vida útil del Drive de AC y del motor.

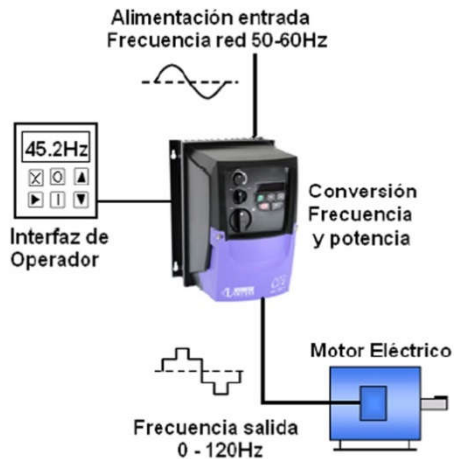
Principio Funcional del VFD

¿Que es un Drive de AC?



Un Drive de AC es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de un motor de AC, puede controlar otros aspectos de una aplicación, pero eso depende de las capacidades de la unidad y de la aplicación

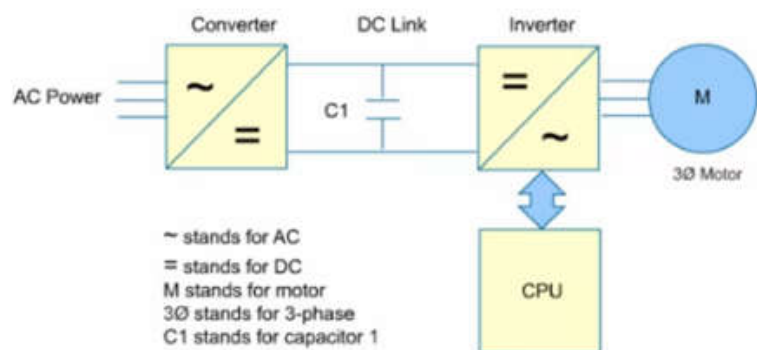
Los variadores de velocidad de AC, funcionan mediante la conversión de una frecuencia y voltaje constantes, a un voltaje y frecuencia variable, existen muchos tipos de variadores de velocidad, pero este curso se centra en motores de baja tensión (menos de 1000 V AC) el motor más común utilizado en aplicaciones industriales



Las unidades anexas al VFD y Señales.

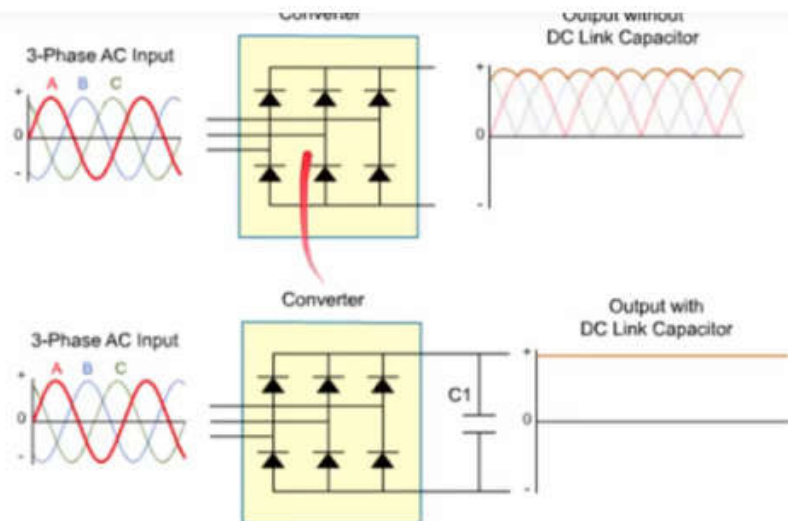
El circuito de potencia de un Drive de AC básico, está compuesto por un **rectificador** (a menudo llamado convertidor) un **Bus de CD** (a menudo llamado circuito intermedio) y un **inversor**. Además de la sección de potencia, la unidad incluye un **CPU (unidad central de procesamiento)**, que es la lógica de control que se requiere para controlar la salida del Drive AC y realizar una gran variedad de otras funciones.

Además de estos circuitos un Drive de AC típicamente tiene otros componentes e interfaces con otros dispositivos



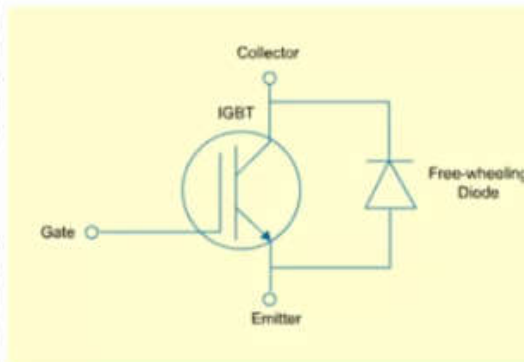
El convertidor es un sección diseñada para convertir una entrada de AC en una salida de CD, en este ejemplo existe una entrada de AC trifásica

sin el capacitor del **bus de CD**, el voltaje resultante tiene variaciones no deseadas conocida como ondulación o voltaje de rizo, en esencia el capacitor de enlace funciona como una batería que proporciona energía a la sección del inversor, Sin embargo, a diferencia de una batería el convertidor suministra energía continuamente al condensador de enlace de CD

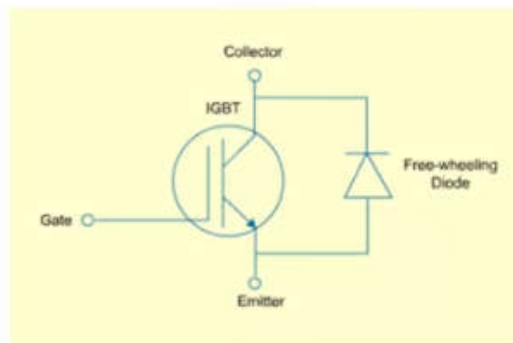


El circuito inversor en un drive de AC a menudo incluyen **transistores IGBT** (transistor bipolar de compuerta aislada), Los IGBT proporcionan la alta velocidad de conmutación necesaria para el funcionamiento moderno del Drive, Los IGBT son capaces de encenderse varias veces por segundo, pueden encenderse en aproximadamente 400 nanosegundos y apagarse en aproximadamente 500 nanosegundos.

Un IGBT tiene tres terminales de conexión, compuerta, colector y emisor, cuando se aplica voltaje positivo (+15VCD) a la compuerta el IGBT se enciende, Esto es similar al cierre de un interruptor, Cuando se enciende el IGBT, la corriente fluye entre el colector y el emisor. Un IGBT se apaga eliminando el voltaje positivo de la compuerta. Durante el estado apagado, el voltaje en la compuerta del IGBT normalmente se mantiene en un voltaje negativa (-15 VCC) para evitar que el dispositivo se encienda.



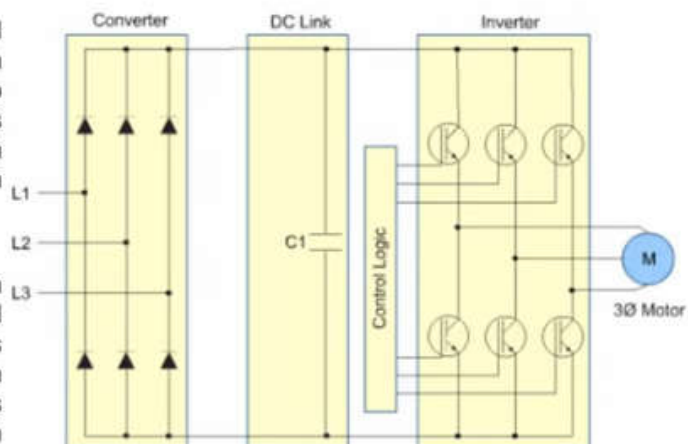
El diodo de libre circulación (*Freewheeling*) tiene como finalidad proteger al transistor IGBT de la corriente de conducción remanente causada por la inercia y el campo magnético del motor que disminuye lentamente una vez que el motor es detenido.



Lógica de control e inversor

La lógica de control y las secciones del inversor funcionan para controlar el voltaje y la frecuencia aplicados al motor de AC. El gráfico adjunto muestra una unidad de AC, con seis IGBT en la sección del inversor. La conmutación de cada IGBT se controla mediante la lógica de control.

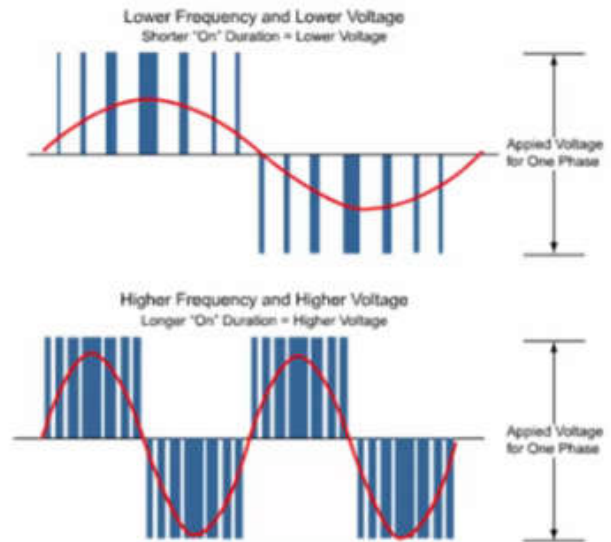
Existe una amplia variedad formas para controlar el voltaje y la frecuencia aplicada al motor. El enfoque más común es conmutar los IGBT de tal manera que controlen la frecuencia y el ancho de los impulsos aplicados a cada fase del motor. Este es un enfoque denominado modulación de ancho de pulso (PWM).



Modulación por ancho de pulso (PWM)

Un circuito inversor de modulación de ancho de pulso (PWM) controla la velocidad de un motor de inducción de AC variando la frecuencia y los anchos de pulso de la tensión aplicada al motor. Esto se hace controlando los IGBT en el inversor.

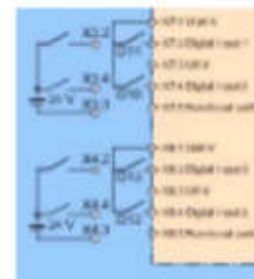
El gráfico adjunto muestra dos señales PWM asociadas con una sola fase de salida del inversor. El voltaje y la frecuencia aplicadas al motor son las mismas para cada fase, cada fase se desplaza en el tiempo de la misma manera que un voltaje trifásico típico.



Es una forma alterna, aunque no senoidal

un Drive de AC, cuenta típicamente con circuitos adicionales para la conexión con otros dispositivos a través de entradas y salidas digitales, entradas y salidas analógicas y otras señales de accionamiento comunes.

Las **entradas digitales** se pueden utilizar para controlar las funciones lógicas del Drive. Las entradas digitales pueden incluir señales para arranque / parada, avance / retroceso, selección de velocidad fija, métodos de detención, enclavamiento y habilitación de otras funciones. Las **salidas digitales** se utilizan para proporcionar señales a otros equipos para indicar el estado del variador o las condiciones operativas



Las **entradas analógicas** pueden utilizarse para controlar las referencias de velocidad, tensión u otras condiciones, o para proporcionar una realimentación representativa de las condiciones de aplicación. Las **salidas analógicas** se pueden utilizar para enviar señales que representan condiciones reales tales como la corriente de accionamiento o la velocidad del motor para mostrar dispositivos u otro equipo.

Además de las entradas y salidas analógicas y digitales, existen otras conexiones comunes de señales de accionamiento. Por ejemplo, a menudo se proporciona una entrada PTC / KTY para la conexión a un sensor de temperatura del motor. Otras conexiones de señal típicas incluyen interfaces de codificador, encoder, resolver o tacogenerador (en menor medida) para realimentación de velocidad o posición y interfaces de comunicación para interconexión con otros dispositivos o redes.

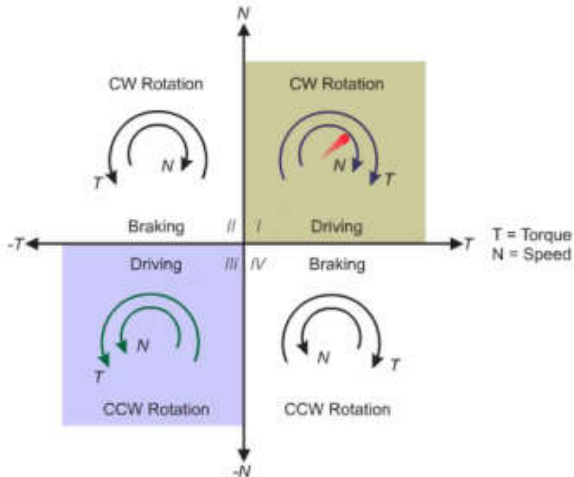


La forma de Arranque y de paro, son los parámetros a regularizar para obtener una buena eficiencia con menos perdidas y por supuesto obtener una buena reducción de pérdidas aumentando el costo. Veamos la regulación del paro o frenado.

Formas de paro de un motor y carga	Comentarios
Pampa en descenso	Tipo de desaceleración controlada que inicia, accionando un comando diferente o una entrada digital, provocando un retardo en el tiempo de desaceleración
Frenado por Inyección de CD	Este método de frenado consiste en eliminar los impulsos eléctricos que accionan al motor y reemplazarlos por un voltaje continuo, creando así un campo magnético fijo o estacionario este método puede detener el motor rápidamente pero la energía causada por el momento de inercia se transforma en calor por lo tanto el motor y el Drive AC deben ser capaces de disipar ese calor.
Frenado compuesto	este método usa una combinación de la desaceleración controlada y el frenado por inyección de CD
Frenado Dinámico	Frenado por resistencia o regenerativo

Operación en un cuadrante

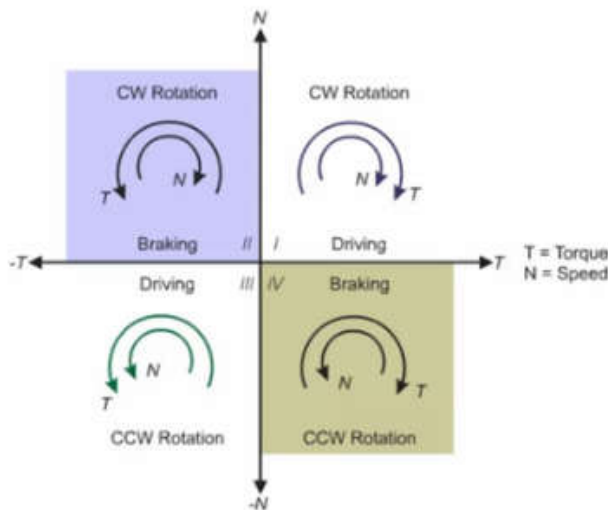
la siguiente gráfica muestra la relación torque-velocidad asociada a cuatro cuadrantes, definidas por las direcciones de rotación y par motor.



Un Drive AC de un solo cuadrante opera sólo en los cuadrantes I o III, donde las flechas de velocidad y par tienen la misma dirección.

El cuadrante I está en movimiento hacia adelante o en sentido horario (CW). El par motor se desarrolla en el sentido positivo para accionar la carga conectada a una velocidad deseada (N). El cuadrante III es el motor inverso o la conducción en sentido contrario a las agujas del reloj (CCW), el motor inverso se logra invirtiendo la dirección del campo magnético giratorio. Esto aplica el par en la dirección opuesta que en el cuadrante I, así que el motor gira en la dirección reversa.

Operación en cuatro cuadrantes



La dinámica de ciertas cargas puede requerir operación de cuatro cuadrantes, donde el par se puede aplicar en cualquier dirección independientemente de la dirección de rotación del motor.

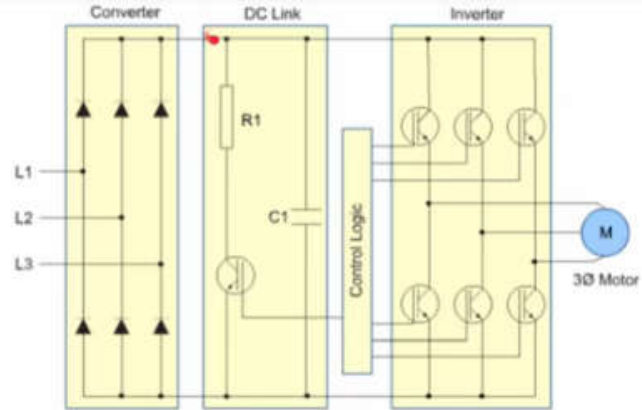
En los cuadrantes II y IV, como se muestra en el gráfico, la dirección de par es opuesta a la dirección de movimiento, por lo tanto son cuadrantes de frenado.

Luego los cuadrantes I y III son cuadrantes de aceleración, mientras que los cuadrantes II y IV son de desaceleración o frenado.

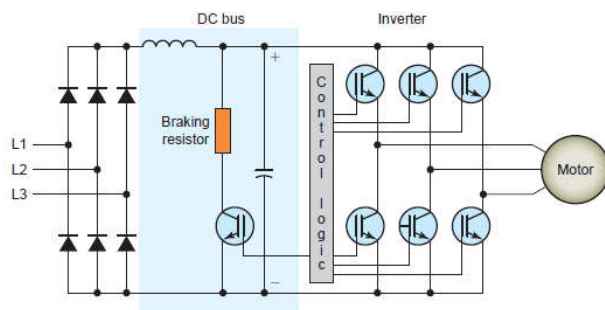
El frenado de resistencia es el controlado en el módulo de los IGBT, el cual se logra con un transistor de potencia en serie con un a resistencia llamada, resistencia de frenado.

El frenado dinámico también se conoce como frenado de resistencia. El esquema simplificado adjunto muestra un variador de AC con un circuito de frenado dinámico compuesto por R1 y un transistor de potencia que es controlado por la lógica de control.

Los diodos rectificadores del circuito convertidor suministran corriente en una sola dirección. **Cuando la carga intenta ir más rápido que la velocidad del motor**, condición que se conoce como carga de reacondicionamiento (Cuadrantes II o IV), el motor genera energía eléctrica de nuevo al enlace CD, esto se llama regeneración.



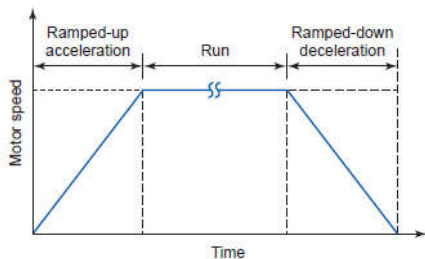
Dynamic braking resistor (R1) is usually mounted external to the drive.



External resistance bank used for larger-horsepower motors

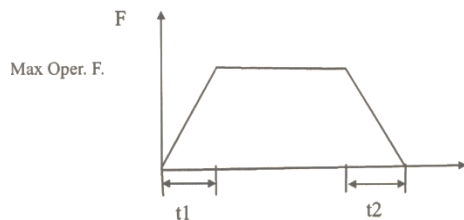
En el DC Bus, está la resistencia de frenado, absorbe la energía regenerativa del motor, El voltaje de reacondicionamiento excesivo, la R1, la adsorbe a través del transistor de potencia. En la figura se muestra el sistema Resistencia-IGBT para la solución de la energía regenerativa del motor en el frenado dinámico.

-La VFD también ofrece un control de Rampa de Torque en las aceleraciones y desaceleraciones, según la gráfica a la izquierda.



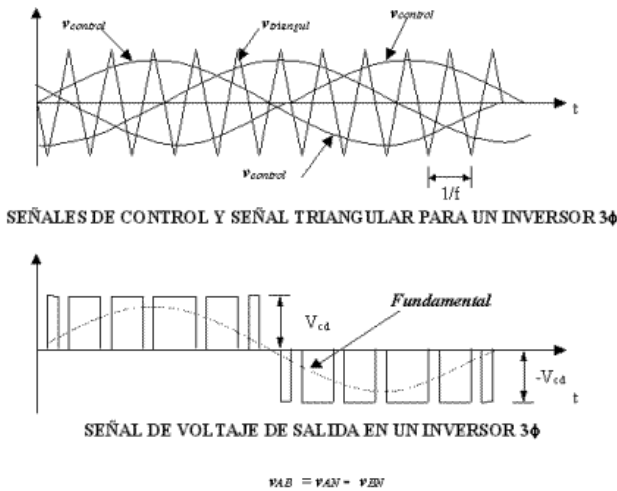
-Ramp-up: Tiempo de rampa (T_1) arriba: Tiempo del Inversor en aumentar la frecuencia desde la mínima 0Hz hasta la máxima de operación.

-Ramp-down: Tiempo de rampa (T_2) abajo: Tiempo del inversor en disminuir la frecuencia desde la máxima de operación hasta 0 Hz.



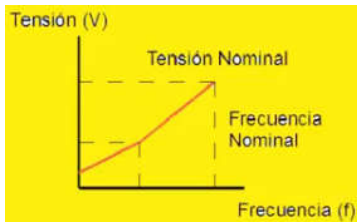
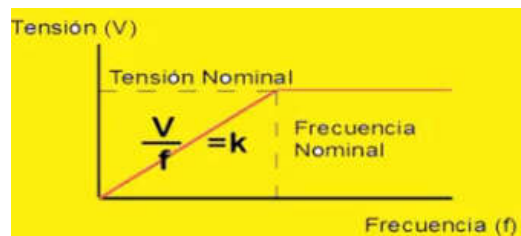
Los IGBT son controlados por el módulo "Ondulador", los cuales envían las señales de

interrupción en la formación de las ondas cuadradas, que veremos más adelante.



Para el análisis de ondas del Inverter tenemos dos métodos: El Space Vector Pulse With Modulation (**SVPWM**), y el Senusoidal PWM (**SPWM**). El primero está incrementando su uso y lo describiremos en la pág. 273. Ahora veamos el segundo que es el más usado. Este utiliza comparadores, donde compara una señal pura

senoidal, que sirve de referencia y otra señal Triangular, la cual sirve de portadora. Estas son comparadas para obtener la PWM, una onda cuadrada



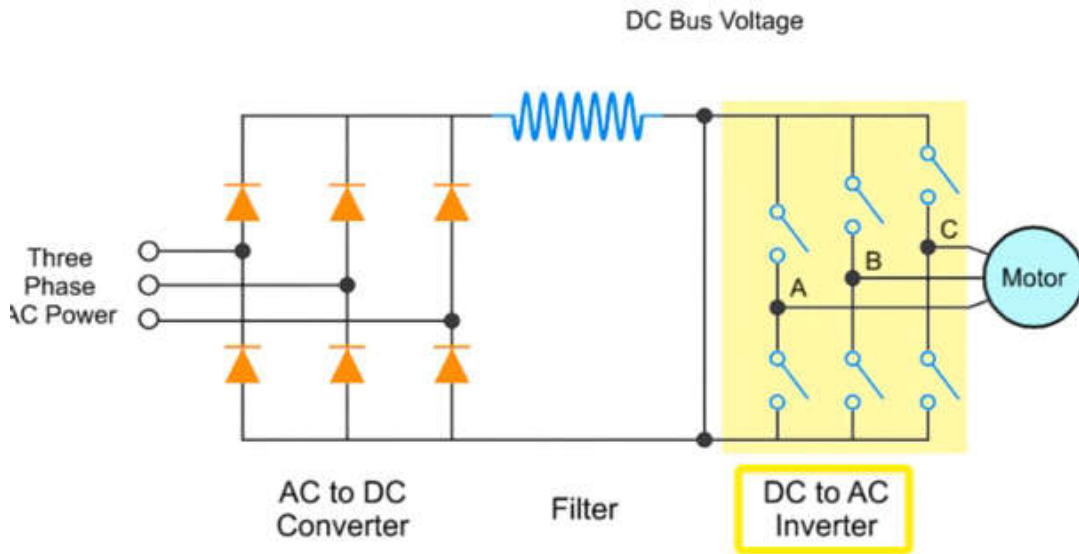
modulada en su anchura y que luego se filtra para obtener un promedio de una onda “Casi Senoidal”. Este variador es el llamado “**Variador Escalar**” (**SPWM**), el cual mantiene un Par constante aumentando el voltaje a medida que aumenta la frecuencia, lo cual es válido para aplicaciones donde no sea mucha la variación del par, sin embargo este no determina eficientemente que parte de la corriente entregada al motor se utiliza para inducir flujo y que parte se transforma en par, por lo que para más allá se utilizan los “**Variadores Vectoriales**” (**SVPWM**), los cuales son capaces de controlar mucho más eficientemente ambas corrientes, recordando que el VFD proporciona diferentes frecuencias de salida y a cada frecuencia de salida le corresponde una curva de torque diferente.

-Es importante saber que el sistema de modulación SPWM usa un modulador por cada fase, mientras que el SVPWM usa solo uno para las tres fases. Iniciamos con el VFD.

Iniciamos viendo las partes esenciales del **VFD (AC Drive Controller)**

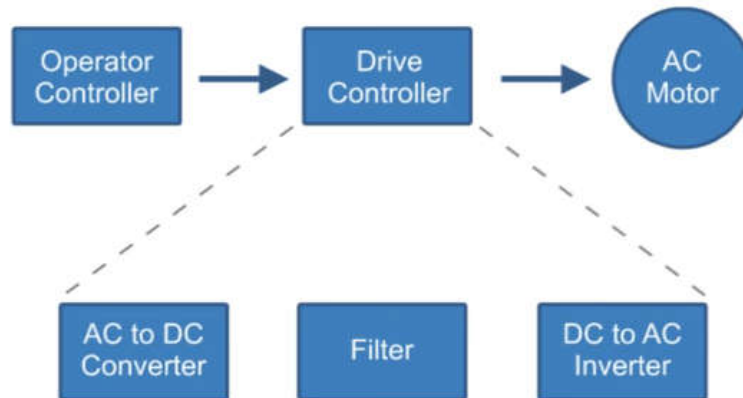
1-Metodo de la Modulacion ESCALAR: S-PWM (Space)

AC Drive Controller



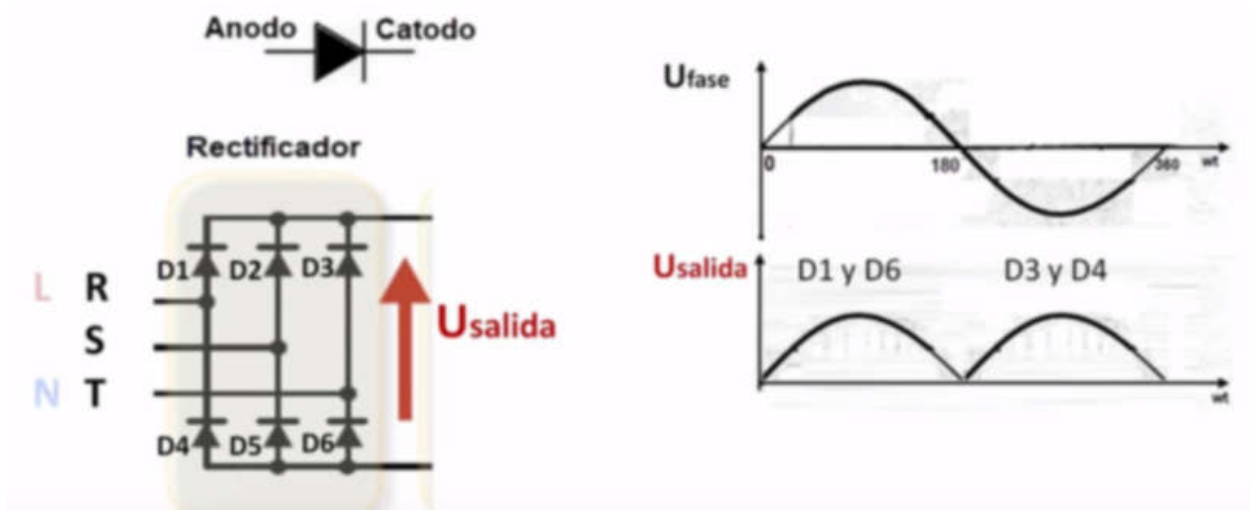
El sistema de control de velocidad (VFD) Variable Frequency Drive, para motores, está dividido en 3 partes.

3 Phase AC Variable Speed Drive System

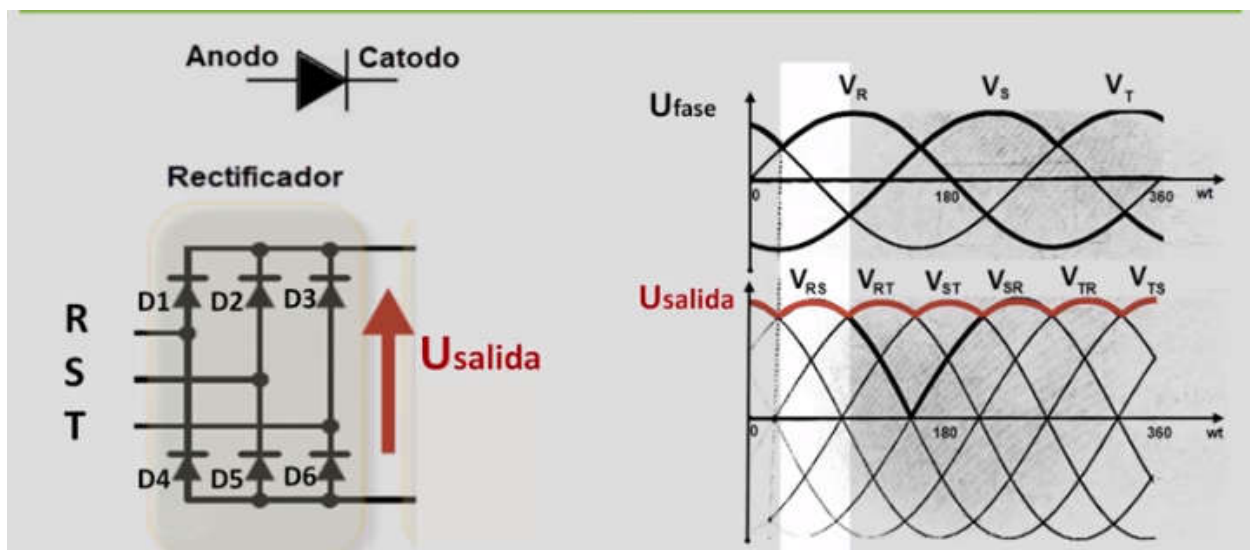


- 1- COVERTIDOR: Conversión de la Corriente Alterna (AC) a Corriente Directa (DC).
- 2- FILTRACION: Suavizar la corriente directa para su efecto
- 3- INVERSOR (Controlador): Conversión de la Corriente Directa a Corriente Alterna a través de la Modulación, filtrarla y aplicar a la carga (Compresor).

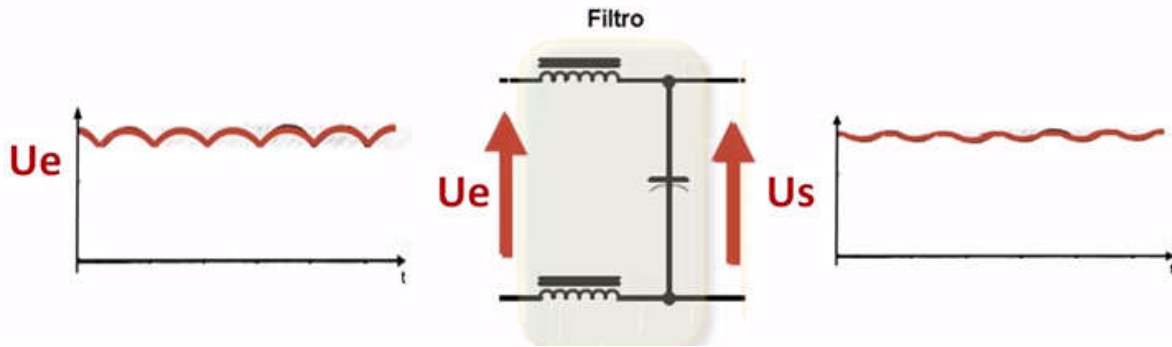
Aquí tenemos la parte del Rectificador Trifásico



El voltaje de fase y la rectificada.

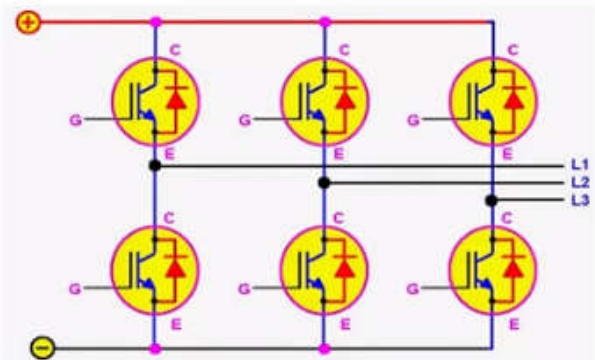
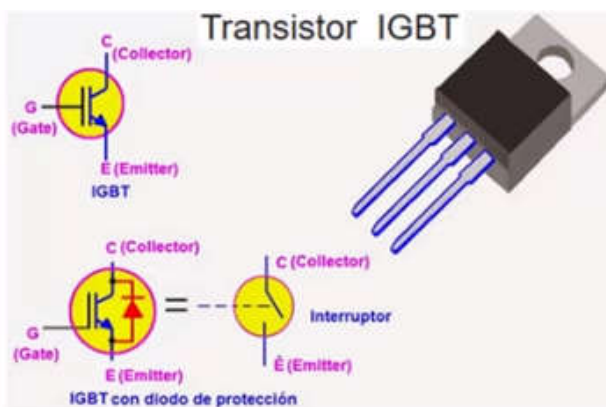
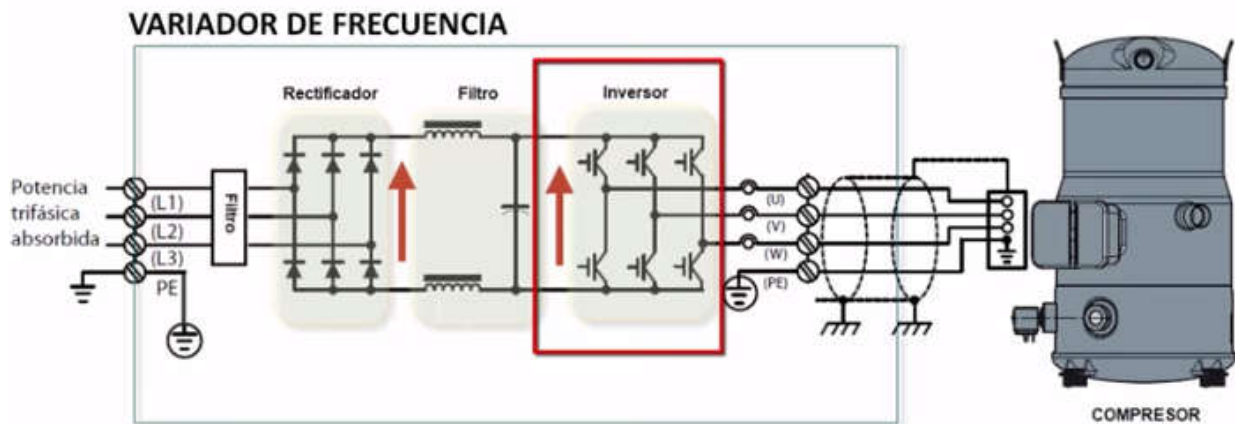


La distribución según las polaridades de las fases con los Diodos.



El Filtrado de la corriente directa todavía con fluctuaciones.

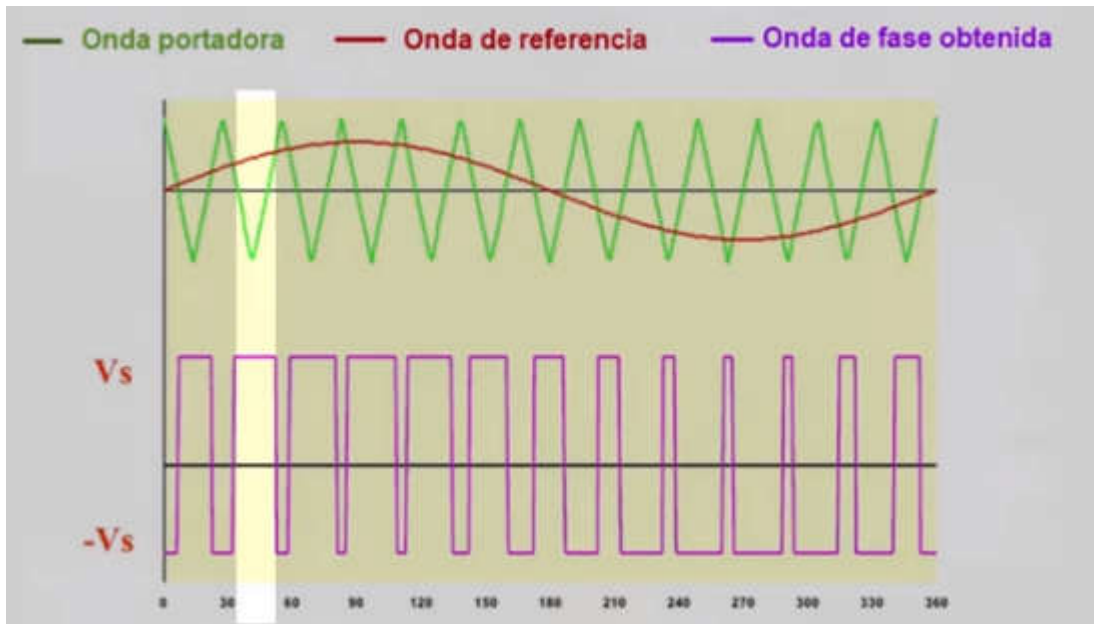
Pasamos ahora a la parte del Inversor.



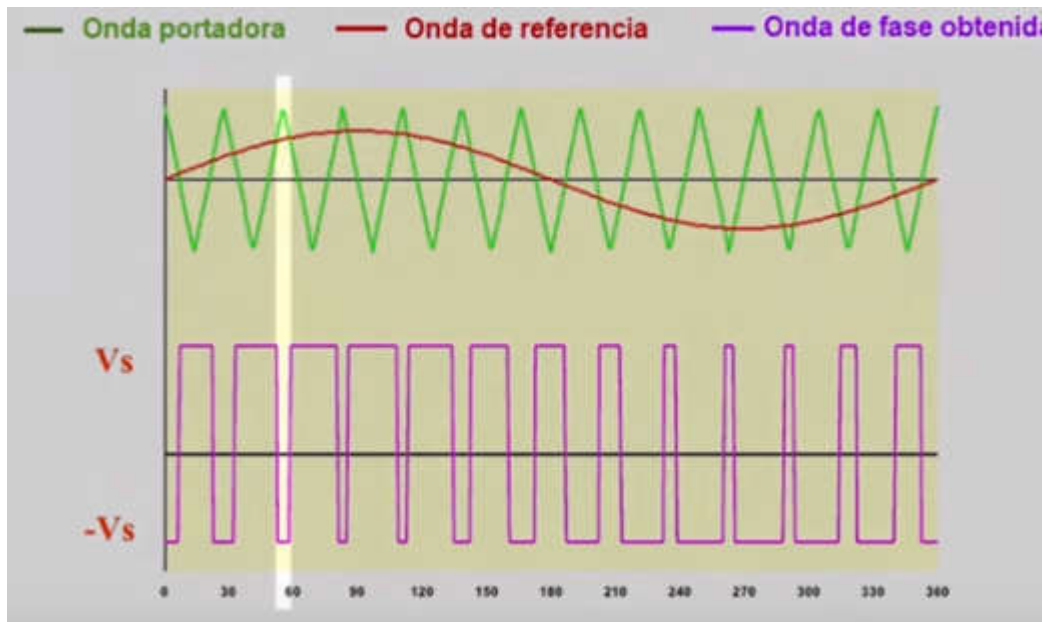
El sistema de interrupción a través de los IGBT (Ver pág. 70)

Estos conmutan hasta a 20KHz, o sea 20,000 veces por segundo

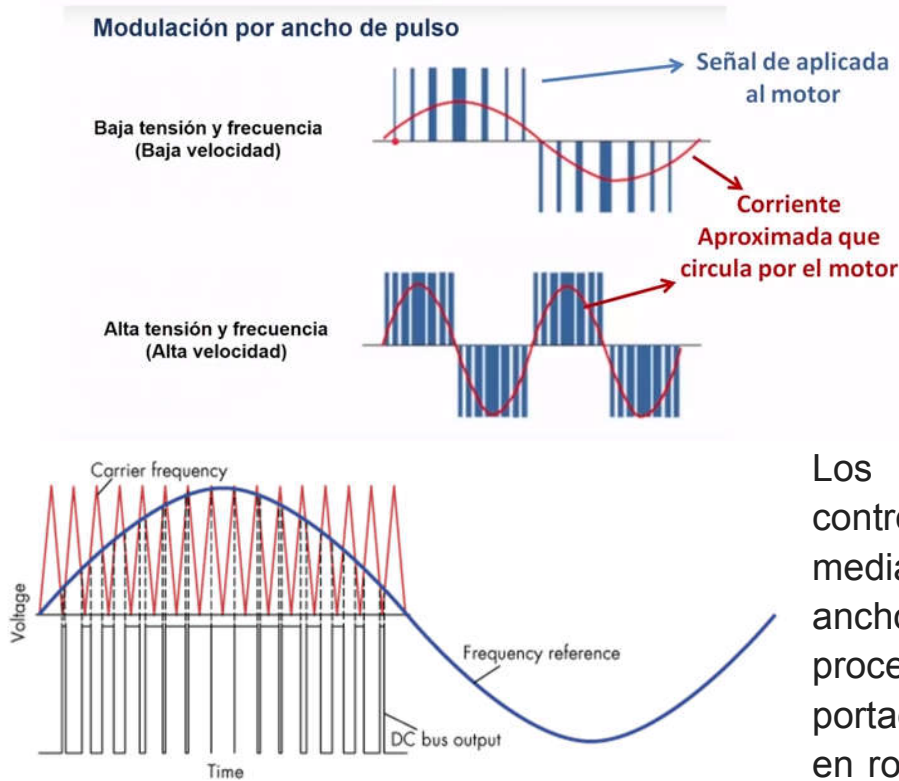
Más adelante veremos que las señales senoidales y triangulares entran a los comparadores para generar la señal PWM



Cuando la tensión de la onda de referencia es mayor que la de la portadora se tendrá un "1", y a lo contrario se tendrá un "0", como veremos más adelante.

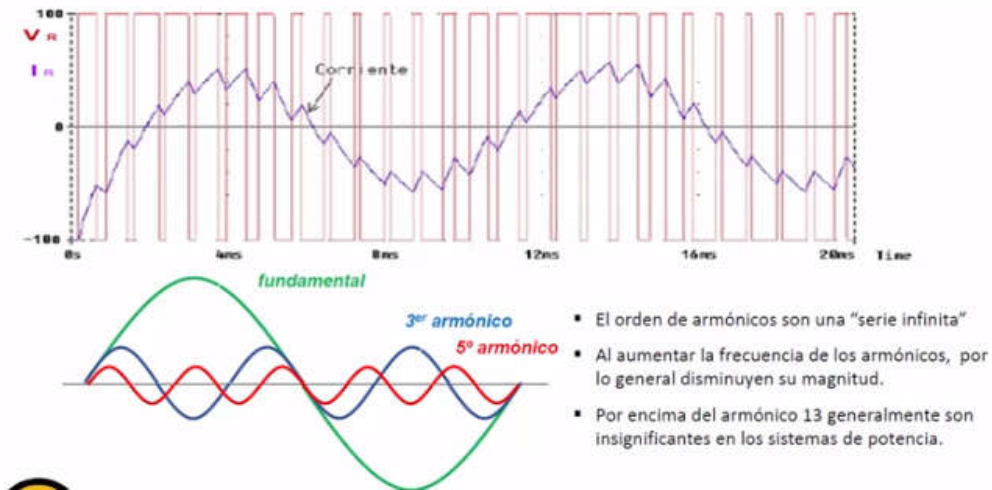


A continuación las señales aplicadas a las fases del motor, donde se muestran las bajas de tensión y frecuencias para las determinadas velocidades del Compresor.



Los motores de CA se controlan comúnmente mediante modulación de ancho de pulso. En ese proceso, la frecuencia de la portadora (que se muestra en rojo) es la velocidad a la que los transistores de

salida del VFD están encendidos o sintonizados. La frecuencia de portadora generalmente puede ser de 2 a 15 kHz. La referencia de frecuencia (en azul) es la señal de velocidad que se envía al motor, generalmente de 0 a 60 Hz. Al superponer las dos formas de onda, los ingenieros pueden usar los puntos de intersección entre estas dos curvas para modular los impulsos de CC de salida (en negro) para proporcionar el control de velocidad deseado.

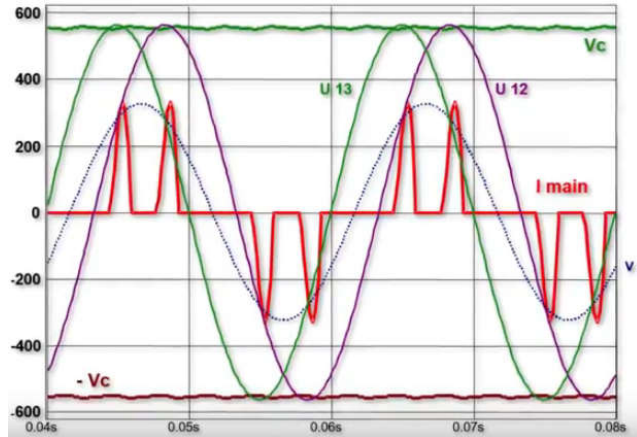


La señal portadora sigue siendo un múltiplo de la de referencia.

El resultado es una señal que no es pura senoidal, y viene siendo la suma del promedio de un valor constante e igual al valor medio de la señal más una señal senoidal pura de la misma frecuencia que es la fundamental, más una serie de señales de frecuencias múltiples de la fundamental cuya amplitud se va reduciendo a medida que va aumentando las señales y son infinitas, pero a partir del armónico 13 son insignificantes.

Recordemos que el armónico de una onda es un componente tipo senoidal con una frecuencia múltiplo de la fundamental, el cual es una forma de contaminación eléctrica que puede ocasionar serios efectos negativos como el calentamiento y distorsión en los motores.

La señal final resultante al motor es alterna, pero en realidad no es senoidal pura, por lo que aparecen muchos armónicos, los cuales hay que eliminar con filtros.

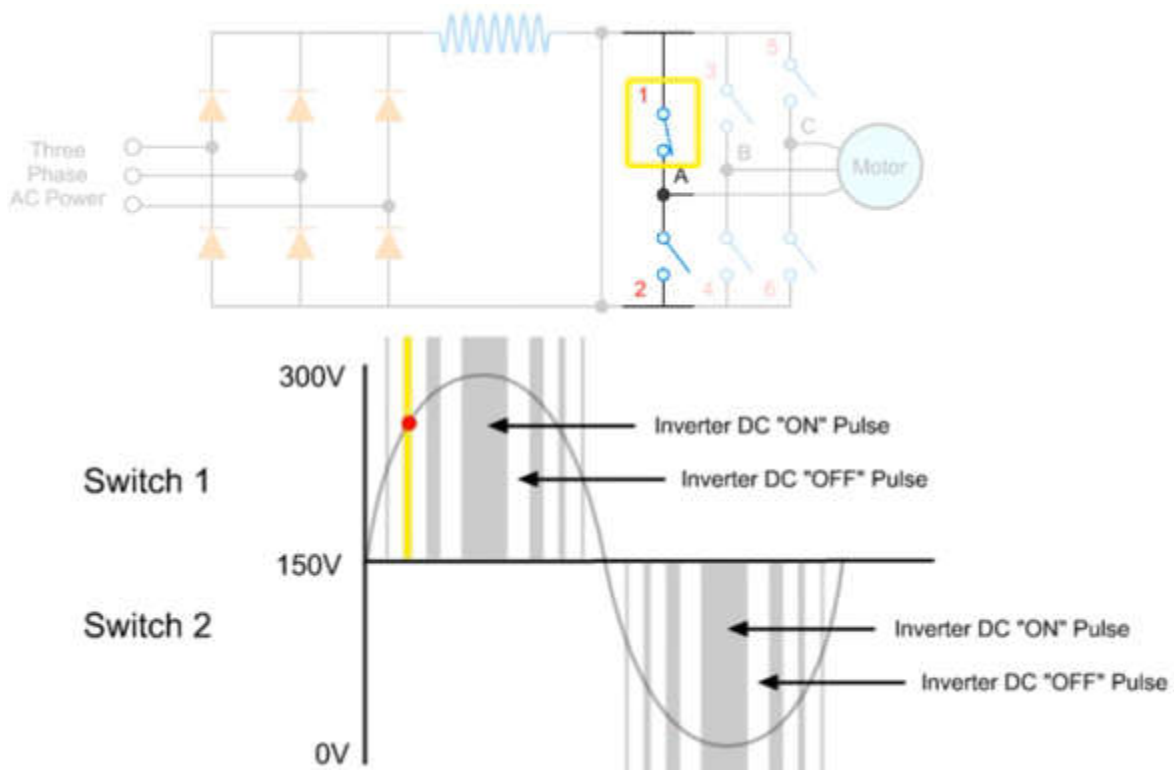


EFFECTOS DE LOS ARMONICOS

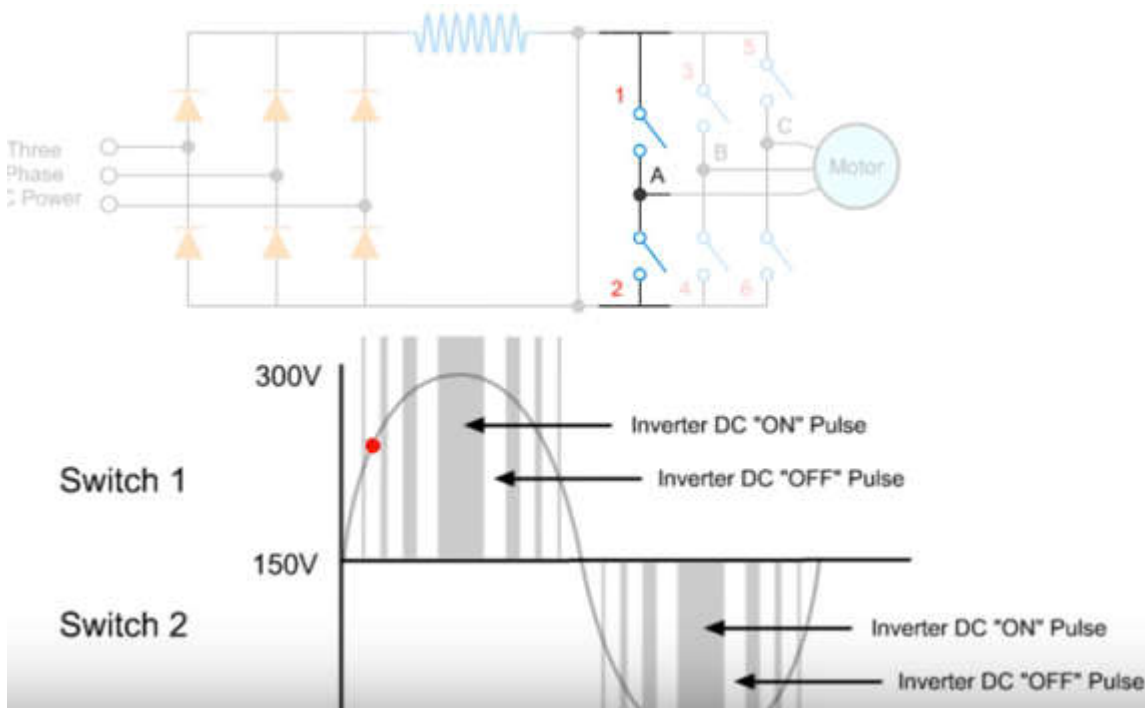
- Aumento de la corriente por kW de potencia.
- Aumento de la temperatura de los motores.
- Corrientes de carga y descarga de las capacidades generadas por los cables.
- Sobretensiones en bornes del motor.
- Corrientes en cojinetes.
- Pueden afectar a otros dispositivos de la misma línea de suministro de energía
- Ruido acústico

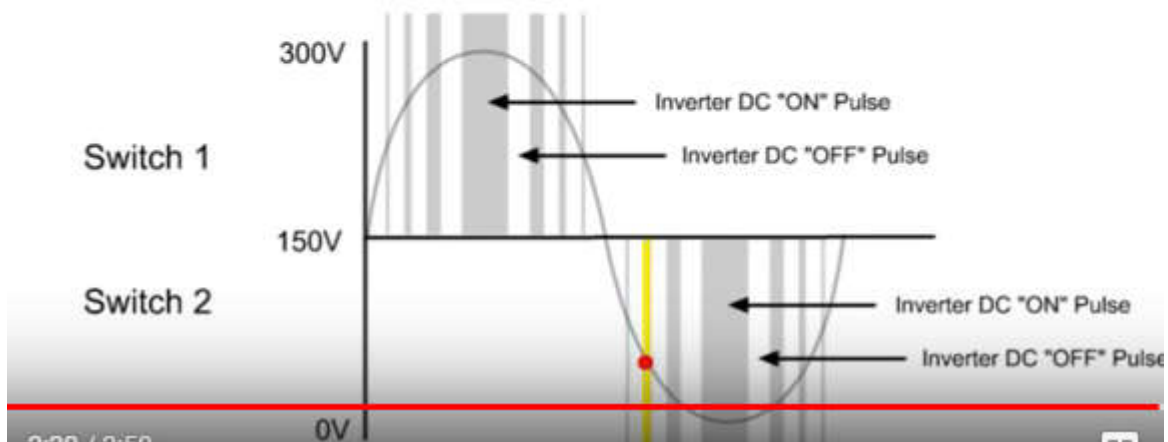
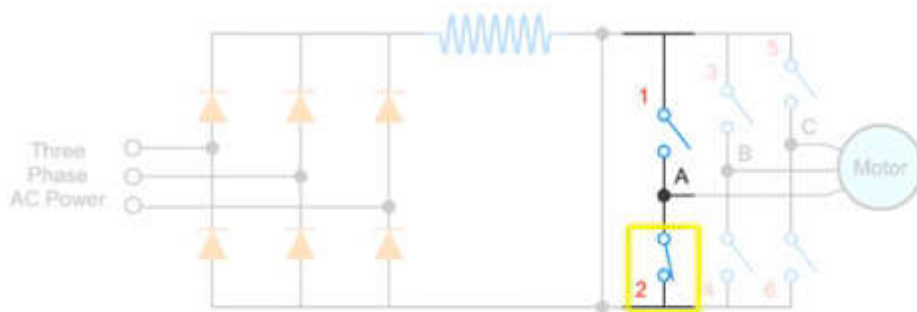
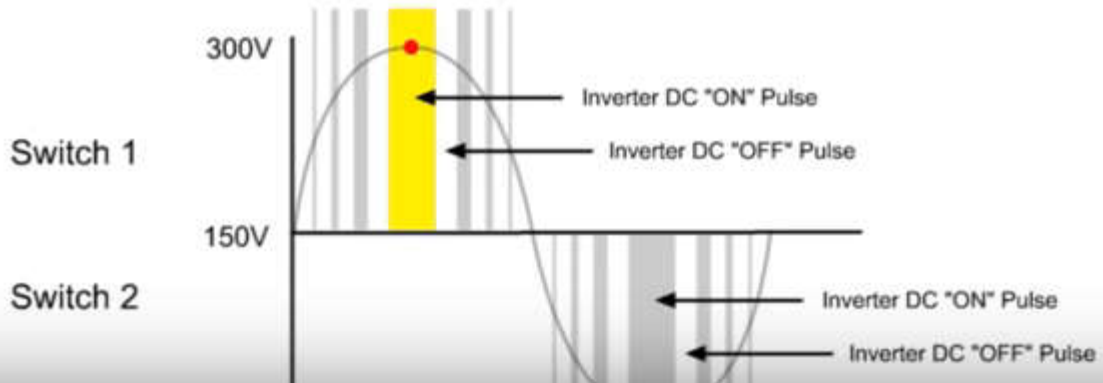
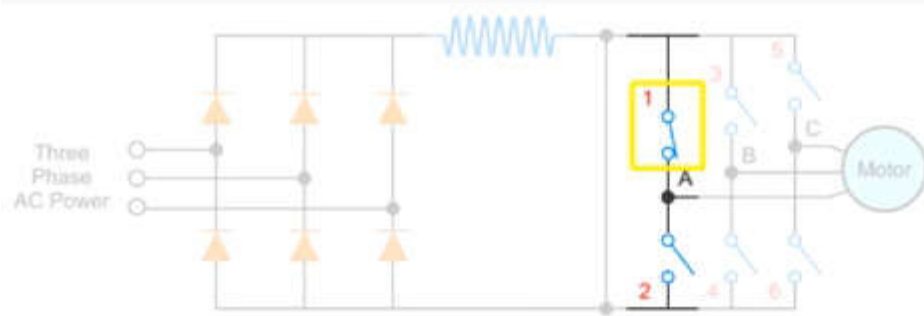
Veremos ahora una breve explicación más detallada de cómo estas señales trifásicas casi senoidal son producidas en nuestro módulo de control.

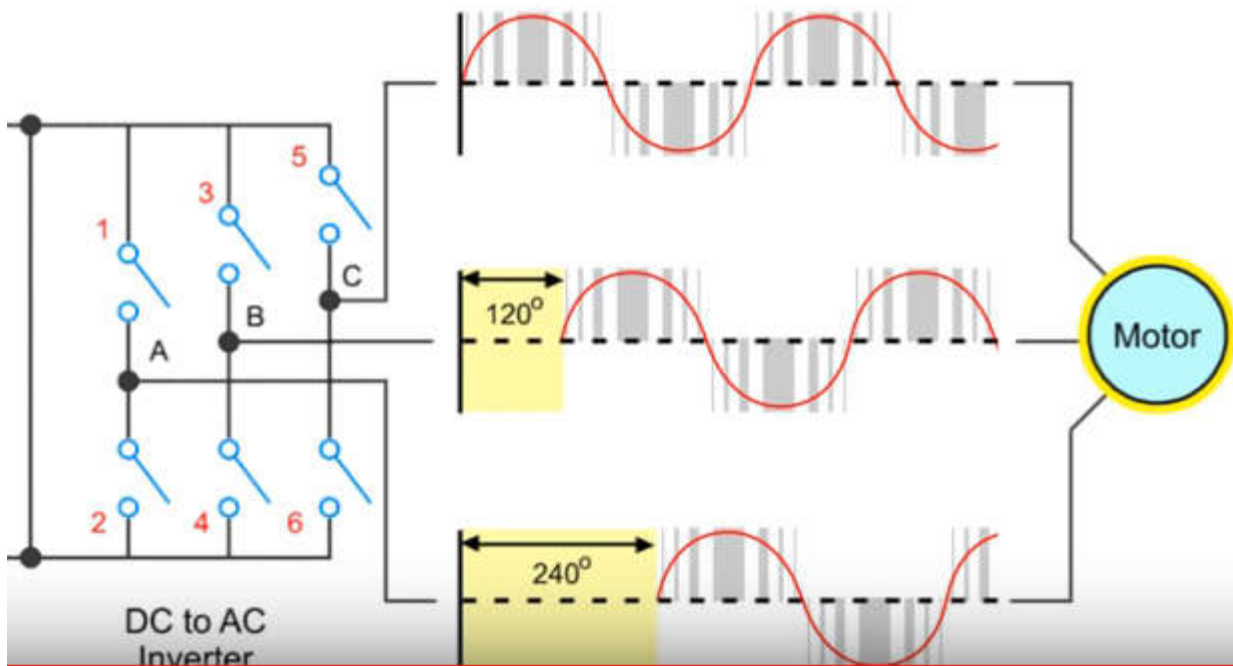
Las siguientes figuras muestran la secuencia del control de las señales de interrupción en los IGBT, representados por interruptores, hasta el final cuando se obtienen las tres fases desfasadas 120 que entran al compresor. Luego veremos el procedimiento. Favor ver la pág. 274 para una mejor explicación sobre el proceso de estos interruptores.



Estas gráficas muestran una idea de cómo funcionan los IGBT en el “Switcheo” (interrupciones) para generar la señal de pulsos PWM. Favor ver la pág. 274 para una mejor explicación sobre el proceso de estas interrupciones.







Las tres fases desfasadas obtenidas en el terminal del compresor.

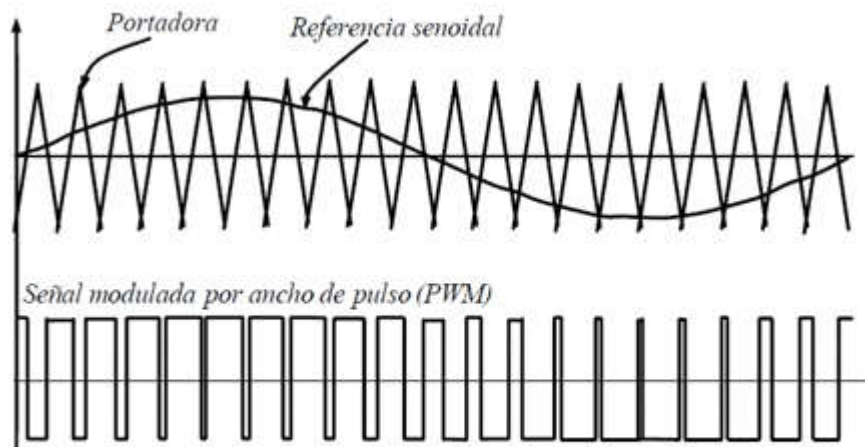
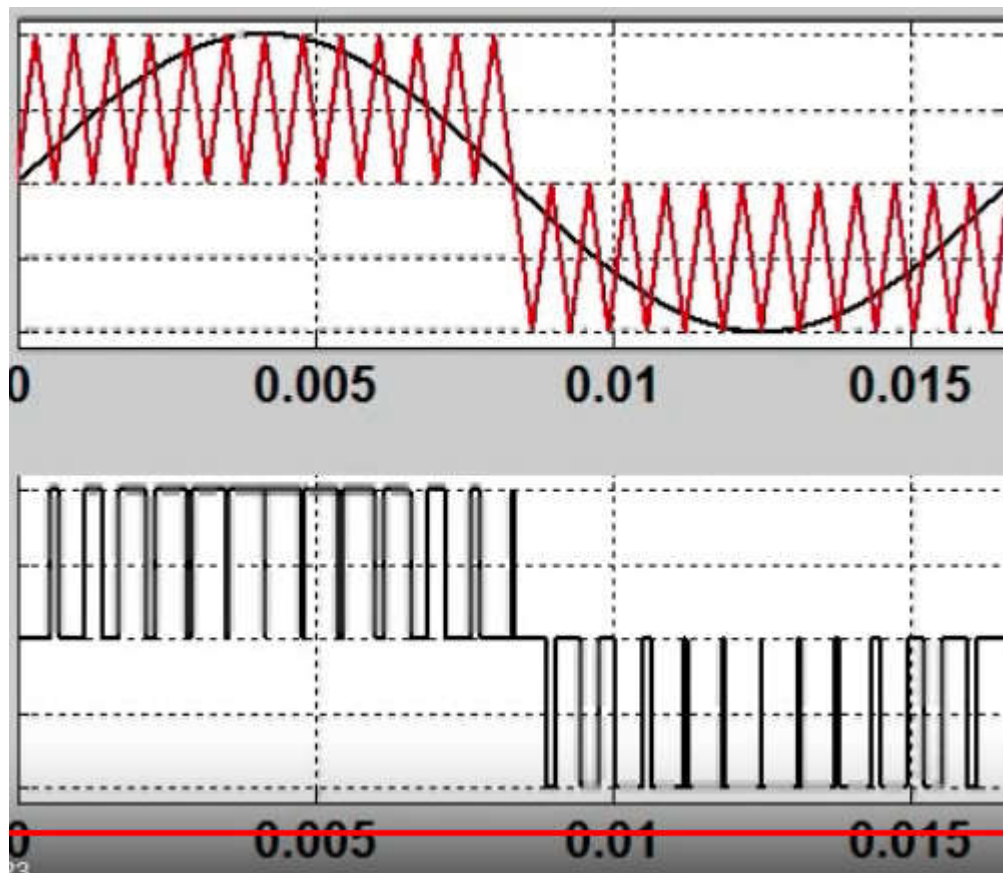


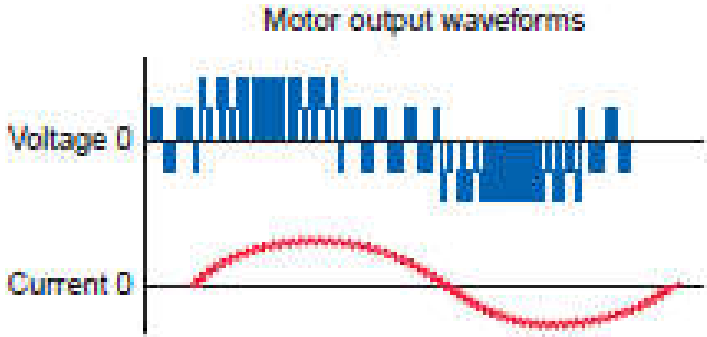
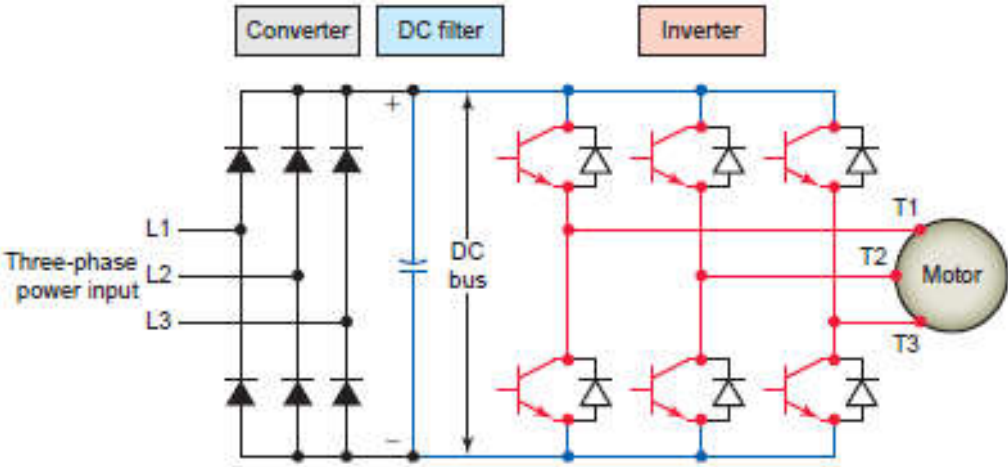
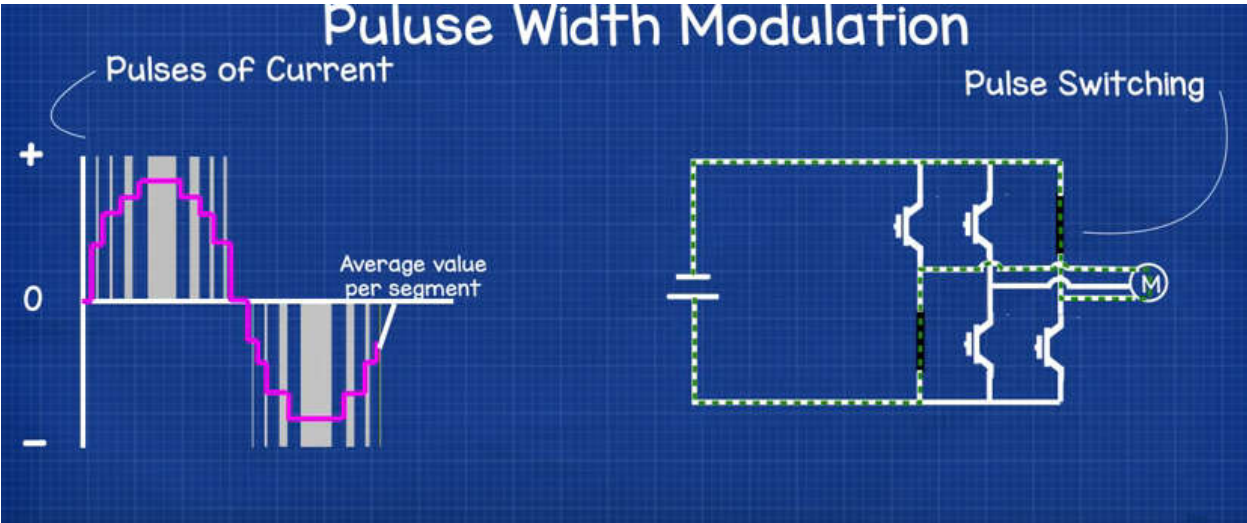
Figura 5.7. Generación de una señal PWM.

¿Cómo se genera una señal PWM sinusoidal?

Se debe hacer una comparación instantánea (punto a punto) de una señal triangular (portadora) con la señal que se desea reconstruir (referencia o modulada).

La salida del comparador tiene la forma PWM sinusoidal mostrada anteriormente.



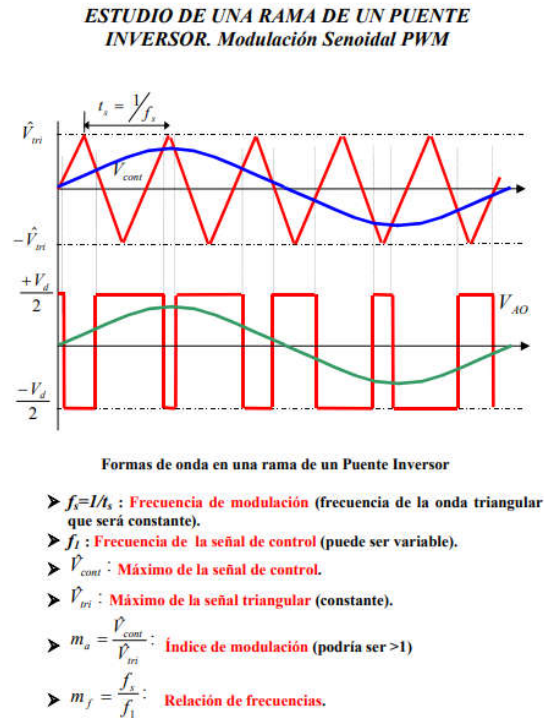
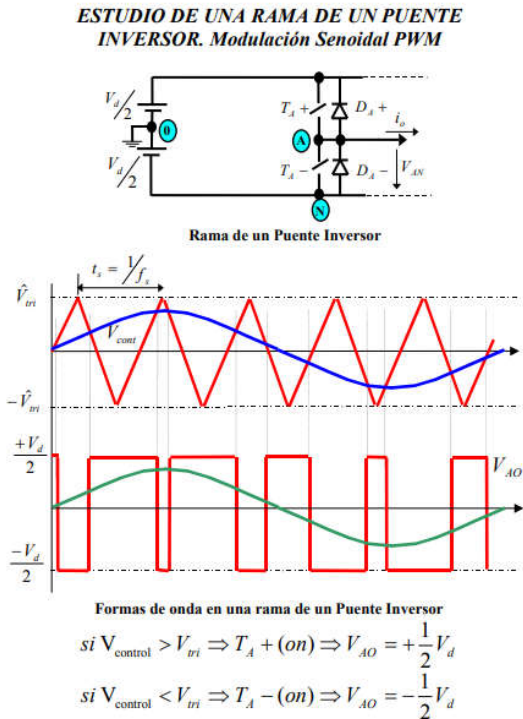


Voltaje y Corriente en el motor

Onda senoidal Cuadrada de voltaje y la cuasi senoidal de la corriente, como resultado de la modulación por pulsos.

Ya tenemos la idea de funcionamiento del VFD. Entremos en detalles.

Antes de entrar en detalles del funcionamiento de la parte de la modulación, veamos primero un breve análisis de las ondas que entran en escena.



Teniendo en cuenta que dos de los puentes conmutaran en baja frecuencia y uno de ellos en alta frecuencia modulado por PWM, se hace necesario comprender el funcionamiento de este último, el cual se describe en las siguientes figuras.

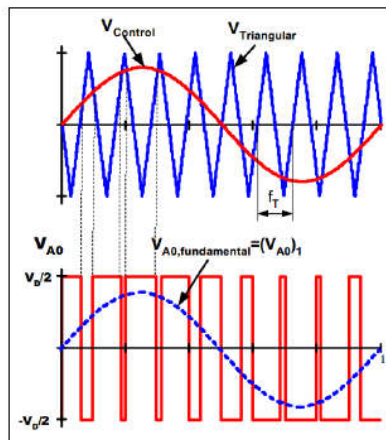
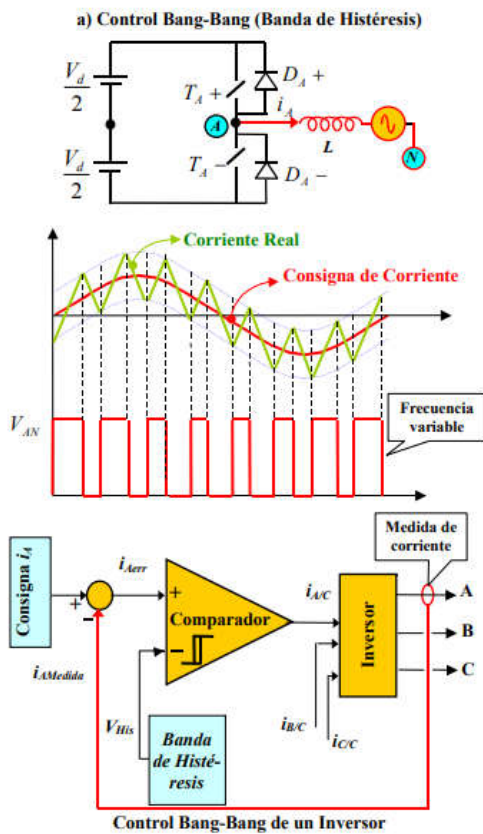


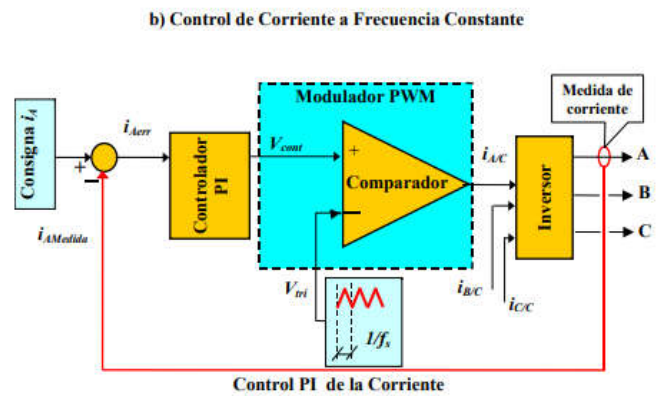
Figura 5 Esquema de Modulación Tomada (Brogeras, 2011)

En donde encontramos que al colocar la referencia del PWM, llamada “V triangulo” en la Figura 5, y compararla con una señal de control, en este caso una señal seno, el resultado es una señal de pulsos los cuales cuando la señal seno se encuentra en V_{pico} toman un ciclo útil alto y cuando la señal seno se encuentra con un voltaje V_{pico} negativo, toma un ciclo útil bajo, modulando de esta manera una señal sinusoidal.

MODULACIÓN PWM. Control de Corriente



MODULACIÓN PWM. Control de Corriente



El control de corriente (ambos métodos) son muy usados en:

- ♦ Control de motores de inducción.
- ♦ Inyección de potencia procedente de fuentes de energías alternativas en la red.

Nótese que la consigna de corriente puede elegirse de manera que:

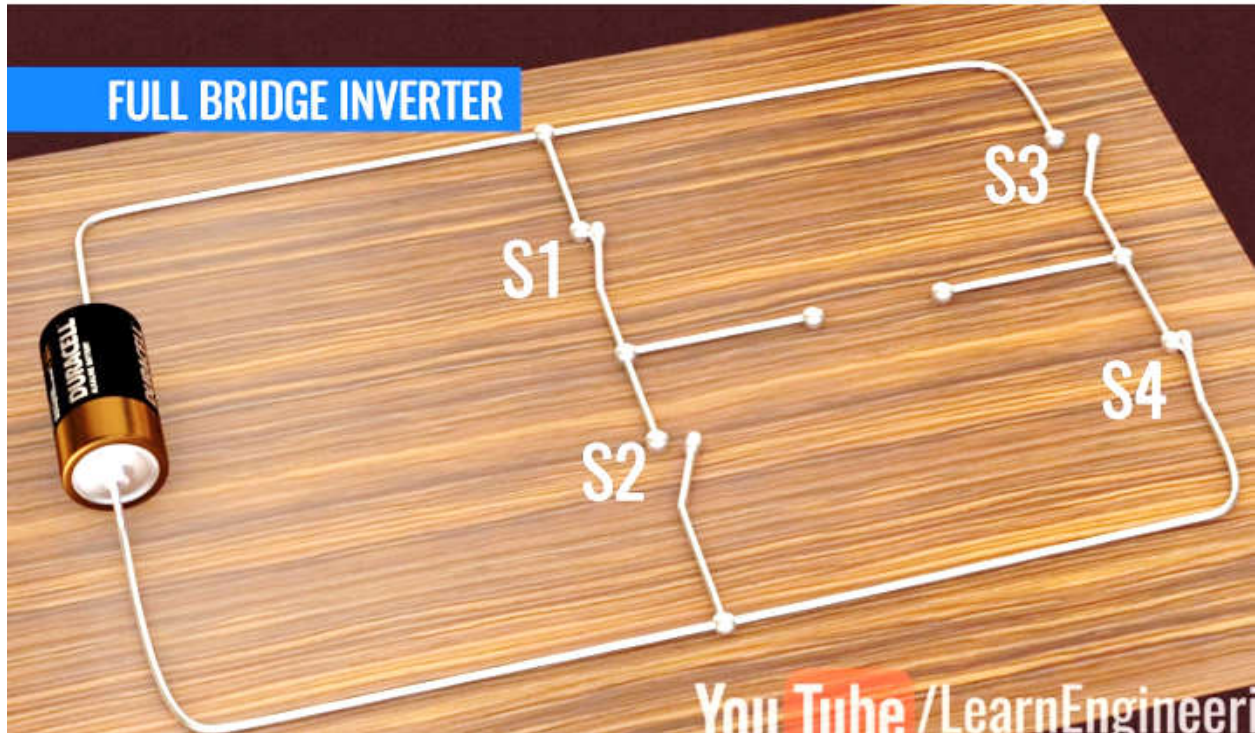
- ♦ Esté en fase con la tensión de la red. La red trabaja con el inversor como si fuese una resistencia.
- ♦ Esté desfasado 180° con la tensión de la red. La red cede energía activa al inversor.
- ♦ Tenga un desfase en adelanto o retraso con la tensión de la red. La red toma o cede energía activa o reactiva. Esto permite su uso como compensador de energía reactiva.
- ♦ Se pueden introducir desequilibrios entre las corrientes de las fases. Esto permite compensar las corrientes que están circulando por otra carga desequilibrada.
- ♦ Se pueden incorporar armónicos en las corrientes. Esto permite compensar los armónicos de las corrientes que están inyectando las cargas conectadas a la red.

Veamos ahora una simulación con este arreglo con cuatro interruptores y una batería, donde los interruptores representan los IGBT y la batería el bus de corriente directa.

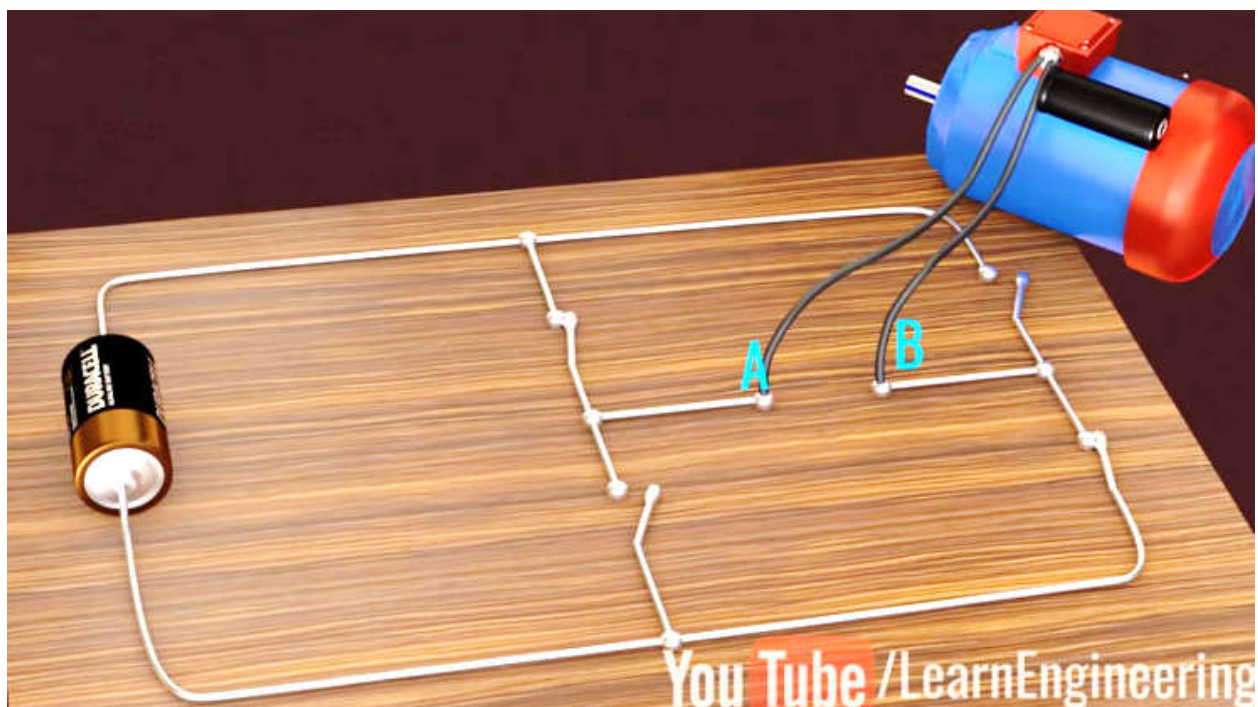
-La salida de las señales cuadradas de voltaje y la corriente “cuasisenoidal”, se logran finalmente con un filtro pasa bajo, quien proporciona el total promedio para la alimentación del motor.

Funcionamiento Paso a Paso de la sección inerte del VFD:

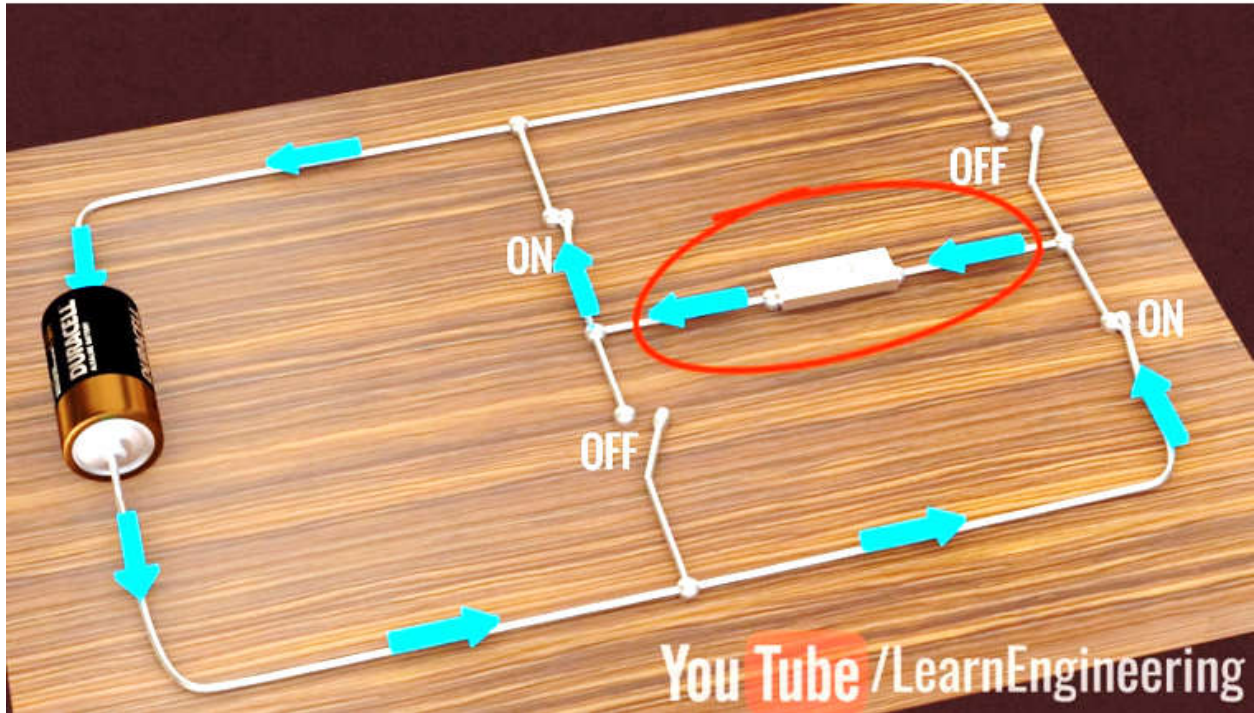
-Aquí demostraremos paso a paso con una batería e interruptores manuales, el procedimiento de la generación de las señales de power trifásica para la alimentación del motor, teniendo en cuenta el proceso de interrupción (switching) producidas por interruptores manuales haciendo el papel de los transistores IGBT. Este es el método de SPWM (Sinusoidal PWM).



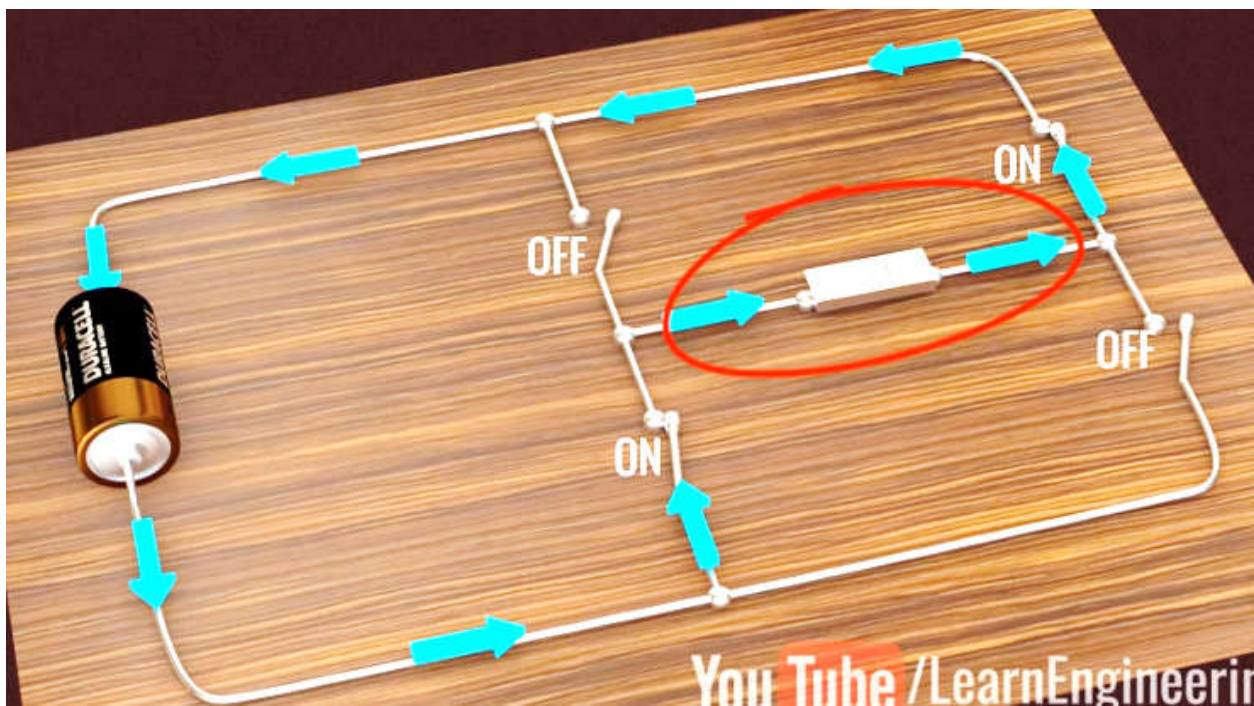
Este circuito es llamado “Puente Completo Inversor de interruptores”.



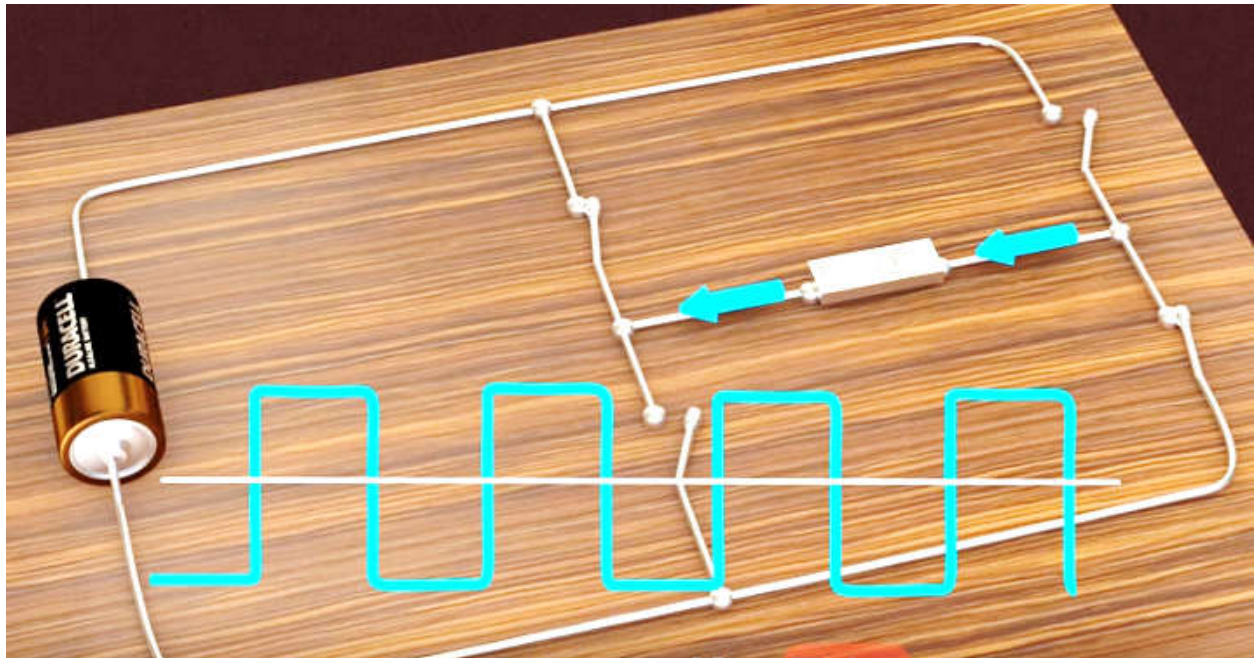
La carga (motor) estará en los terminales A-B.



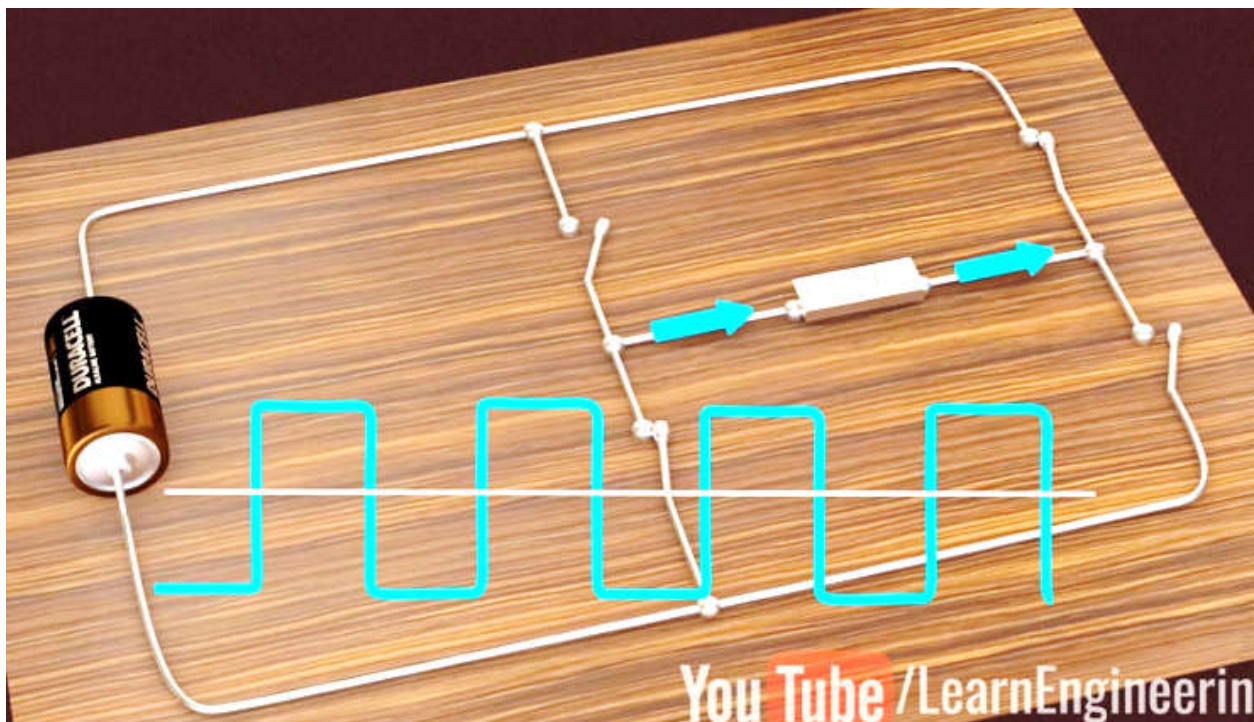
Inicio: Note el flujo de corriente en un sentido vía los interruptores cerrados.



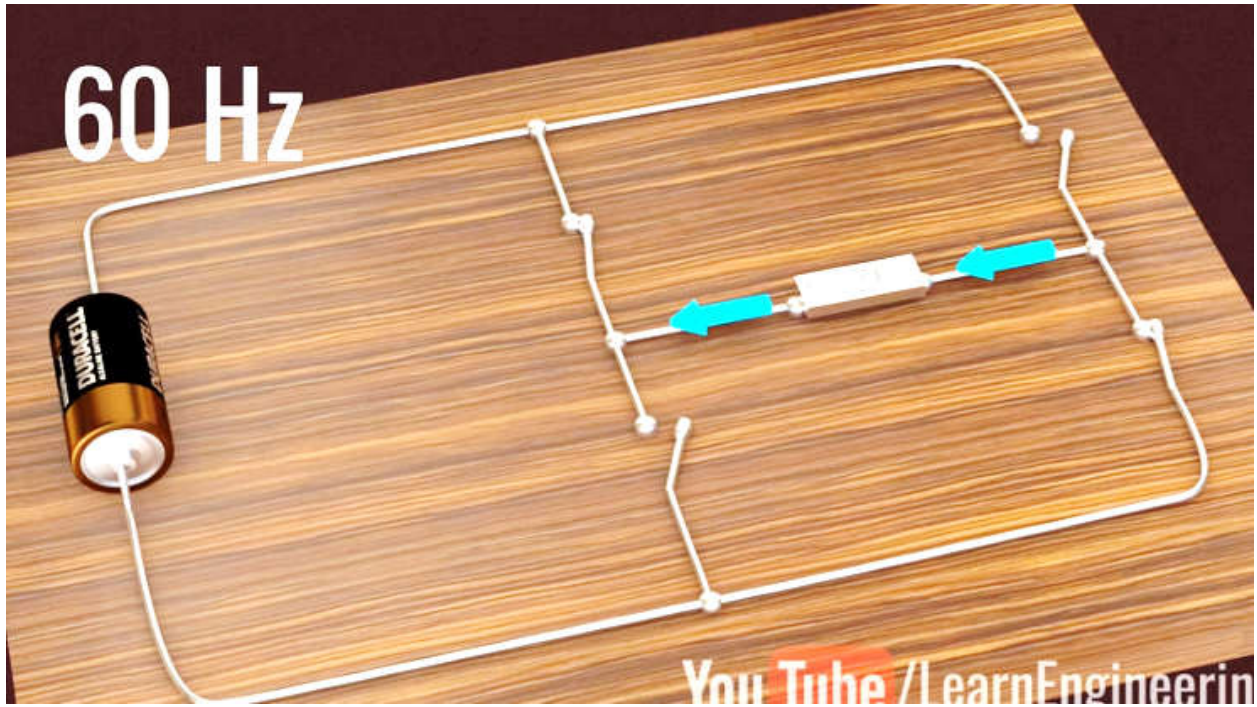
Note ahora el sentido inverso, según los interruptores cerrados. Es un voltaje variable.



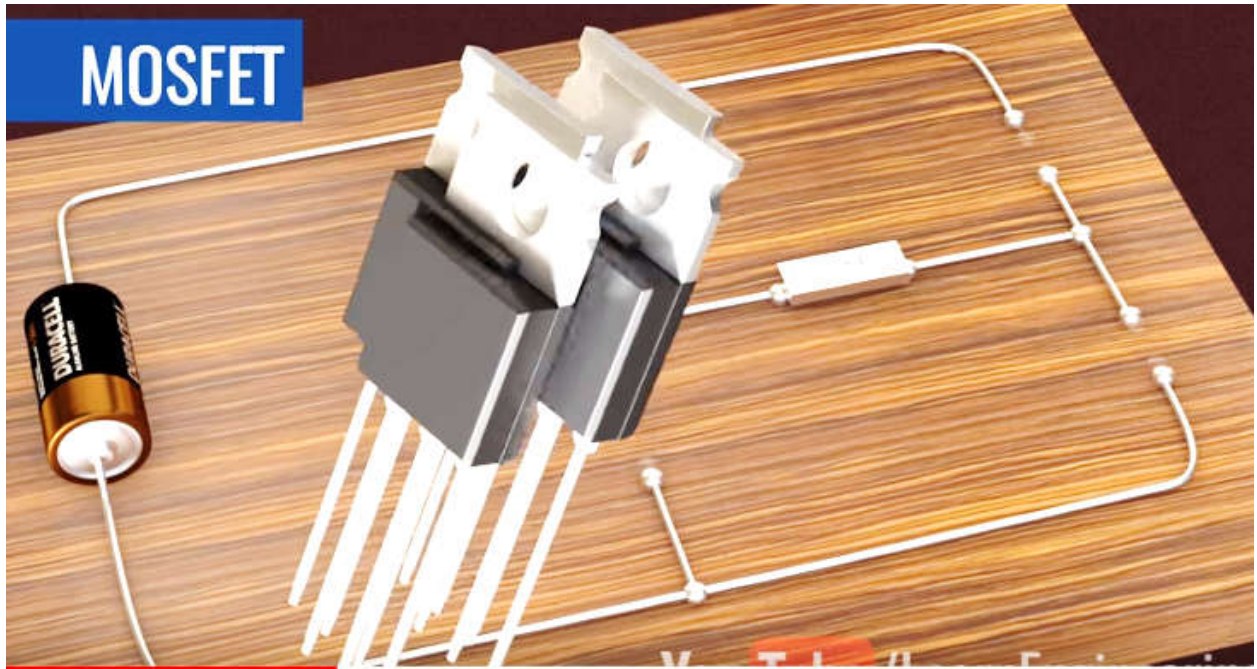
Los que nos dice que la corriente que fluye por la carga cambia de dirección.

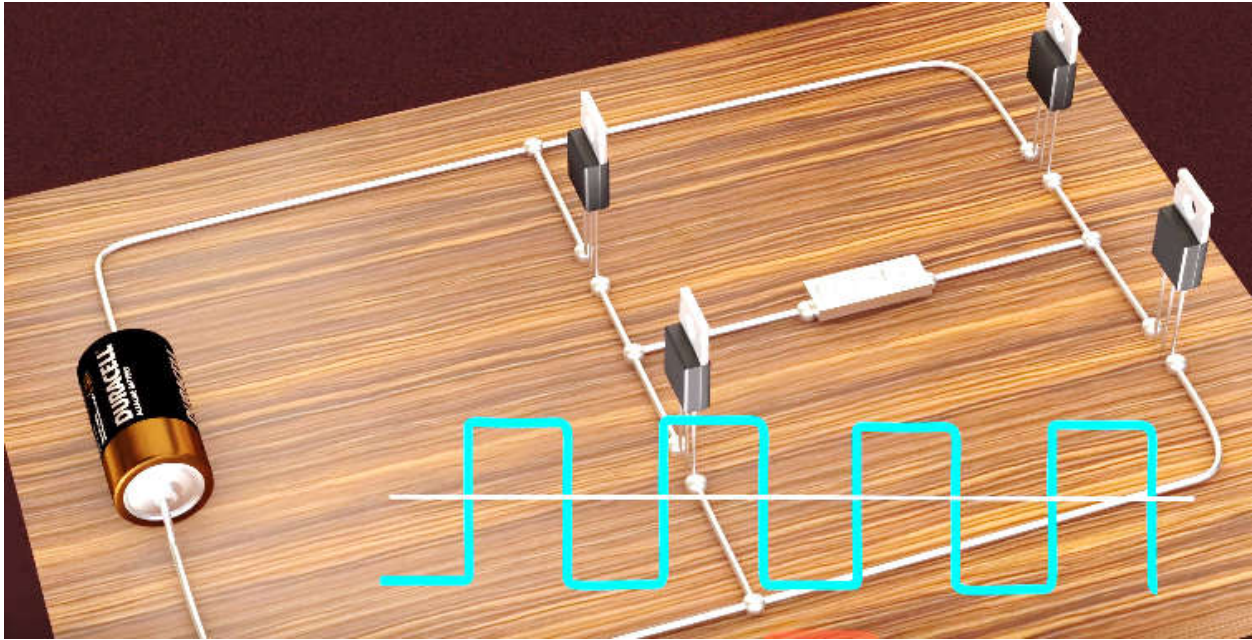


Como la frecuencia es de 60 Hz, se tendría que hacer que los switches conmutaran $60 \times 2 = 120$ veces por segundos.

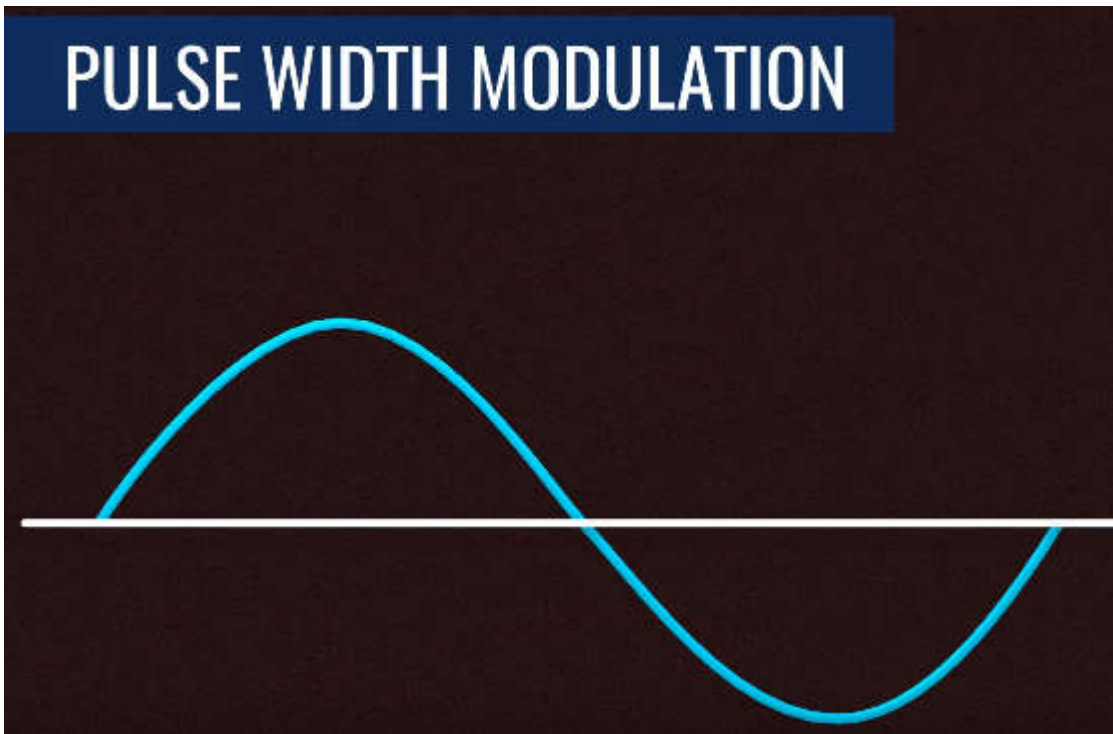


Switches análogos no lo harían, se usan los MOSFET de alta frecuencias (IGBT)

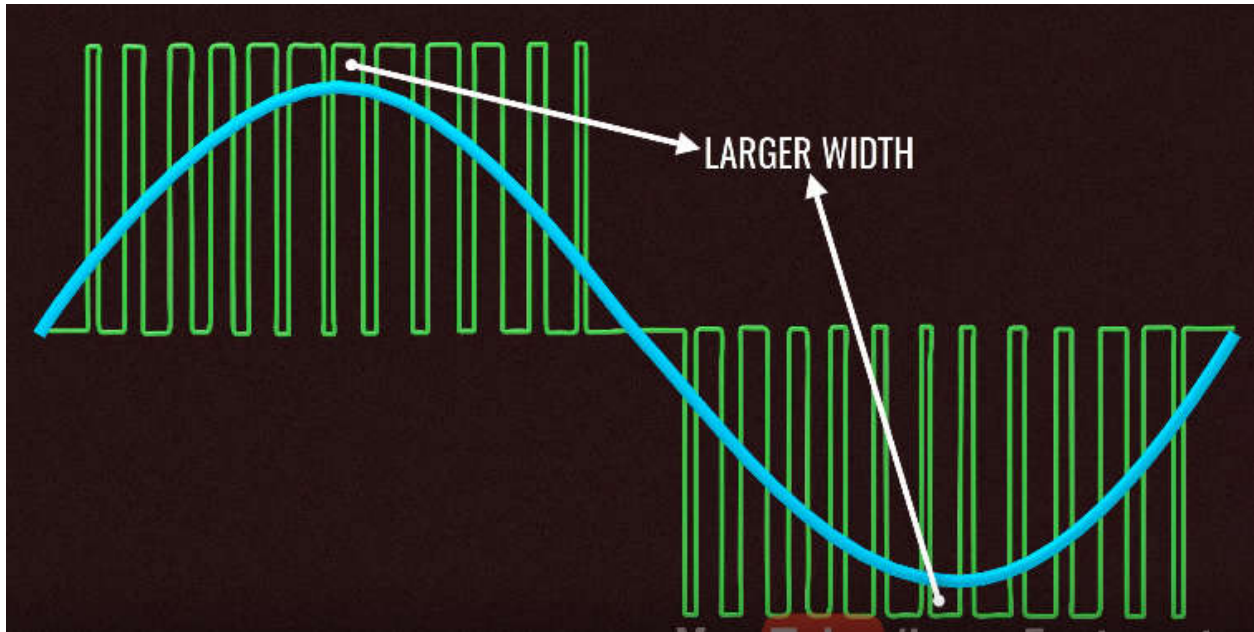




Así se obtienen los pulsos de la onda cuadrada. ¿Pero cómo se logran?



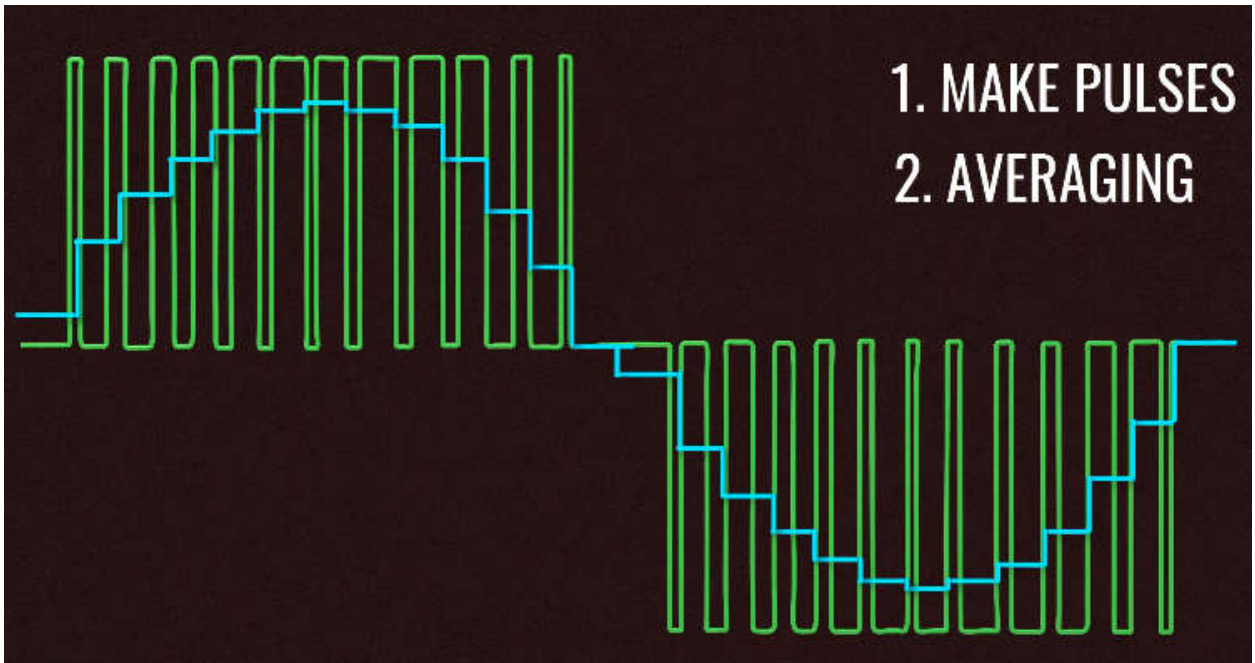
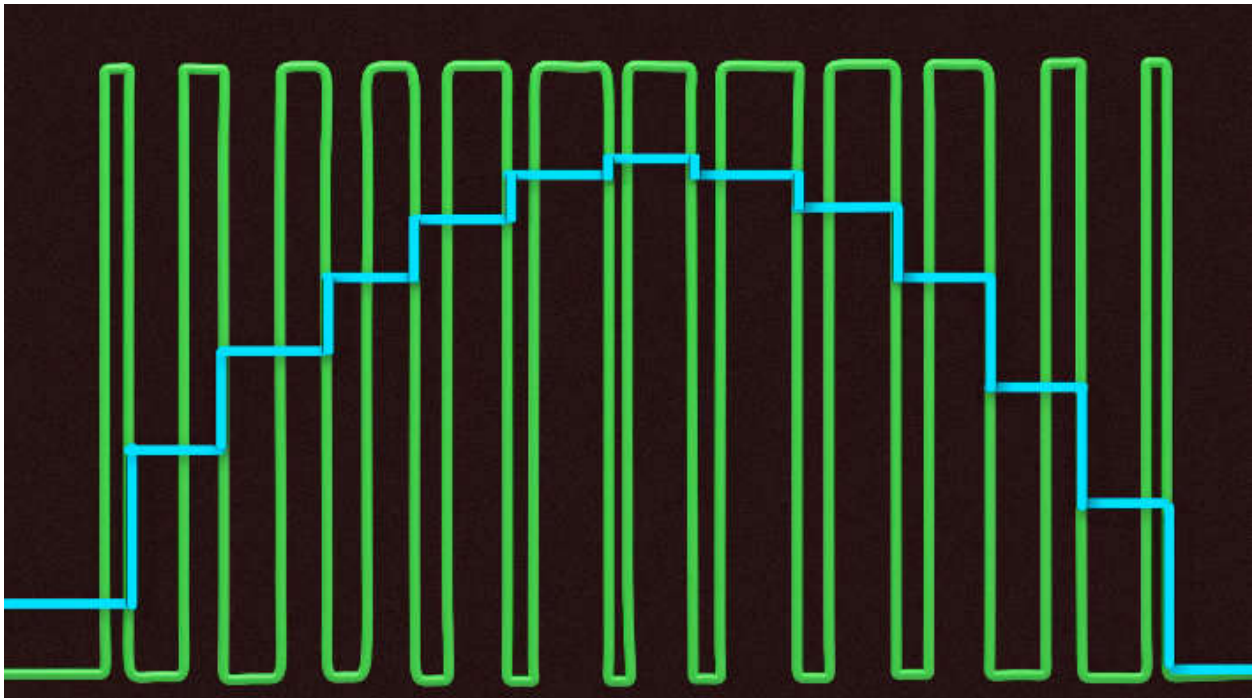
Pero necesitamos que nuestra corriente sea del tipo senusoidal.



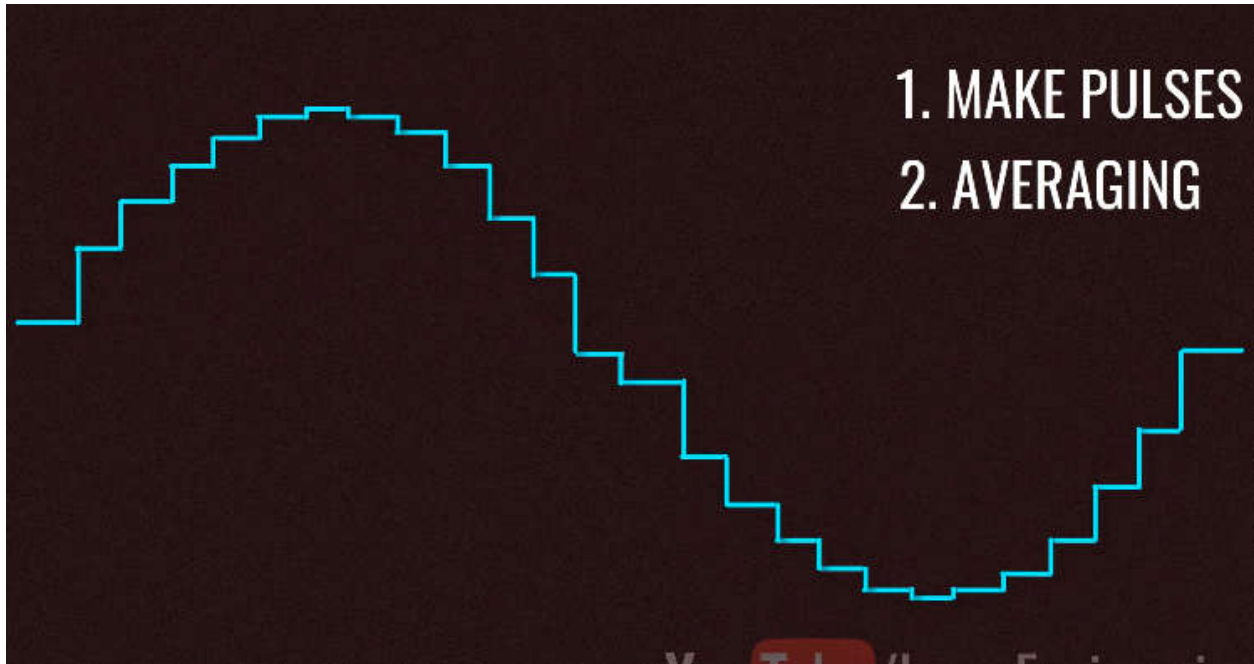
Para que el compresor pueda funcionar con sus tres fases alternas



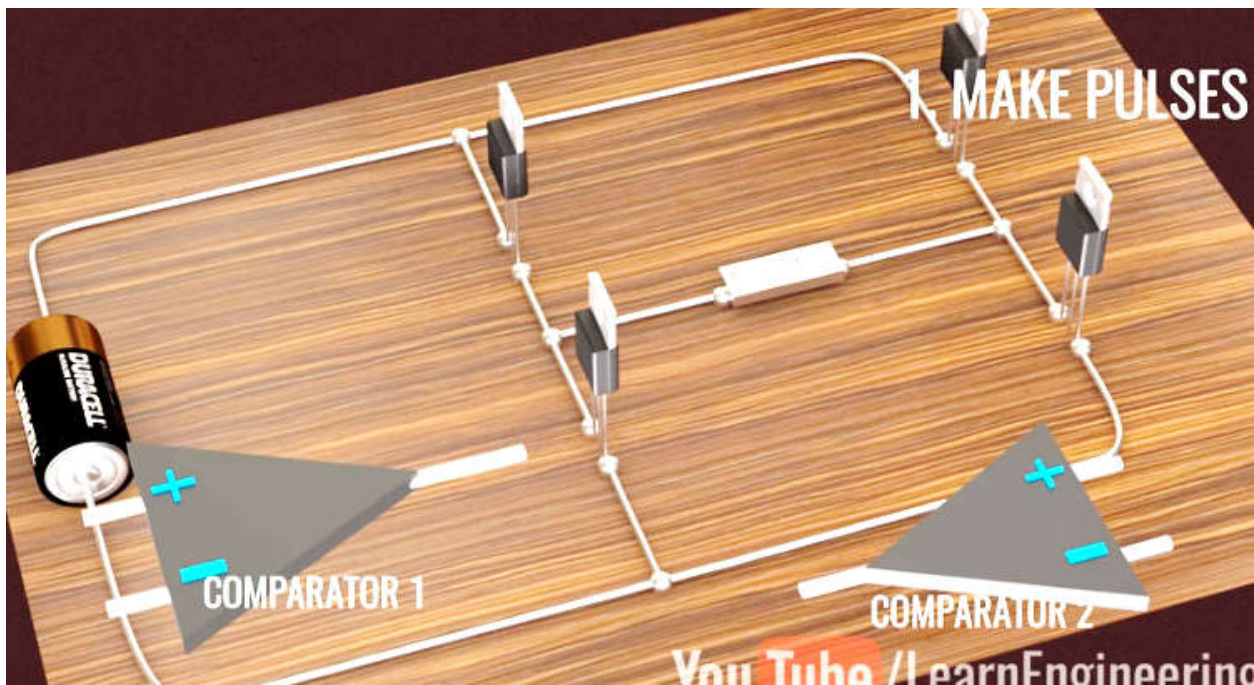
Necesitamos convertir los pulsos modulados semejantes a la onda de CA



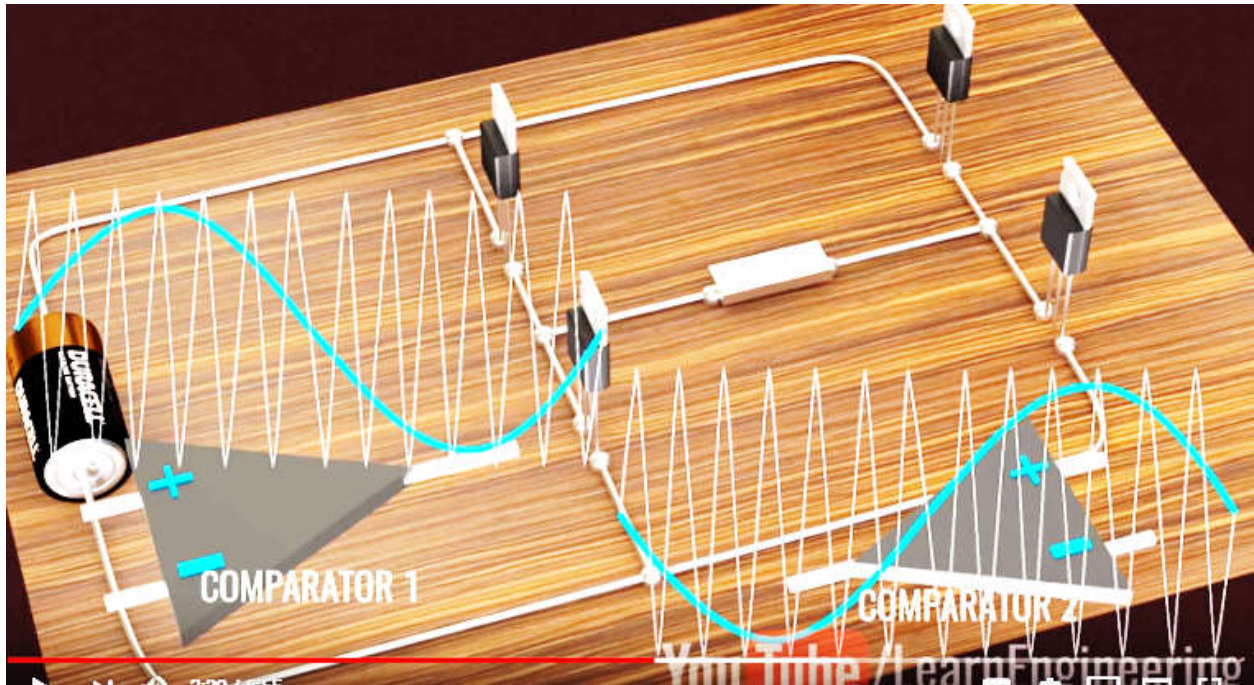
Para tal fin necesitamos obtener un promedio de la señal de pulsos modulados.



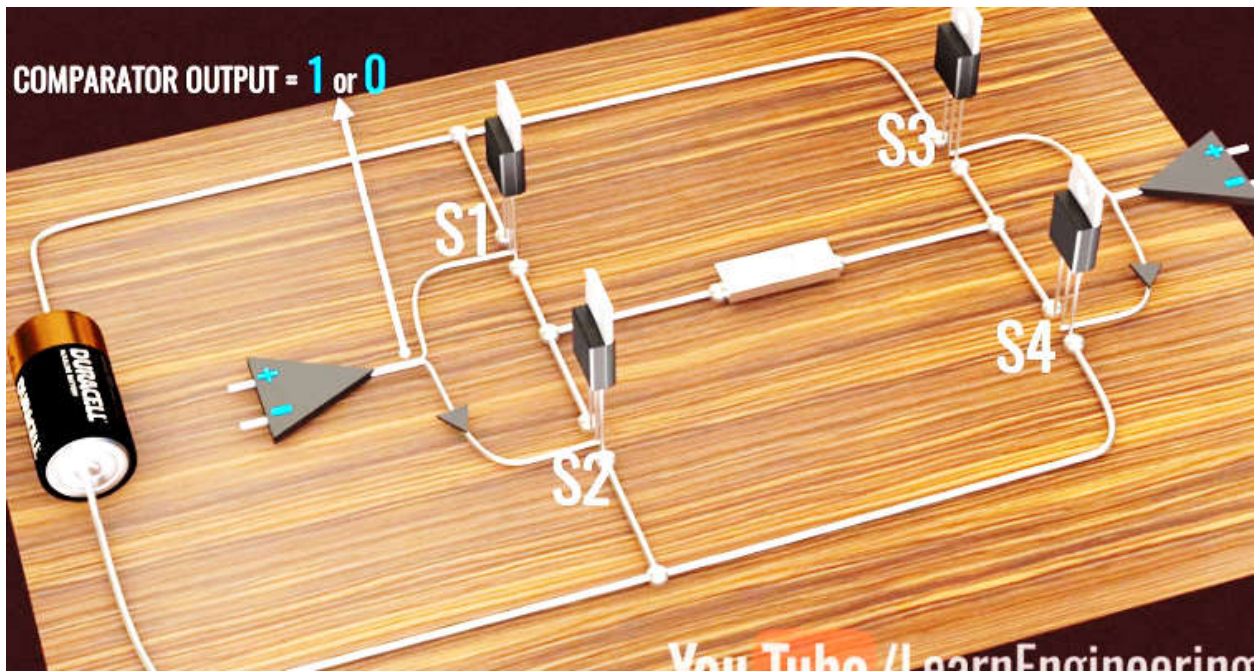
...Y esto lo lograremos con los siguiente elementos de circuitos:



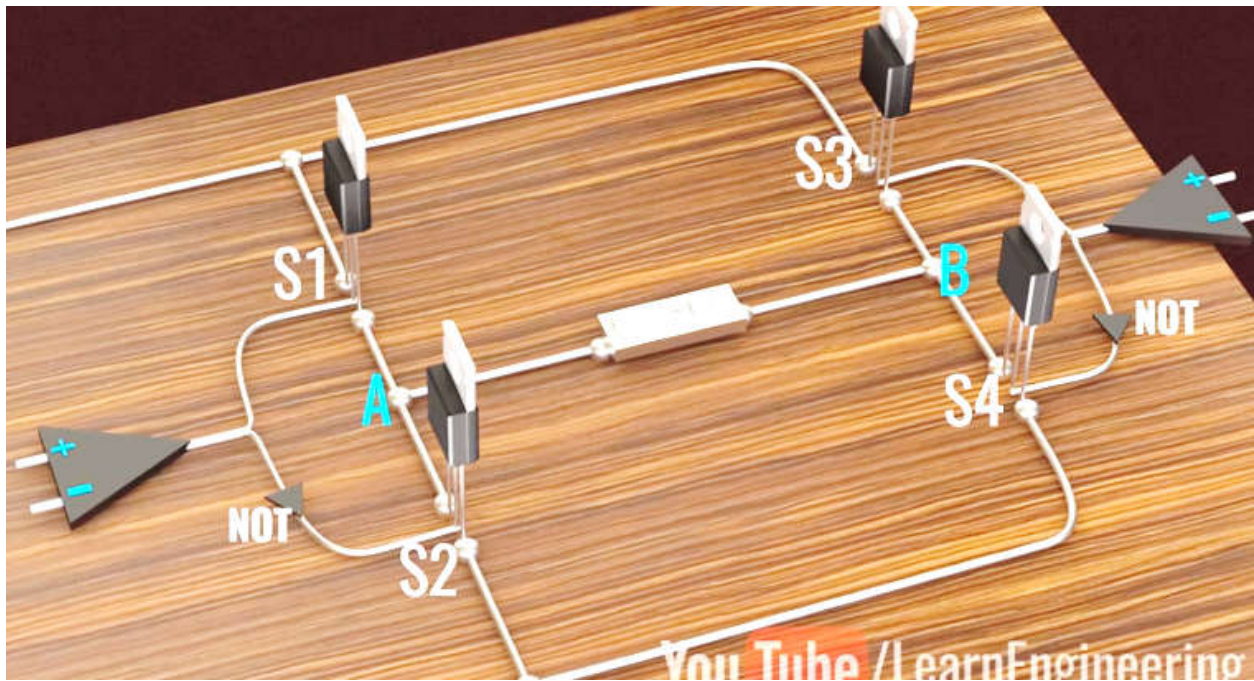
Necesitamos dos comparadores, como los ya estudiados.



Una señal de referencia Sinusoidal entrará en la entrada de un Comparador 1, y la señal Triangular, la portadora, entrará en la otra entrada. Lo mismo en el Comparador 2, pero la señal Senusoidal estará desfasada 90 grados.

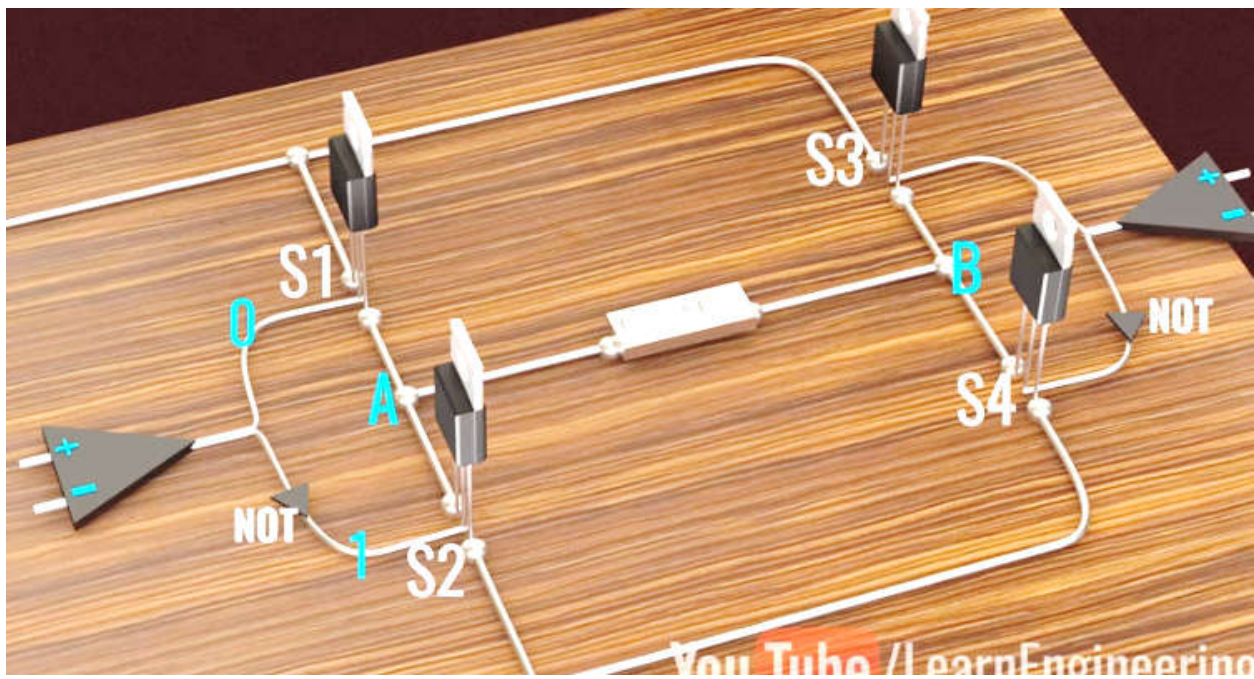


Un Comparador gobierna los interruptores S1 y S2, y el otro S3 y S4. Out: 1 o 0



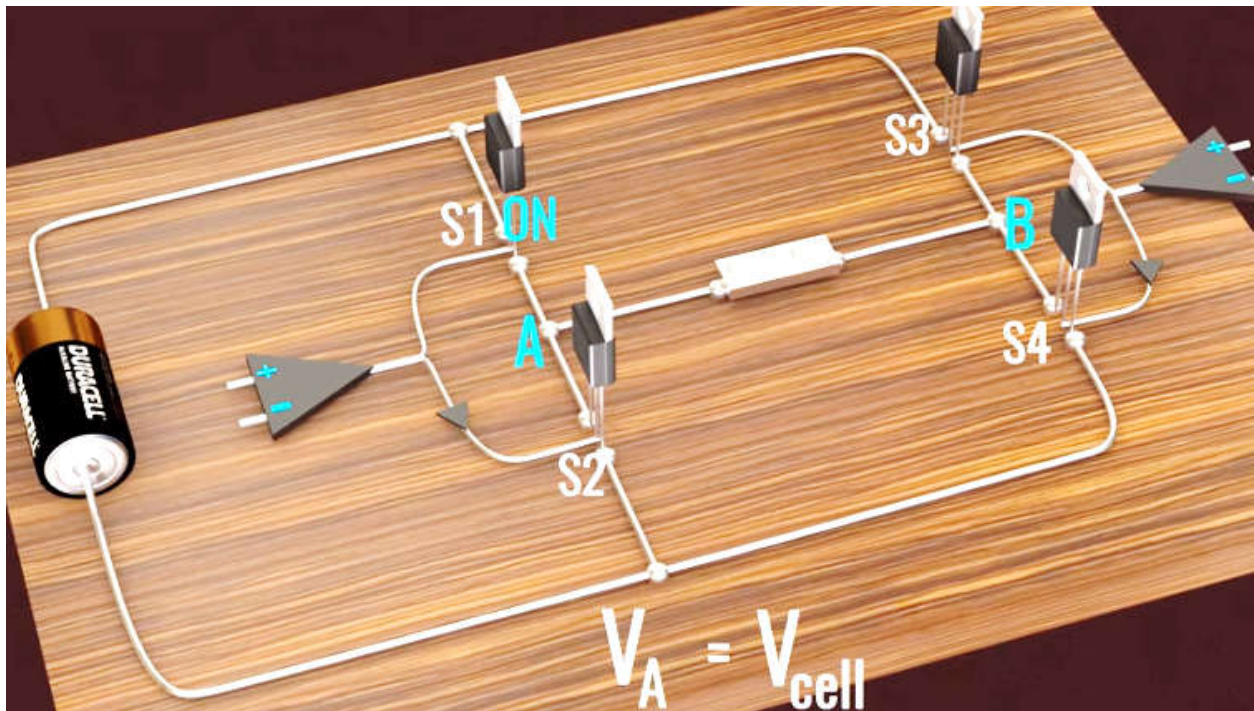
Los Not gates serán como interlock, para que no se produzca un corto circuito entre S1 y S2 o S3 y S4, o sea que no operen al mismo tiempo.

Si S1 está cerrado el S2 estará abierto y viceversa. Lo mismo con S3 y S4.

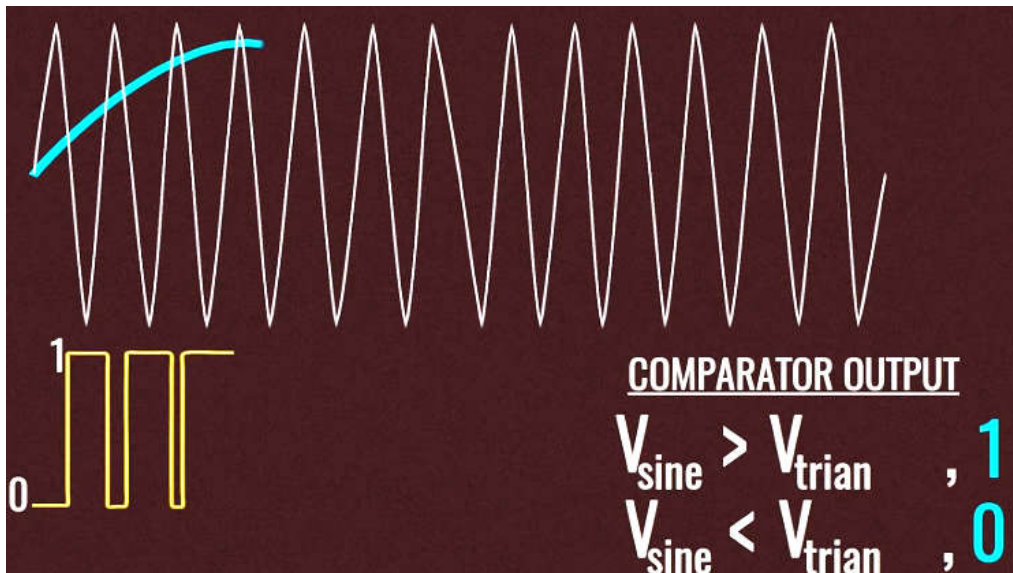


Si S1 está cerrado (1) el S2 estará abierto (0) y viceversa. Lo mismo con S3 y S4.

La salida de los comparadores serán o "1" o "0"

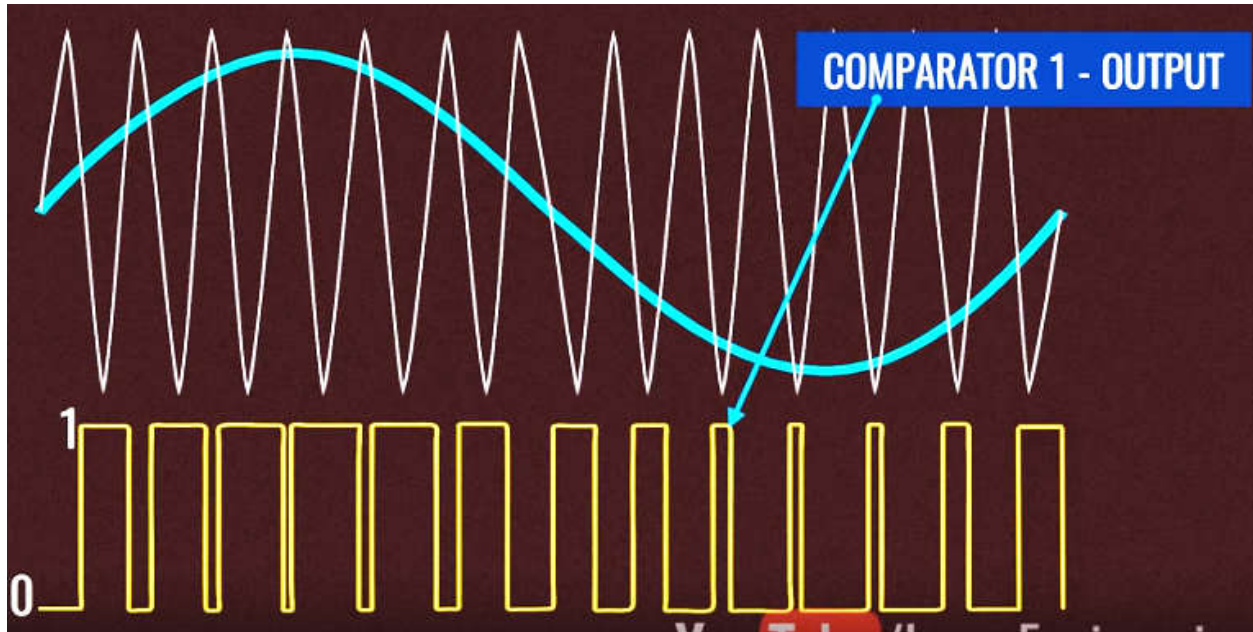


Los comparadores comparan las dos señales: Senoidal y Triangular:



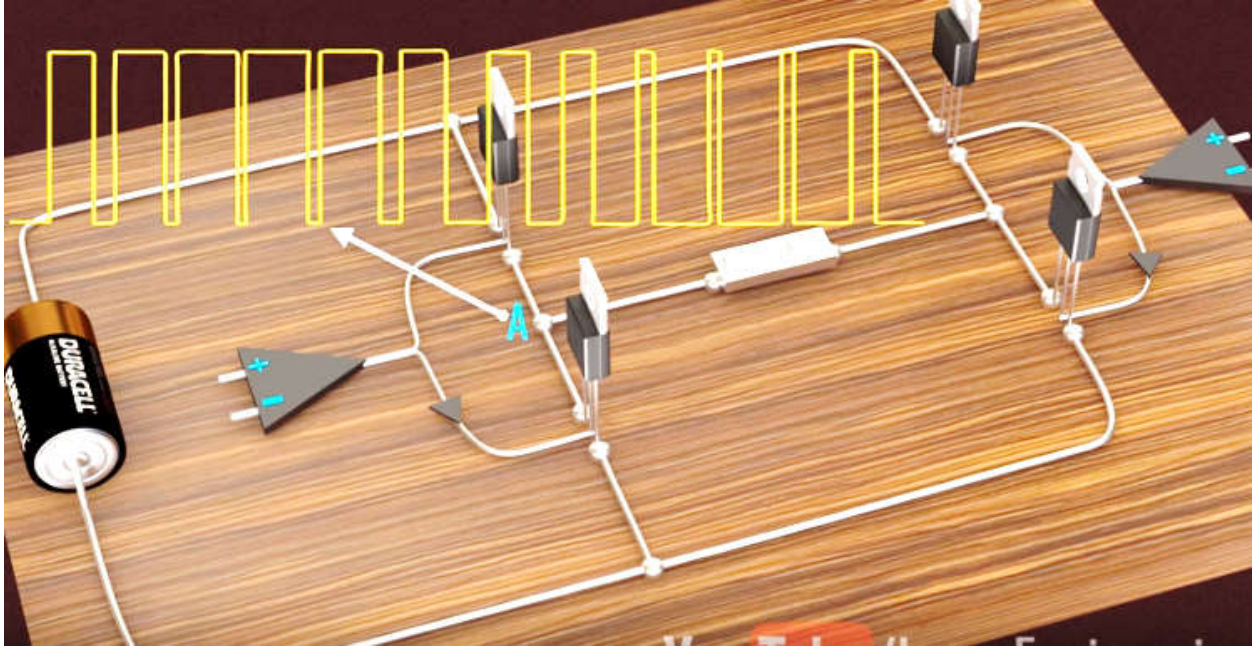
Although [space vector pulse-width modulation](#) (SVPWM) is becoming increasingly popular,^[15] sinusoidal PWM (SPWM) is the most straightforward method used to vary drives' motor voltage (or current) and frequency. With SPWM control (see Fig. 1), quasi-sinusoidal, variable-pulse-width output is constructed from intersections of a saw-toothed [carrier signal](#) with a modulating sinusoidal signal which is variable in operating frequency as well as in voltage (or current)

Cuando el voltaje senoidal sea más grande que el de la onda triangular, la salida del comparador será 1, de lo contrario será cero. Así se tendrá la onda controlada de ancho de pulsos.

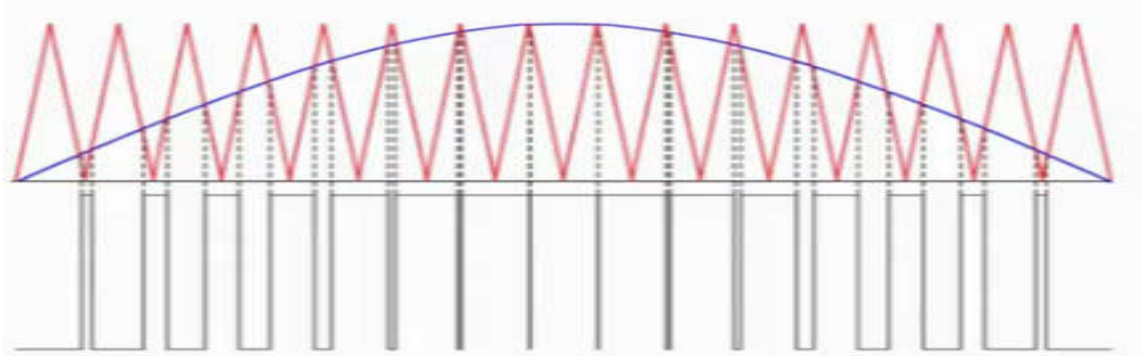
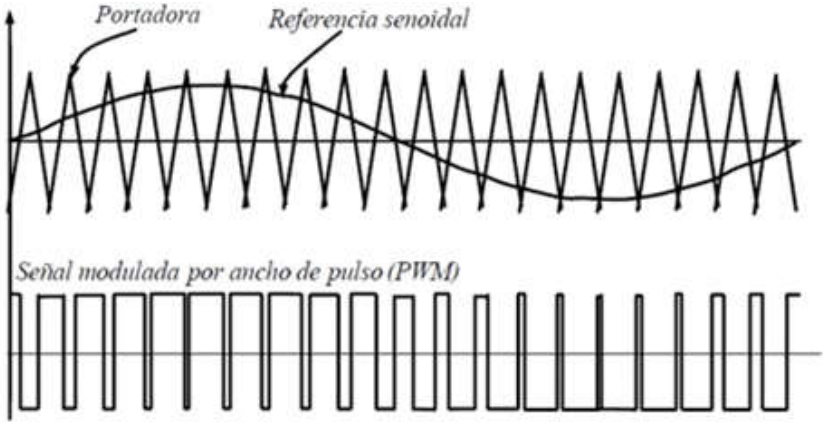


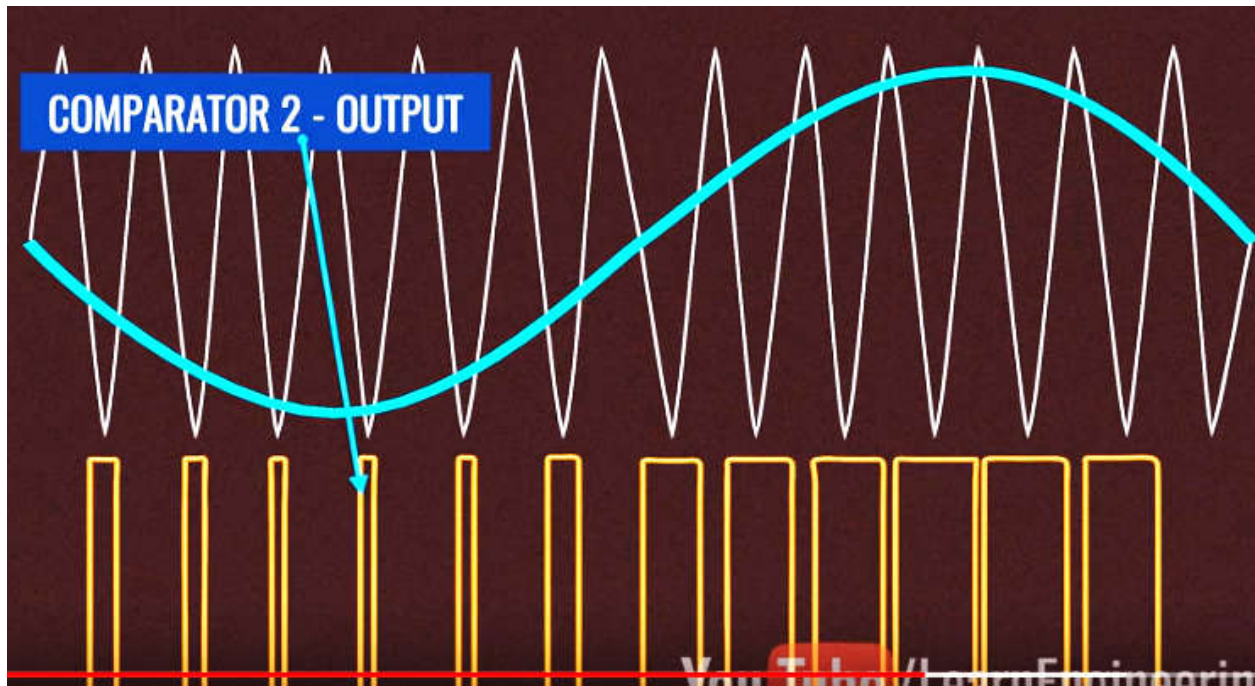
En la parte negativa la anchura de los pulsos son el inverso de la parte positiva y a mayor voltaje positivo, mayor anchura del pulso y viceversa.

Al comparador 1 entra la onda triangular, que es la portadora y la onda de referencia Senoidal en fase. Note que el ancho de los pulsos es mayor en V_{\max} de la onda Senoidal.

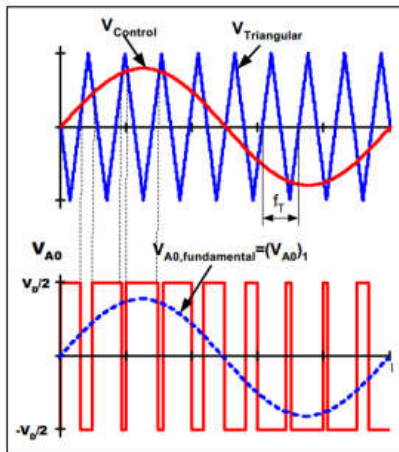


NOTE: Al comparador 2 entra la onda triangular, que es la portadora y la onda de referencia senoidal pero desfasada o fuera de fase.

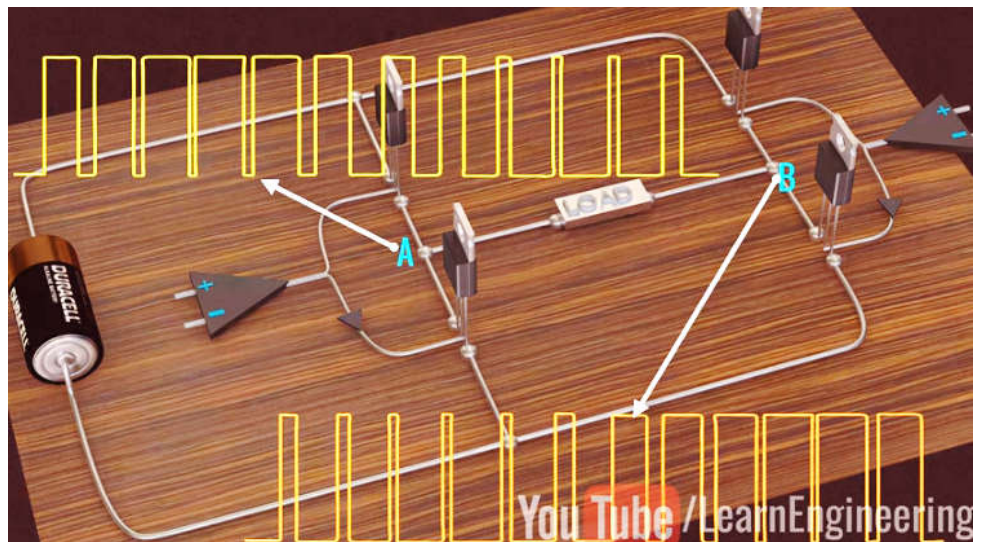




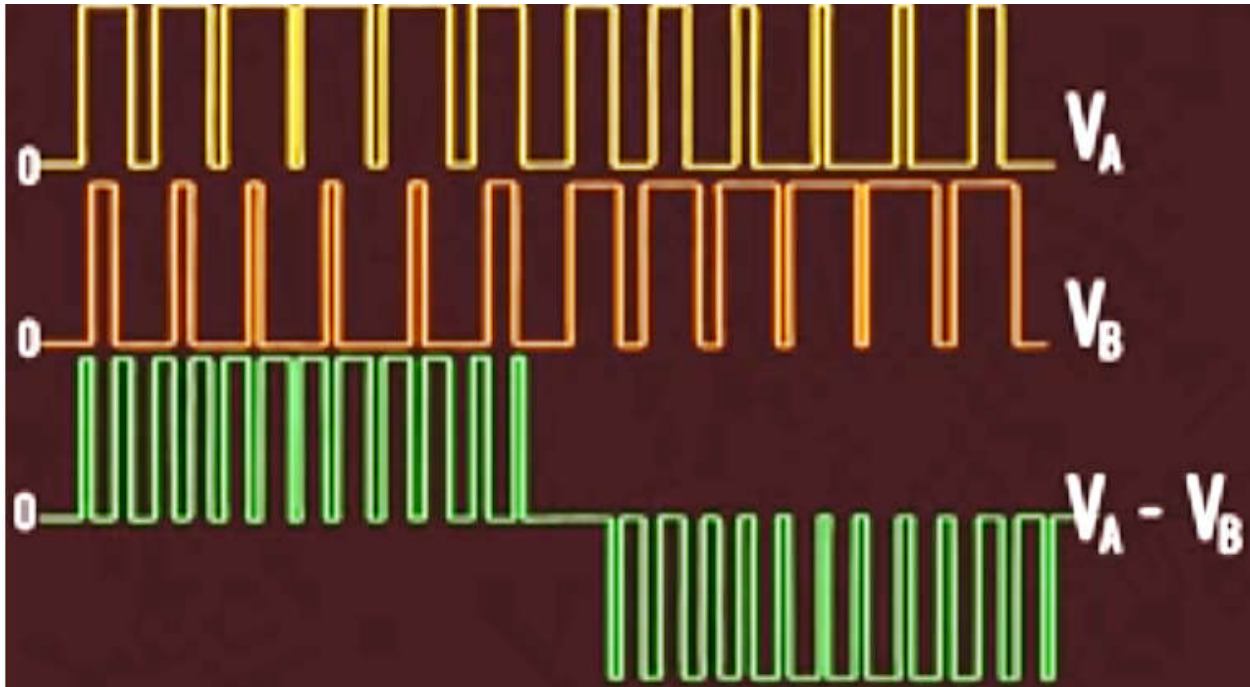
La onda senoidal entra en desfase, contrario a la del Comparador 1.



Modulación.

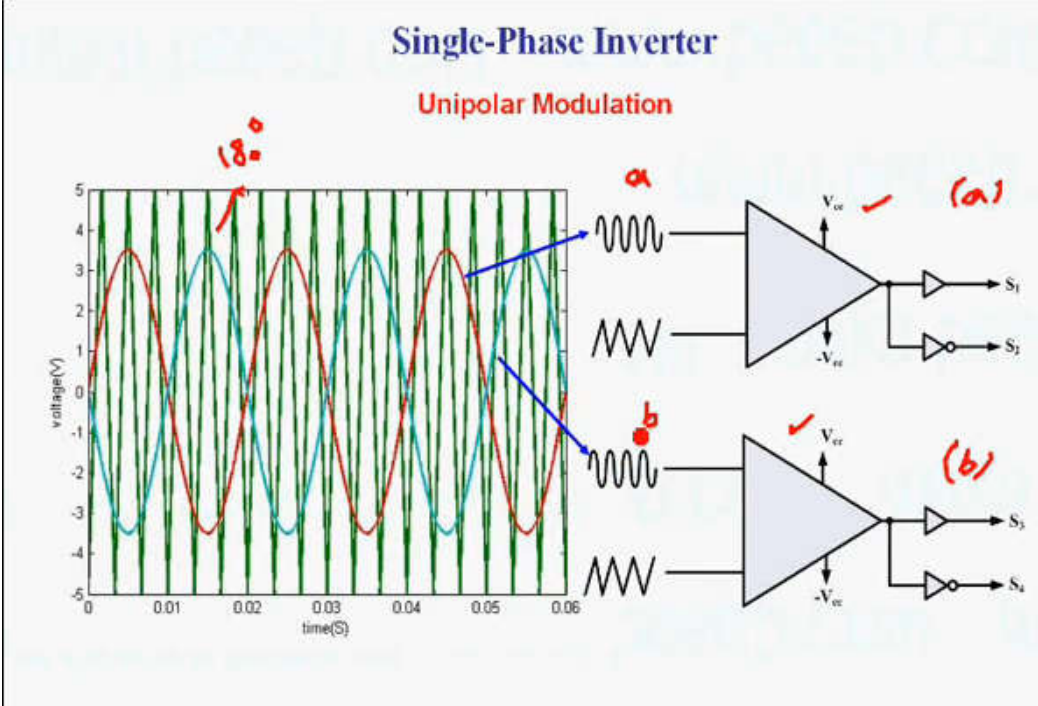


Ya tenemos las dos señales en las salidas A y B.

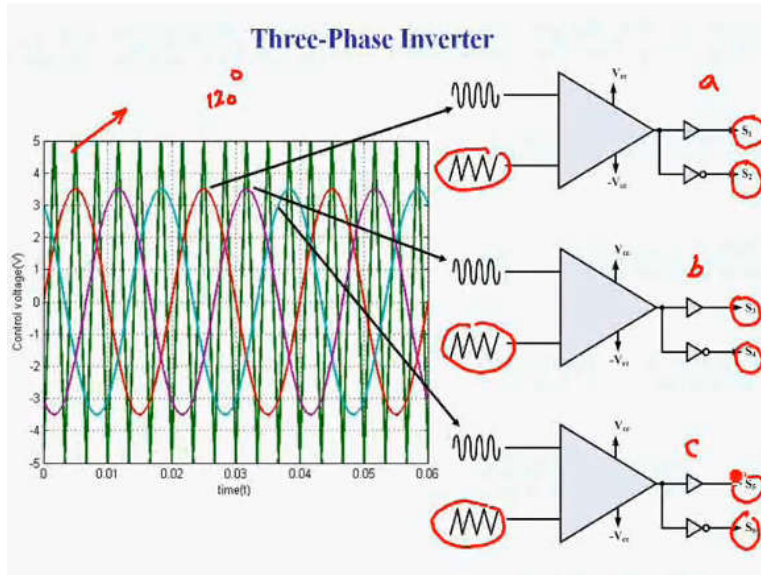


Con las dos señales V_A y V_B y su diferencia, obtenemos una resultante que es la correspondiente semejante a una senoidal: $V_A - V_B$ positiva y negativa.

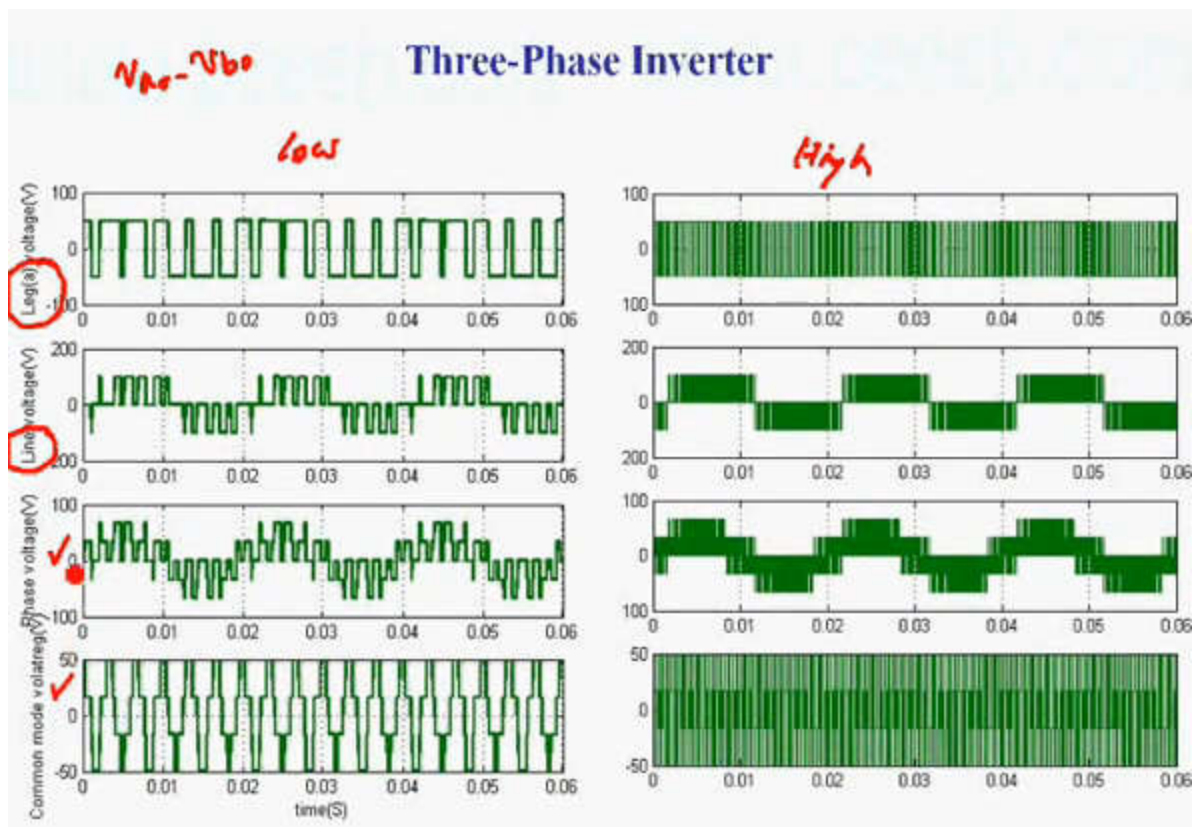
Veamos ahora en detalle los controles logicos de las senales a los IGBT

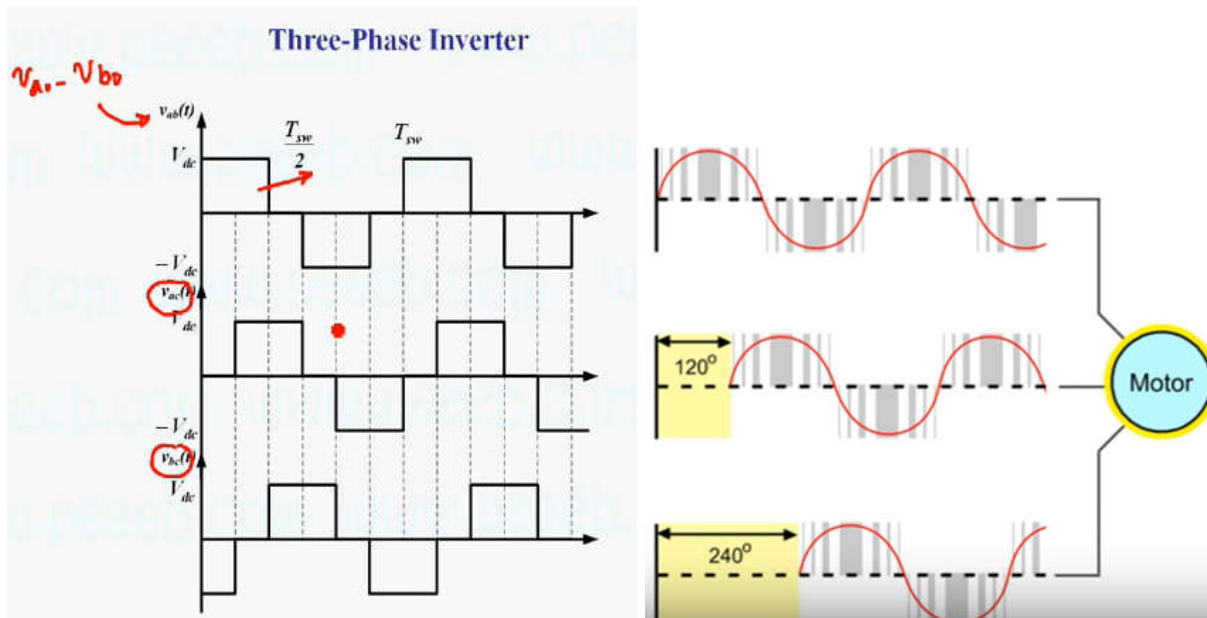


Para la modulación monofásica se requieren de dos Comparadores, como ya vimos



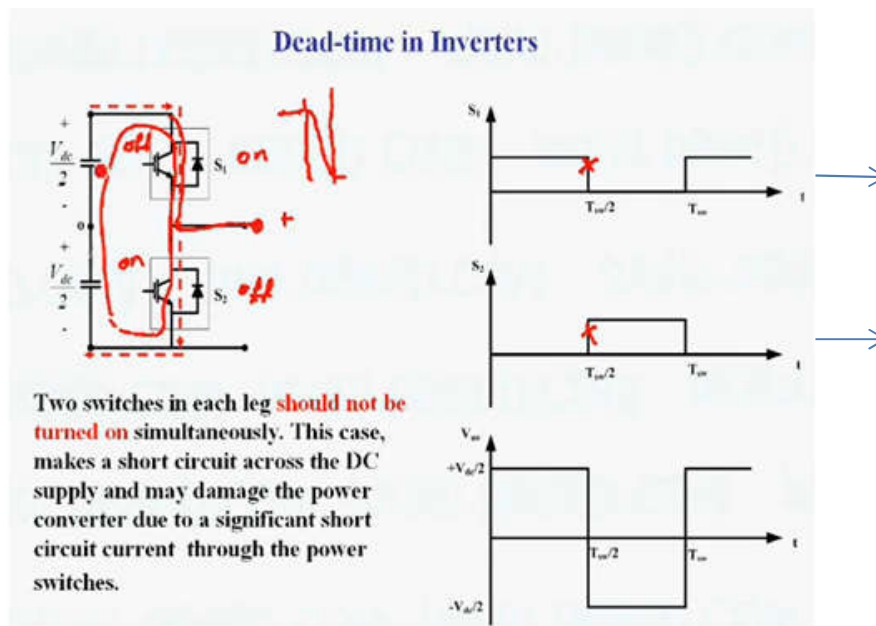
Para un sistema Trifasico se requeriran tres Comparadores con las senales seno y Triangular en las entradas. Las tres senales senos estan desfasadas 120 grados para las salidas S1, S2, S3, S4, S5 y S6, recuerden que se tienen tres salidas con sus inversos. Las senales resultantes son:



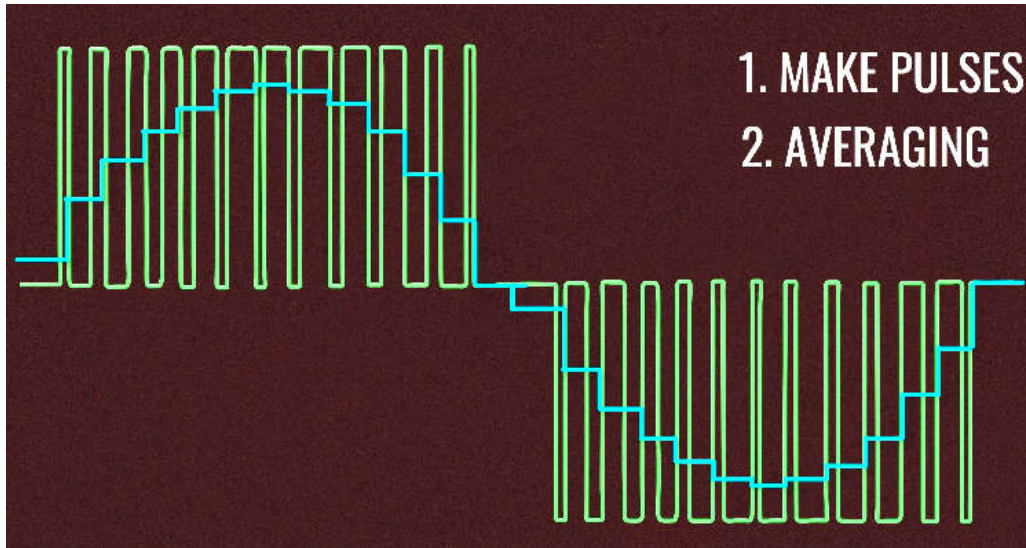


Las señales entregadas al Compresor son de tres fases desfasadas 120°

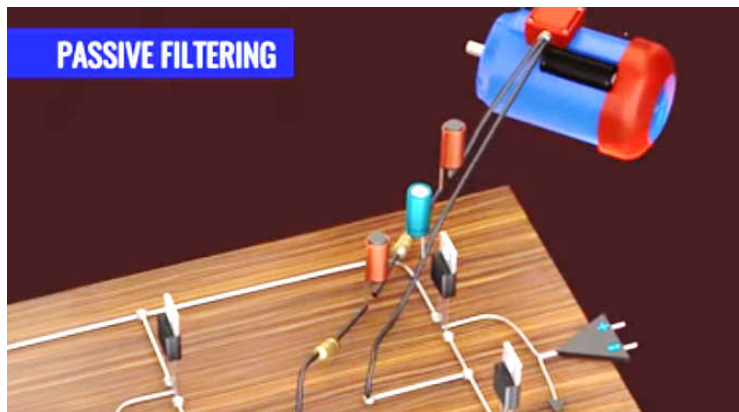
El average de los pulsos a través de un sistema de filtros se produce una corriente onda casi-senoidal alterna, la cual alimenta el compresor.



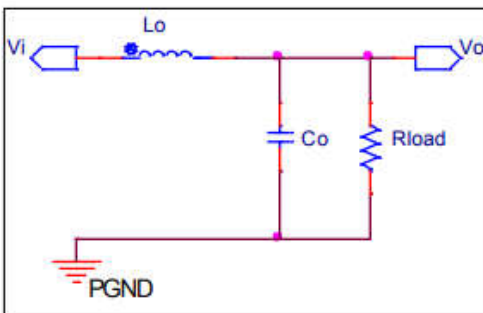
Un punto muy importante es el llamado "Tiempo Muerto", el cual es el que determina que dos IGBT en serie cierren al mismo tiempo produciendo un corto circuito entre los terminales +P y -N. Por eso que el comparador entrega dos salidas una on (1) al interruptor S_1 y otra off (0) al interruptor S_2 , para evitar esto.



El averaje de los pulsos produce el contorno de la onda de referencia: Senoidal

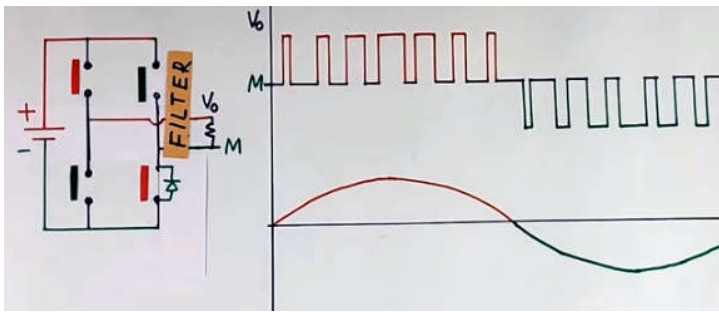


Ahora, teniendo esta señal modulada la aplicamos a los “Gates” del puente de los “MOSET” (IGBT) y lo único que faltaría es pasar la señal de salida del puente por un filtro “pasa bajo” LC, el cual nos dará el “Promedio” de la señal



modulada, obteniendo así la onda casi senusoidal deseada para alimentar nuestro Compresor. Este filtro (pasa bajo), consiste en un inductor y un capacitor en paralelo con la carga. Véase a la izquierda.

➔ *Filtro pasa bajo LC*



El filtrado $L_0 + C_0$, después de la modulación para obtener la forma promedio de la onda casi senusoidal. Y

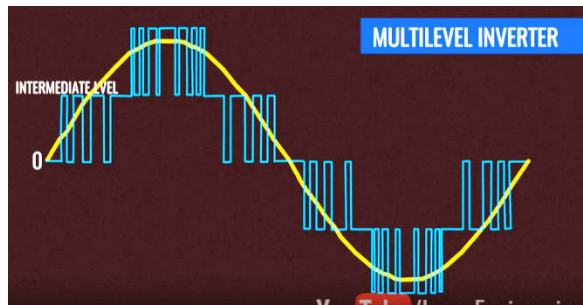
Para determinar los valores del condensador y de la bobina se utiliza la siguiente ecuación.

$$f_s = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{L_0 * C_0}} \quad < 1 >$$

En donde f_s es la frecuencia de corte deseada, en Hz. Utilizando sólo esta ecuación se podría dar un valor a la bobina y hallar el condensador o viceversa, pero al hacer esto no garantiza que el comportamiento del circuito sea el deseado, ya que al tener un condensador demasiado grande el consumo de corriente del inversor se incrementa y si optamos por tomar un condensador de menor valor la fidelidad de la onda seno se puede ver afectada, de modo que para determinar exactamente los valores de L y C se tiene en cuenta la impedancia de filtro, la cual está dada por la siguiente ecuación.

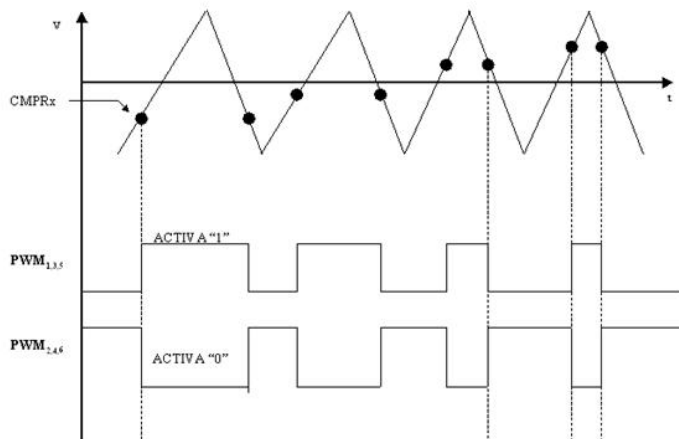
$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \quad < 2 >$$

En donde Z_0 es la impedancia característica del filtro, de modo que a partir de las ecuaciones <1> y <2> se determinara el valor de la inductancia y del condensador.



Hasta ahora hemos visto la señal con dos niveles de voltajes. También se tienen los inversores de múltiple niveles de voltajes, que son de mayor precisión y reducen los errores instantáneos, como los usados en los autos eléctricos. El filtrado después de

la modulación para obtener la forma promedio de la onda senosoidal

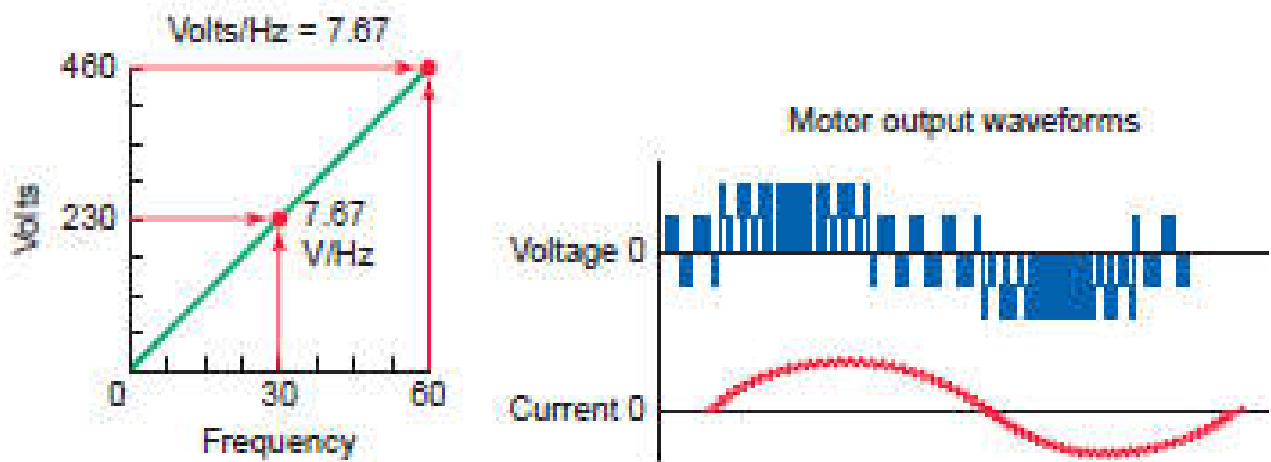


Ya vimos que cuando la señal de referencia triangular coincide con el valor programado al registro de comparación, se produce una conmutación de las salidas PWM_x y PWM_{x+1} . Los valores de los registros de comparación

Figura 3.4 Generación de PWM simétrico

y de período pueden ser recargados en cualquier instante de tiempo.

En este trabajo el valor del registro de comparación proviene de la salida de un comparador y constituye la señal moduladora en la modulación por ancho de pulso (PWM). La figura 3.4 muestra como dependiendo del valor del registro de comparación (CMPRx) y el punto donde intercepta a la señal triangular de referencia, varía la amplitud de los pulsos de las salidas PWM. El nivel de activación de estas señales ("0" ó "1"). Al final el voltaje y la corriente trifásicos en el compresor son los siguientes, seguidos de un torque constante, el cual dependerá del cociente entre el voltaje y la frecuencia.

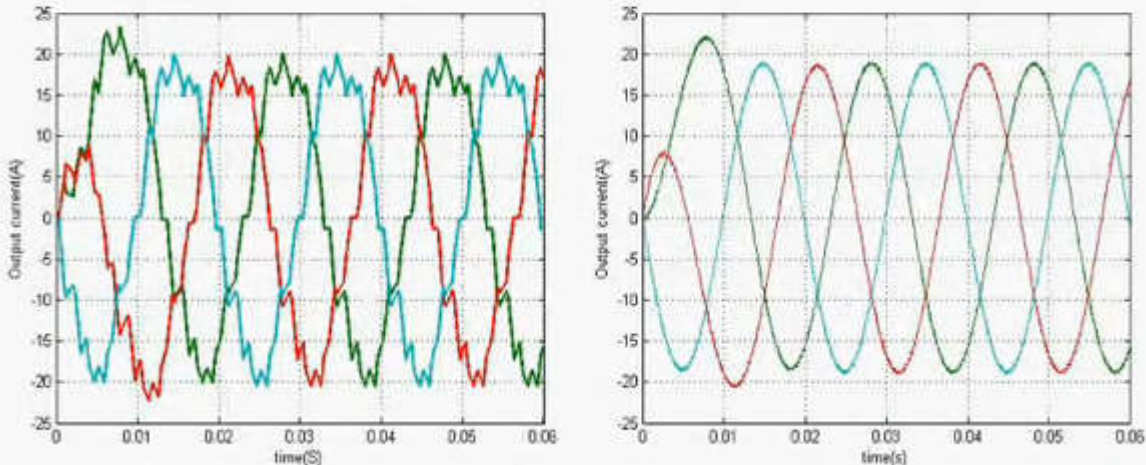


Producción del torque constante y energía Senusoidal al motor.

Si aumentamos la frecuencia de interrupción, se podría mejorar la corriente de carga, disminuyendo los armónicos.

Three-Phase Inverter

Increasing switching frequency improves load current and decreases harmonics.



-En resumen, la **SPWM** es una tecnica simple que garantiza buenos resultados en todas las condiciones de trabajo, incluida la sobremodulacion y que presenta un buen desempeno armonico. Este buen desempeno se debe a su frecuencia de conmutacion constante, que genera un espectro definido, con componentes en alta frecuencia y con reduccion de armonicos de bajo orden., por estas razones las primeras versiones tuvieron gran aceptacion en la industria, sin embargo, se evidencio sus limitaciones en su rango lineal, la cual provocaba que los motores trabajaran con tensiones inferiores a las nominales, reduciendo asi su desempeno. Asi nacieron otros metodos estando la SP-PWM en uno de los primeros peldanos.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

2-Metodo de la Modulacion Vectorial: SP-PWM (Space Vector), basada en vectores espaciales.

Hasta aquí ya vimos el metodo comun llamado SPWM (Sinusoidal[Space] PWM), basada en una portadora y una senal senosoidal de referencia[Escalar]Veamos

ahora una breve teoria de este sistema de Modulación Vectorial, el cual es bastante complejo. (Vease página 397)

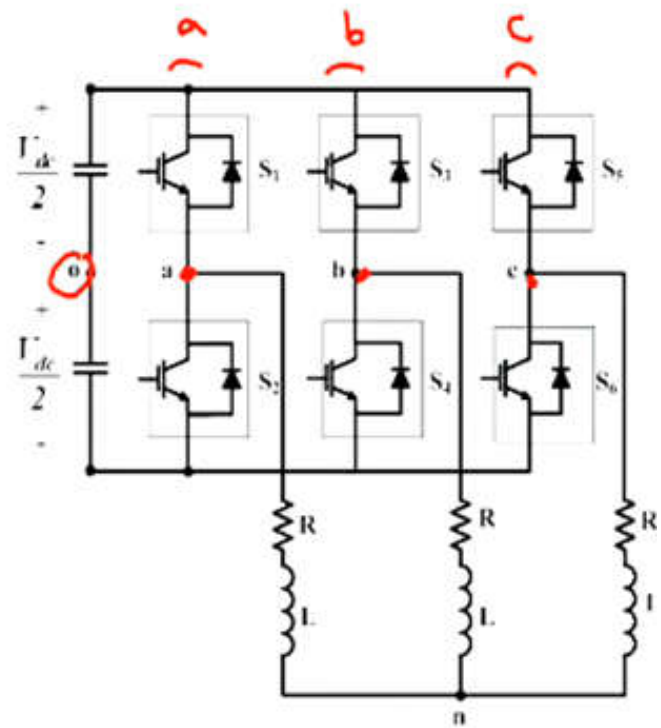
Como las salidas son 3, con sus complementos, tendremos $3^3 = 8$ combinaciones, según la tabla debajo. A este sistema también se le llama: Space Vector Modulation (SVM) el cual es un algoritmo de control.

Sistema Trifásico

Three-Phase Inverter

S_1	S_3	S_5	$v_{ao}(t)$	$v_{bo}(t)$	$v_{co}(t)$
0	0	0	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$
0	0	1	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$
0	1	0	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$
0	1	1	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$
1	0	0	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$
1	0	1	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$
1	1	0	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$-\frac{V_{dc}}{2}$
1	1	1	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$	$+\frac{V_{dc}}{2}$

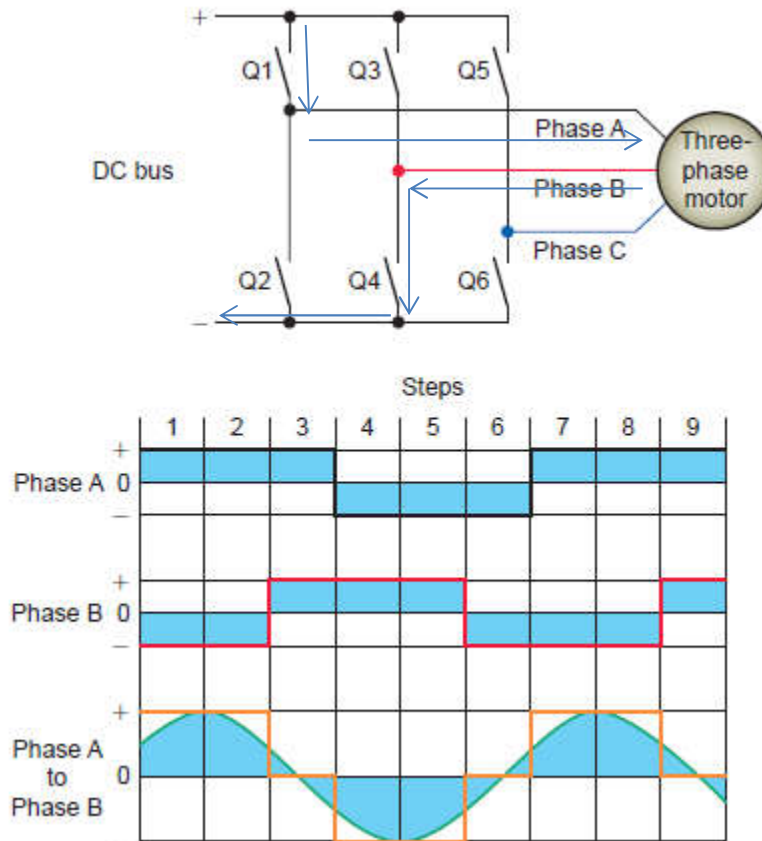
TABLA A



Recordemos que las salidas de los interruptores S1, S2 y S3, tienen sus salidas complementarias (inversas) S2, S4 y S6, con el fin de evitar que los terminales de la rectificación +P y el -N se cortocircuiten. Aquí funciona el llamado ***“Tiempo Muerto”***.

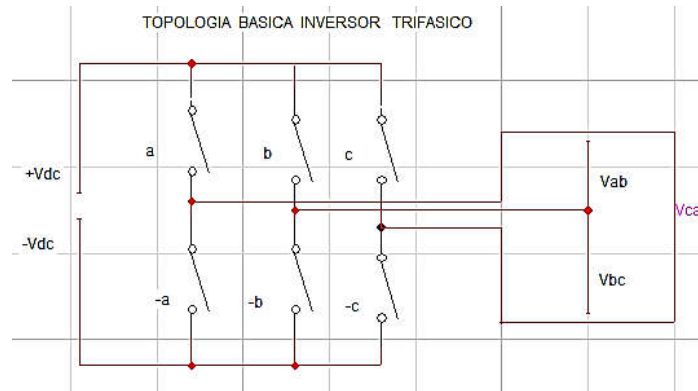
Por otra parte, de los ocho pasos, tendremos seis switches vectores activos $+V_{dc}$ (1) y dos no-activos $-V_{dc}$ (0).

Pero antes de entrar en detalles, veamos de una forma sencilla el principio de operacion de esta operación para tres fases:



- Aquí tenemos 9 pasos. Durante los pasos 1 y 2, los transistores Q1 y Q4, entran en conducción y cierran el circuito.
- El voltaje de A a B son positivos. $[+V_{dc}]$
- En el paso 3, los transistores Q1 y Q3 cierran
- La diferencia en voltajes entre la fase A y la B es cero, resultando un voltaje cero.
- Durante los pasos 4 y 5, los transistores Q2 y Q3 cierran
- Resultando un voltaje negativo entre las fases A y B. $[-V_{dc}]$
- Las demas fases continuan en la misma forma.

- Los voltajes de salida son dependiente de los estados de los switches (abiertos o cerrados) y la frecuencia es dependiente de la velocidad de los interruptores.
- Conocido estos conceptos básicos, entremos a los detalles.



De acuerdo a esta topologia, se construye la siguiente Tabla B, y como guia la Tabla A.

Vector	S1	S2	S3	S4	S5	S6	V_{av}	V_{bc}	V_{ca}	Status
000	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	0	0	0	Vector Cero
001	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	0	-Vdc	+Vdc	Vector Activo
010	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	-Vdc	+Vdc	0	Vector Activo
011	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	-Vdc	0	+Vdc	Vector Activo
100	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	+Vdc	0	-Vdc	Vector Activo
101	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	+Vdc	-Vdc	0	Vector Activo
110	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0	+Vdc	-Vdc	Vector Activo
111	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0	0	0	Vector Cero

Nota: $+V_{dc}/2 = +V_{dc}$ y $-V_{dc}/2 = -V_{dc}$ (Tabla A)

En este gráfico vectorial, llamado Space Vector Modulation (SVM), se puede notar que los Vectores V1 al V6 son activos, generan un voltaje directo (Vdc), instantaneo en los terminales correspondientes, mientras que los Vectores Vo y V7 no generan voltaje. Para implementar el SVM, una señal de referencia Vref es muestreada con una frecuencia fs ($T_s = 1/f_s$).

La señal de referencia se genera al usar la: **alpha-beta ($\alpha\beta\gamma$) transformation**, que no veremos aquí.

La gráfica muestra los ocho vectores posibles interrupciones para un inductor de "tres patas". Vref es la máxima amplitud.

OJO: Solo veremos algunos conceptos basicos por la complejidad de su teoria

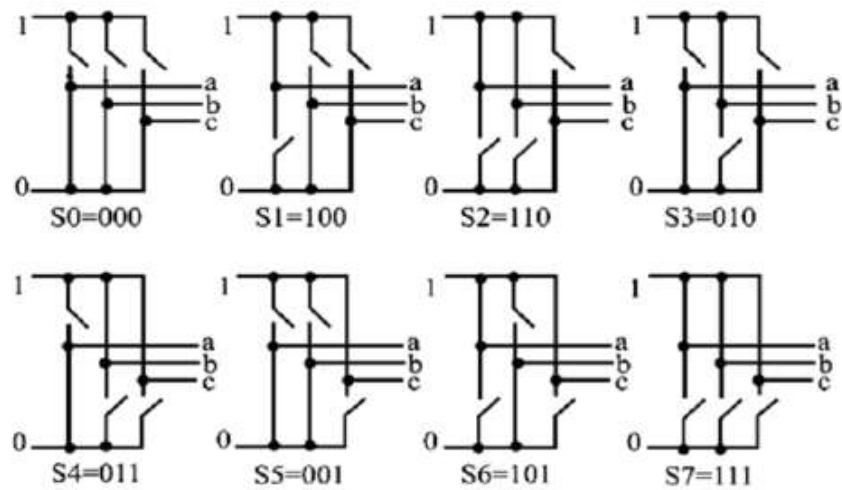
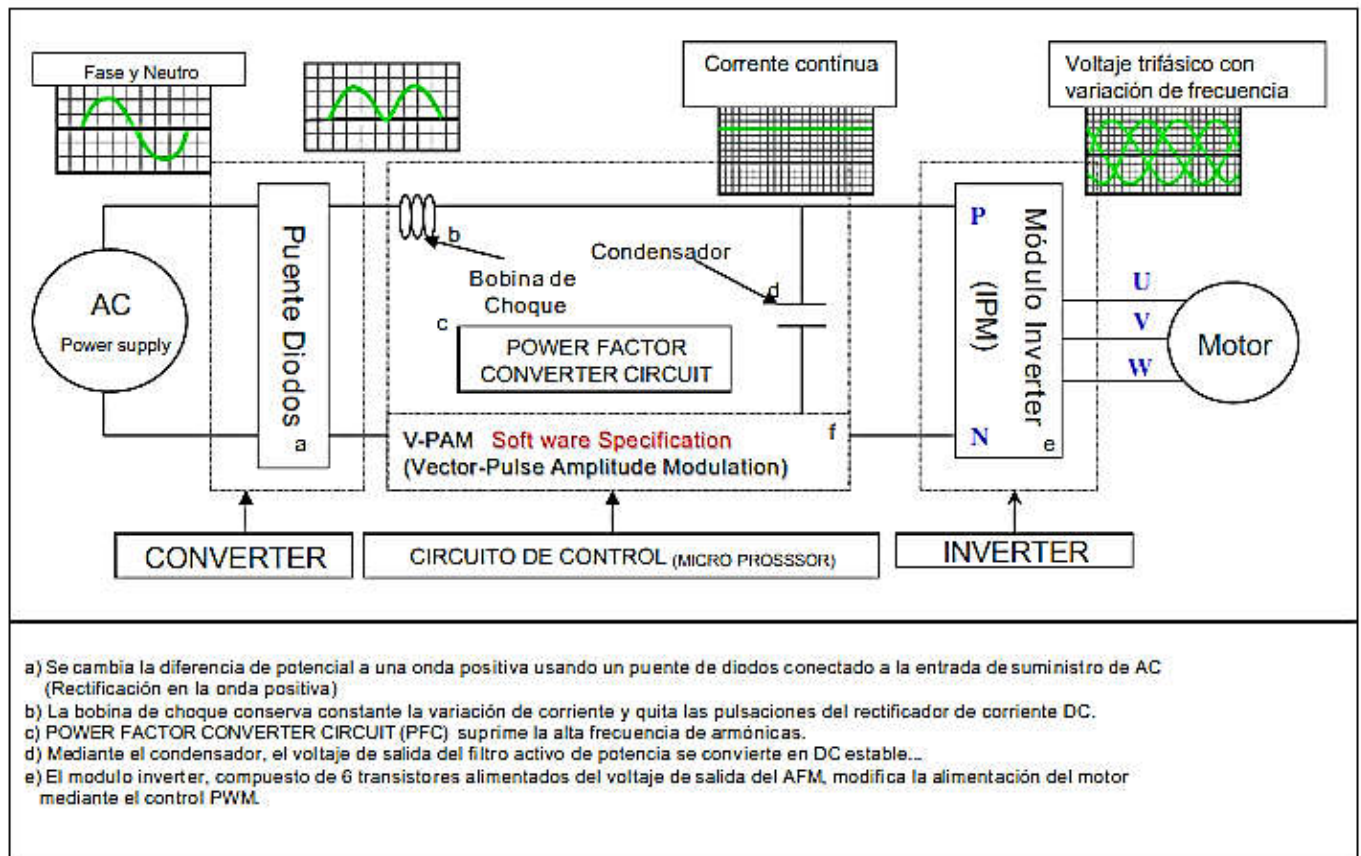
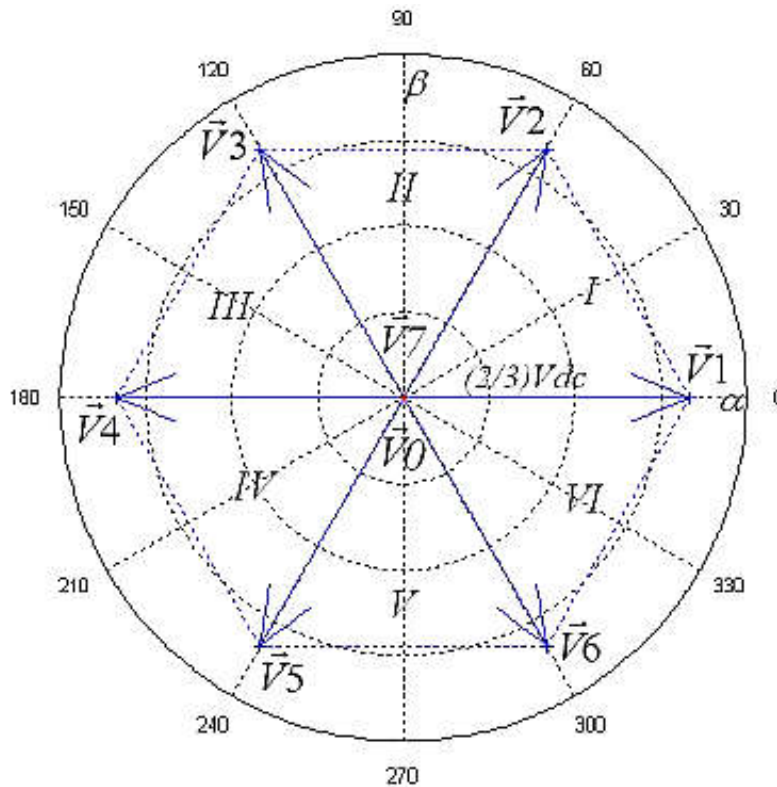


DIAGRAMA DE CONTROL V-PAM

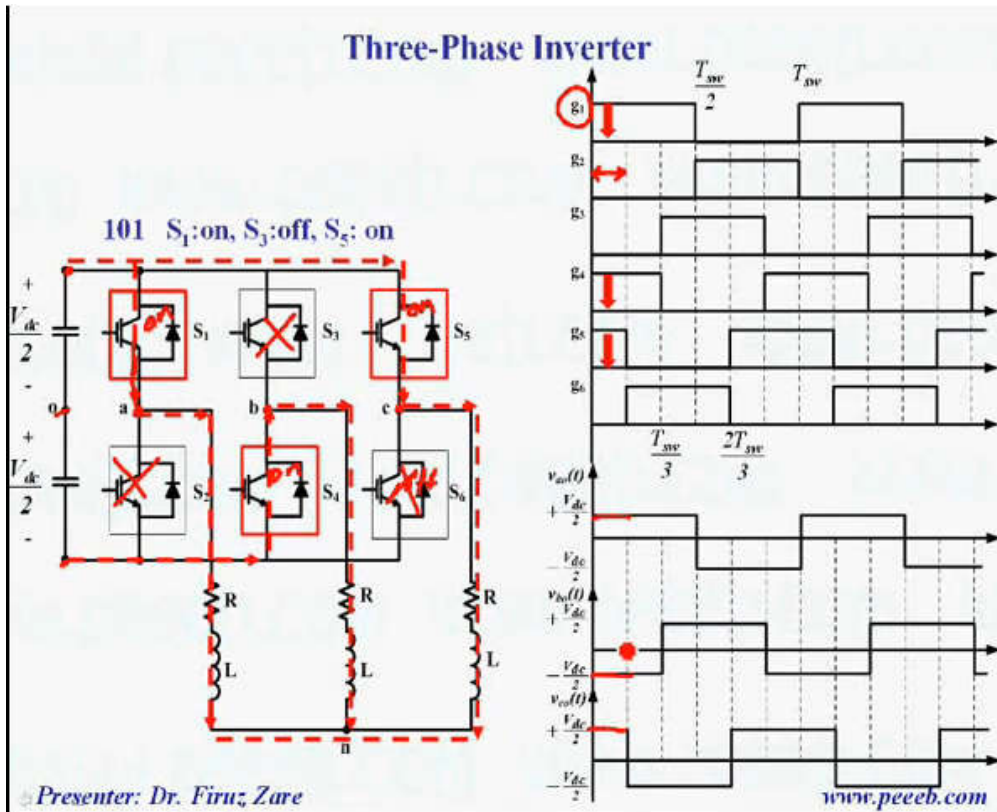


Modulo IPM, con el sistema de modulación Vectorial.

Este conjunto de vectores se clasifica en dos grupos. Los vectores \vec{V}_0 y \vec{V}_7 corresponden al grupo de vectores *nilos* o vectores *ceros* y los vectores \vec{V}_1 a \vec{V}_6 corresponden al grupo de vectores *activos* o vectores *básicos*.

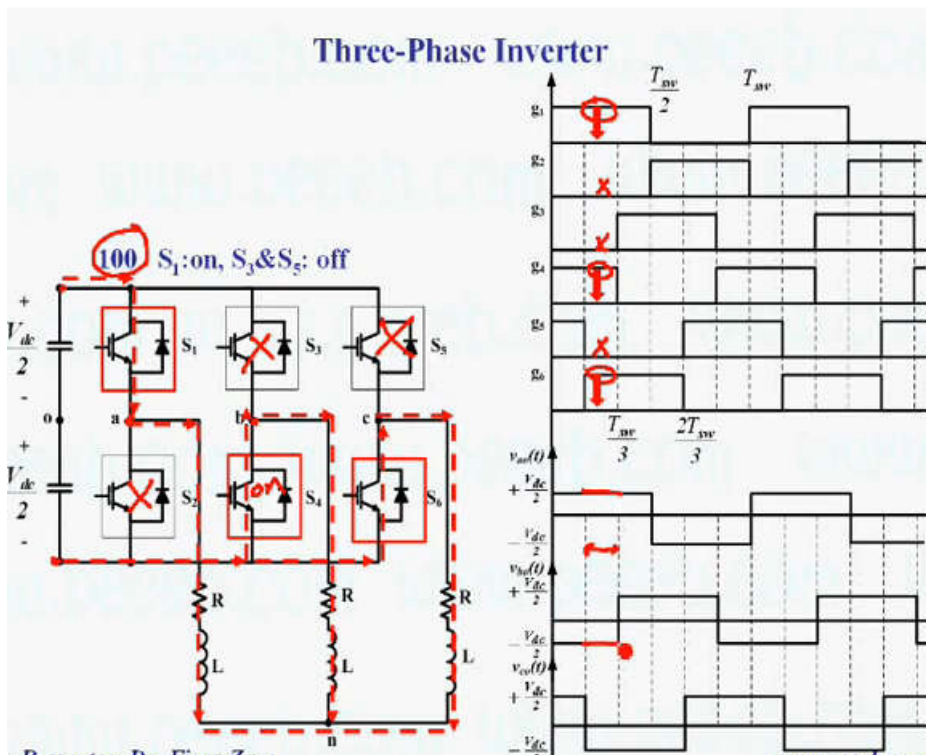


Como se muestra, los Vectores activos dividen el plano $\alpha\beta$ en seis sectores(I-VI) , formando los ejes de un hexágono que son los Voltages de la Fase del Inversor.



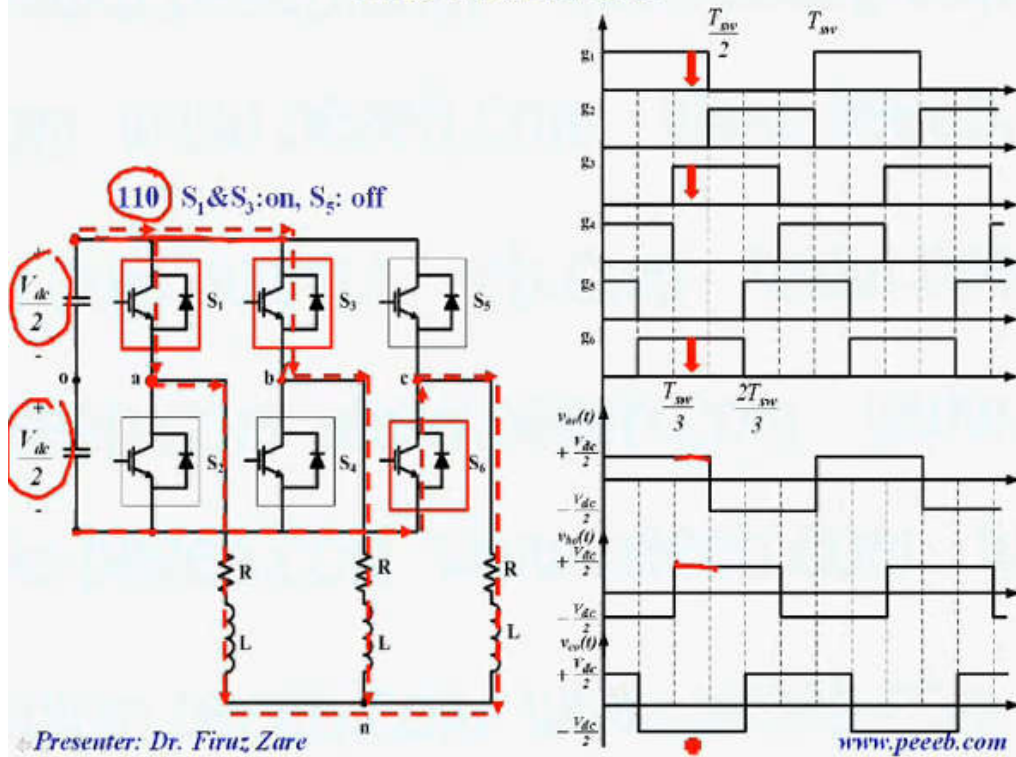
101

Fases(Señales) y Voltajes



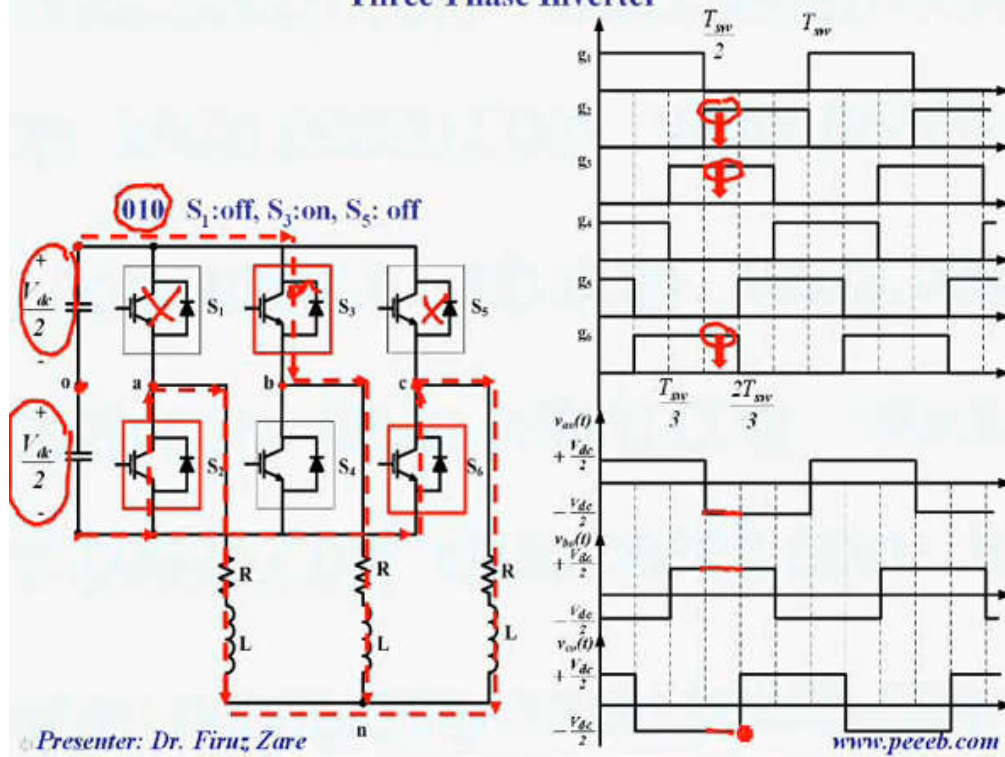
100

Three-Phase Inverter



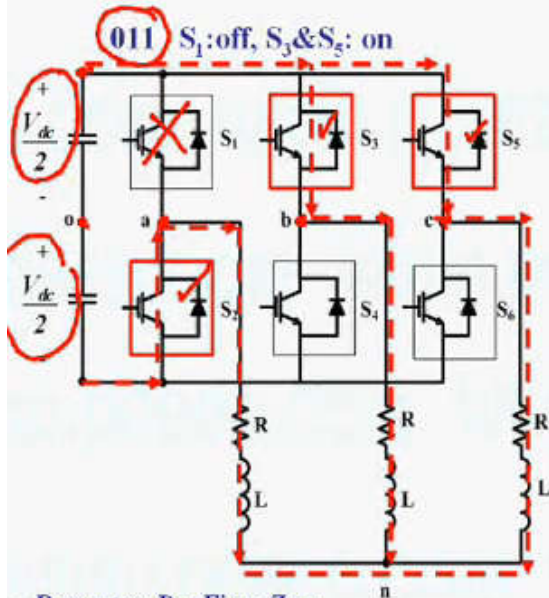
110

Three-Phase Inverter

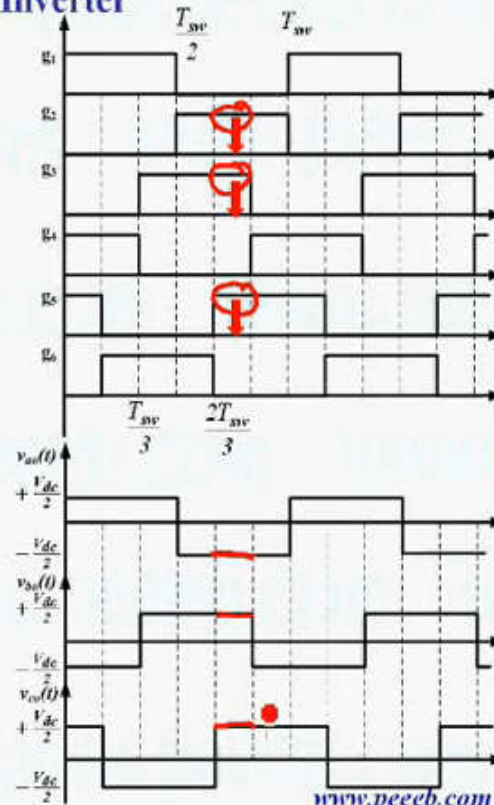


010

Three-Phase Inverter



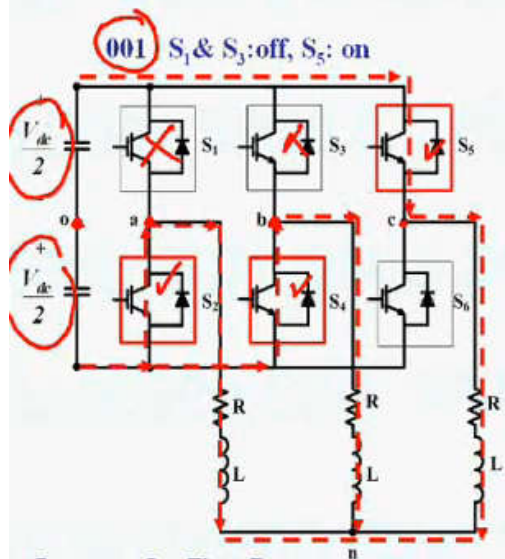
Presenter: Dr. Firuz Zare



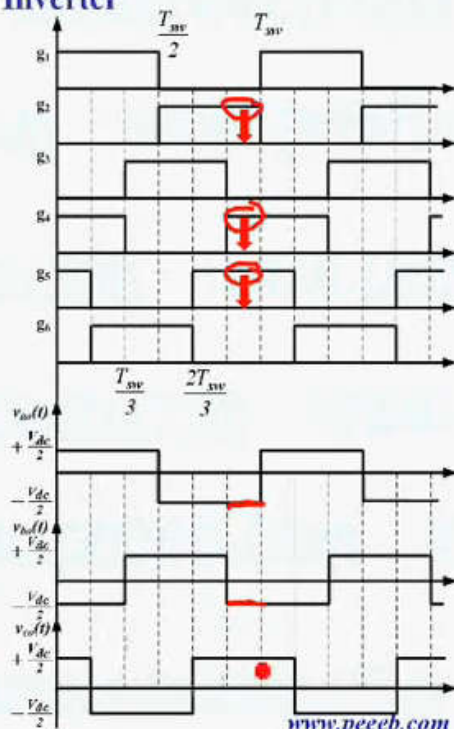
www.pceeb.com

011

Three-Phase Inverter



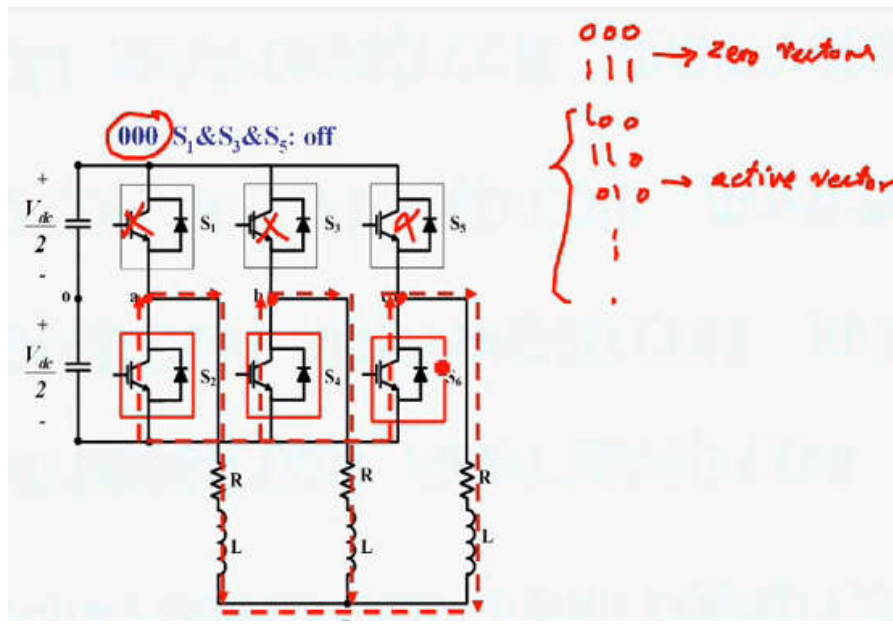
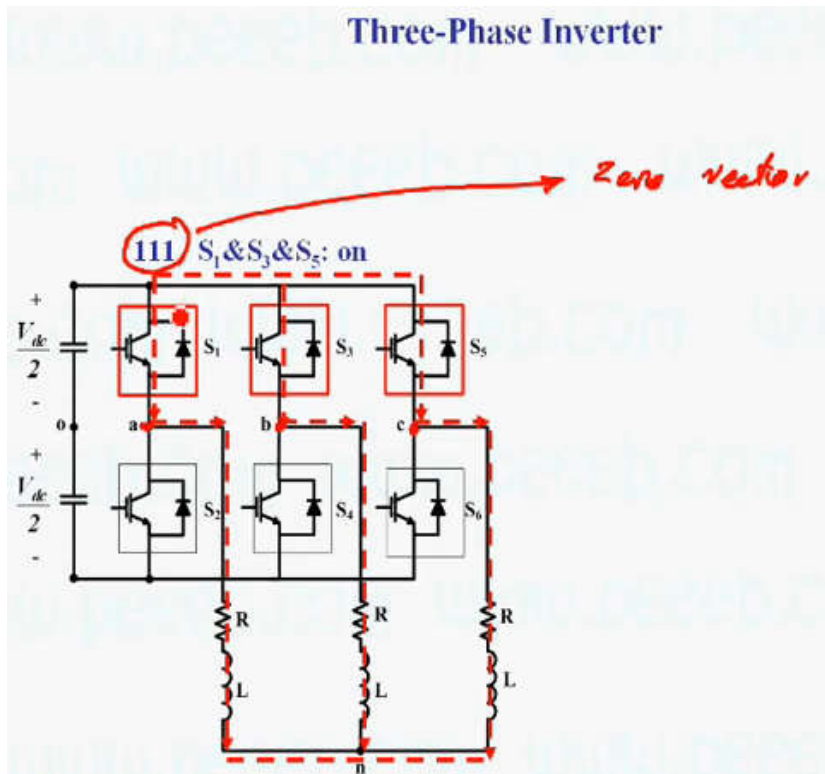
Presenter: Dr. Firuz Zare



www.pceeb.com

001

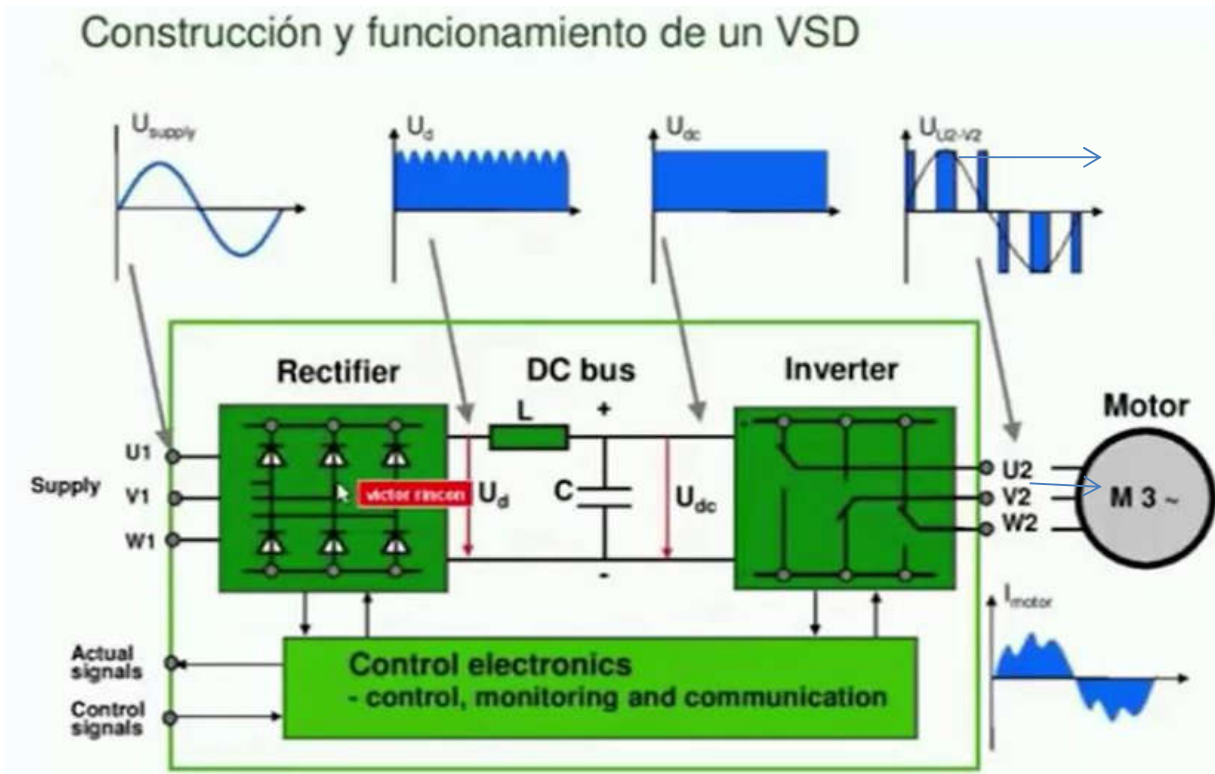
Los siguientes dos son los vectores no activos o ceros: (111) y (000).



Sera hasta aquí, como conocimiento, pues este tema es bastante complejo.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

-Variadores de Frecuencia en Refrigeración: Los VFD se pueden usar independientemente en Compresores, abanicos, Bombas, Etc. Pero como veremos, en los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado, el control modulador VFD, está integrado en la tarjeta IPM.



-Los VFD usados particularmente en refrigeración deben ser programados para tales fines, ya que los modulares integrados a estos equipos ya vienen con una programación definida para el funcionamiento normal del ciclo de refrigeración, Etc.

Inteligentes

Para refrigeración y sistemas de aire acondicionado

Los sistemas convencionales de refrigeración y aire acondicionado incluyen uno o más compresores conectados en etapas en forma on/off para satisfacer al menos aproximadamente las necesidades de refrigeración del sistema. Si bien en algunos sistemas se usan compresores de diferentes tamaños en un intento de satisfacer más exactamente la necesidad del sistema, incluso estos sistemas son controlados por etapas que pueden acarrear un sobreenfriamiento, ciclos rápidos de arranque-para del compresor, a la inestabilidad del sistema, pérdida de control y desaprovechamiento de energía.

Los Sporlan iSpeed solucionan estos problemas y ahorran hasta un 40% de la energía usada en sistemas tradicionales. El sistema Sporlan no es solamente una parte más del sistema, es una solución completa que comprende equipos, software especialmente diseñado y probado y guías para el diseño de sistemas lo más eficaces posible. Miles de instalaciones y más de 10 años de experiencia están detrás de los ahorros de energía mencionados. Años de cooperación con los fabricantes más grandes de compresores nos permiten hacer recomendaciones específicas de modelos para cada aplicación.

El paquete de software incluye: centrales de refrigeración de supermercados, enfriadoras, refrigeradores de glicol, bombas de calor, enfriadores secos transcríticos y subcríticos CO₂, condensadores y bombas. Los iSpeed también pueden ser usados junto con los controladores existentes para aumentar la eficacia energética.



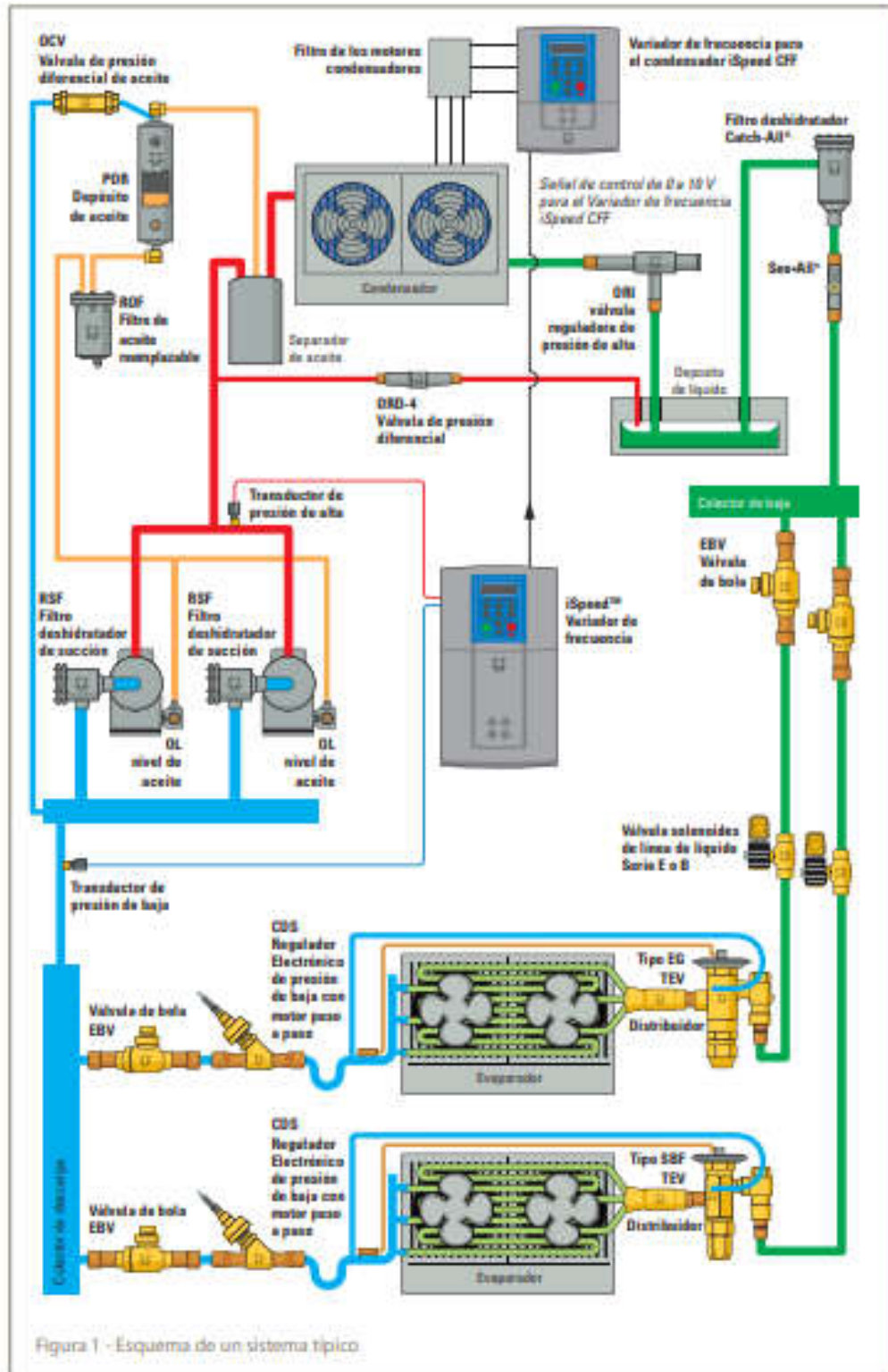
En su forma más simple, iSpeed es un variador de frecuencia que funciona como esclavo de un controlador de bastidor externo de una central de compresores.

En su forma más avanzada, el iSpeed es un controlador inteligente de una central de compresores que puede ejercer el control total de la central de compresores y de los ventiladores del condensador.

La familia Sporlan iSpeed ha sido diseñada para satisfacer las demandas de los mercados de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor.

El software dedicado para compresores de refrigeración garantiza un alto par en el arranque para asegurar que los compresores arranquen en el primer intento, incluso cuando se usan en aplicaciones de CO₂, y justamente en el caso de que el compresor no arranque la primera vez debido a un fallo externo del sistema, la familia iSpeed es lo suficientemente inteligente como para saber si y cuándo el compresor ha fallado al arrancar y apaga automáticamente el

compresor para evitar una avería mayor. Antes de intentar un nuevo arranque, iSpeed espera que el compresor se enfríe. Con esta función inteligente incorporada, lleva cuenta de la cantidad de arranques y no permite que el compresor exceda la cantidad segura de arranques por hora recomendada por el fabricante del compresor. La inteligencia incorporada del iSpeed monitorea además la presión exacta en la línea de evaporación y condensación. Con esta información modifica la velocidad del compresor para proteger el sistema de manera que funcione dentro de los límites fijados por el fabricante evitando saltos por alta presión.



-Estos equipos VFD para refrigeración tienen las siguientes ventajas:

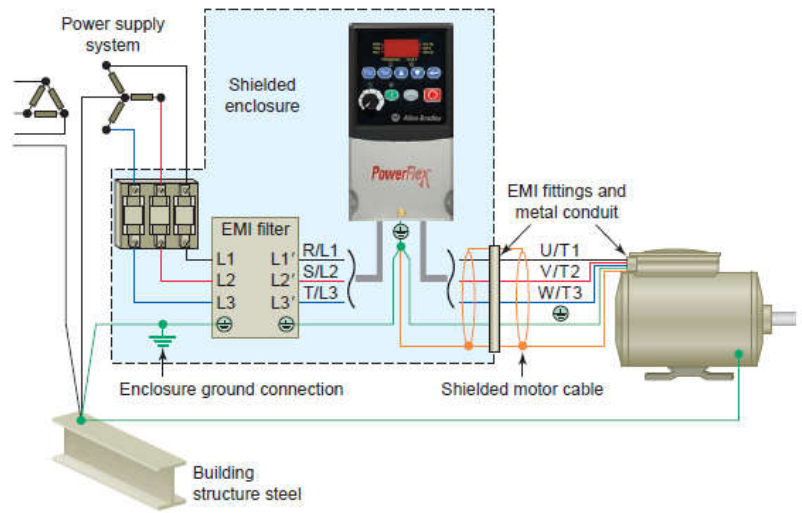
- Ahorre hasta un 40% de energía en sistemas de refrigeración
- Asegure la integridad de los productos y la vida útil reduciendo la deshidratación y pérdida de volumen
- Aumente la eficiencia del evaporador, resultando en menos ciclos de descongelamiento
- Reduzca los fallos del compresor
- Diseñado para cumplir con las Directivas EMC
- Para usar con uno o muchas unidades de compresores
- Ahorro de energía adaptando los requisitos de la carga a la velocidad del compresor
- Mayor rango de velocidad, con más capacidad y mejor control de la presión de succión del compresor existente.
- El monitoreo inteligente de los límites de seguridad del compresor evita excesos de presión
- Ajuste fácil, reduce el tiempo de puesta en marcha
- Pantalla LCD multilingüe disponible para clientes globales
- Software seleccionable para aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado, arranque fácil
- Elevado par de arranque, garantizando el arranque del compresor a la primera vez, incluso en aplicaciones de CO₂



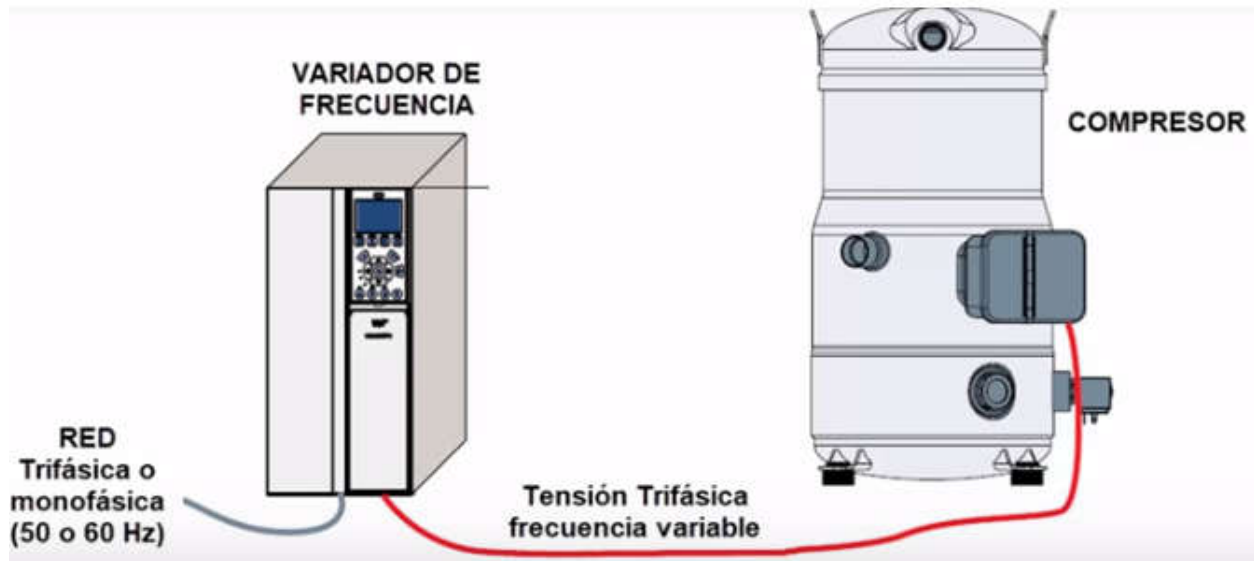
El Cable de interface entre el VFD y el Motor:

Es importante elegir el cable de conexión entre el VFD y el motor, para evitar las interferencias por cargas capacitivas, electromagnéticas y ruido, generación de armónicos, Etc.

La siguiente figura muestra este tipo de cable.



Además del cable seleccionado es importante la instalación del VFD en un área bien escudada y una súper tierra (0.3 ohmios)



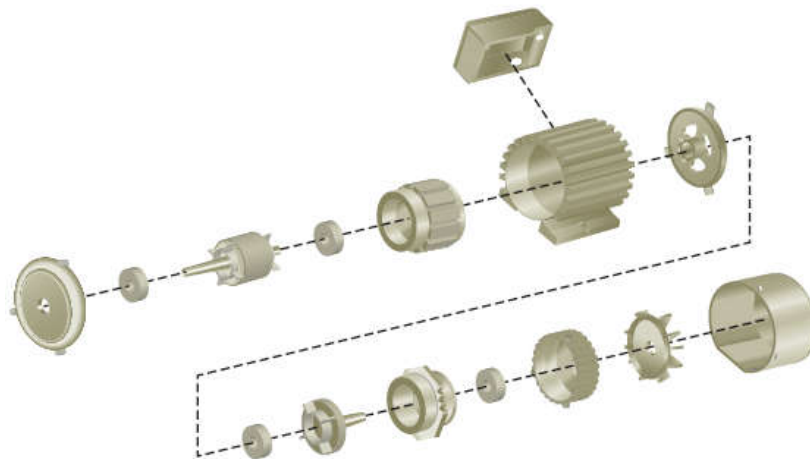
Si el cable que conecta al VFD con el compresor, es más de 15 metros, este puede causar armónicos.

Motores Inverter:

Había dicho que se debe tener cuidado en la elección de los motores convencionales para aplicarle el sistema VFD, ya que podrían sufrir de ciertas

anomalías. Por suerte existen dos tipos de motores que operan exclusivamente con este sistema. Estos son los llamados '**Inverter Duty**' y '**Vector Duty**', los cuales describen una clase de motores que son capaces de operar más eficientemente bajo el mando del VFD, ya que estos tienen un sistema de aislamiento y ventilación mejorado, además pasan el rango de los 60 Hz. Parte de este diseño incluye un sistema independiente de enfriamiento, de manera que el motor puede operar dentro de un buen rango sin problemas de generación de armónicos parásitos y de calentamiento.

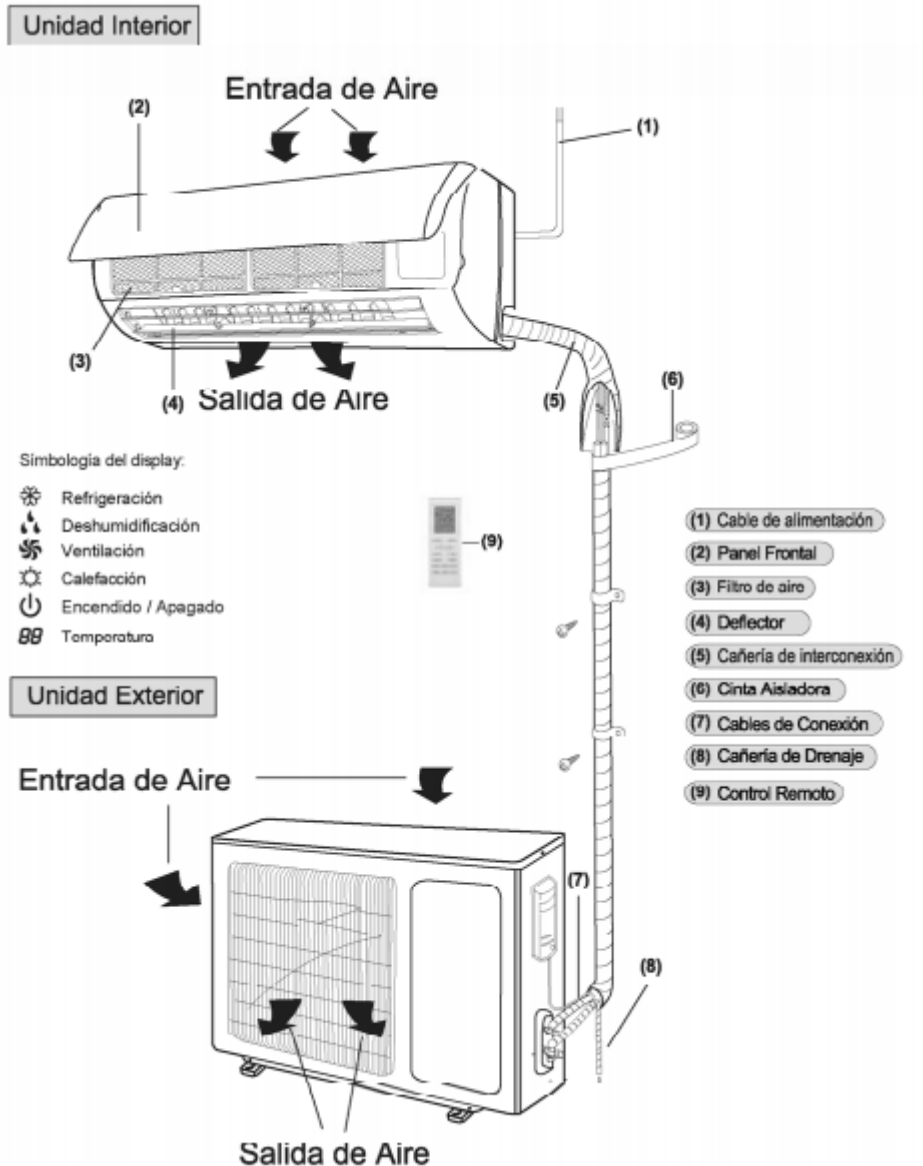
La siguiente grafica muestra el ensamblado de un tipo de estos motores.



Un motor Inverter (Inverter Duty) con el sistema mejorado de enfriamiento.

2-Modulo IPM: Averías y Códigos de Errores

Ya vimos cómo funciona la tecnología Inverter en los variadores de Frecuencia para manipular la Velocidad, la Frecuencia y el Torque de los motores de inducción trifásico. **En Refrigeración y A/A el sistema de VFD está integrado en la tarjeta modular IPM** y está dividida en: ***Unidad Interior y Unidad Exterior:***



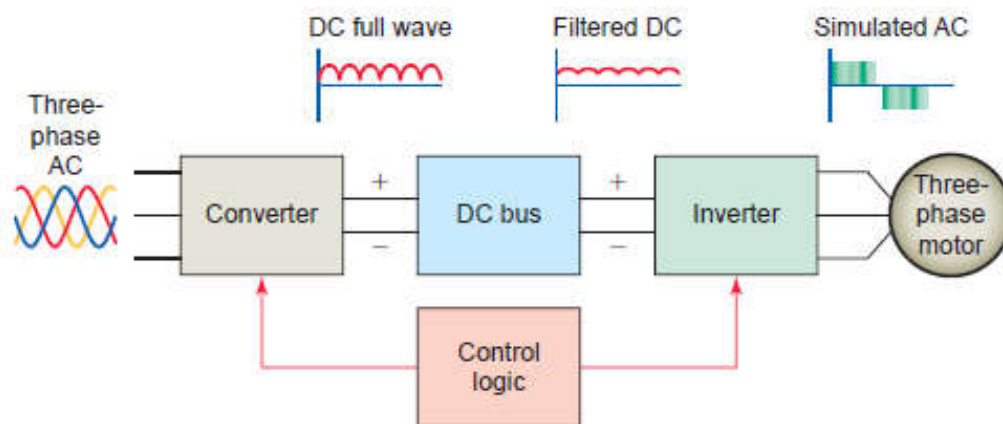
Ahora nos toca tomar una tarjeta controladora IPM (Interior y Exterior) y conocerla, para luego interactuar con las distintas averías que puedan presentarse.

Los aparatos de refrigeración y aire acondicionado Inverter, traen su tarjeta IPM controladora con el sistema de VFD, para controlar el compresor, como ya lo hemos visto en todos sus detalles. Estas tarjetas modulares (Interior del Evaporador y Exterior del Compresor), aparte de la salida controlada para el

compresor, los motores abanicos, Etc., se tienen todas las demás Input/Output (Entradas y Salidas), correspondiente a los sensores,

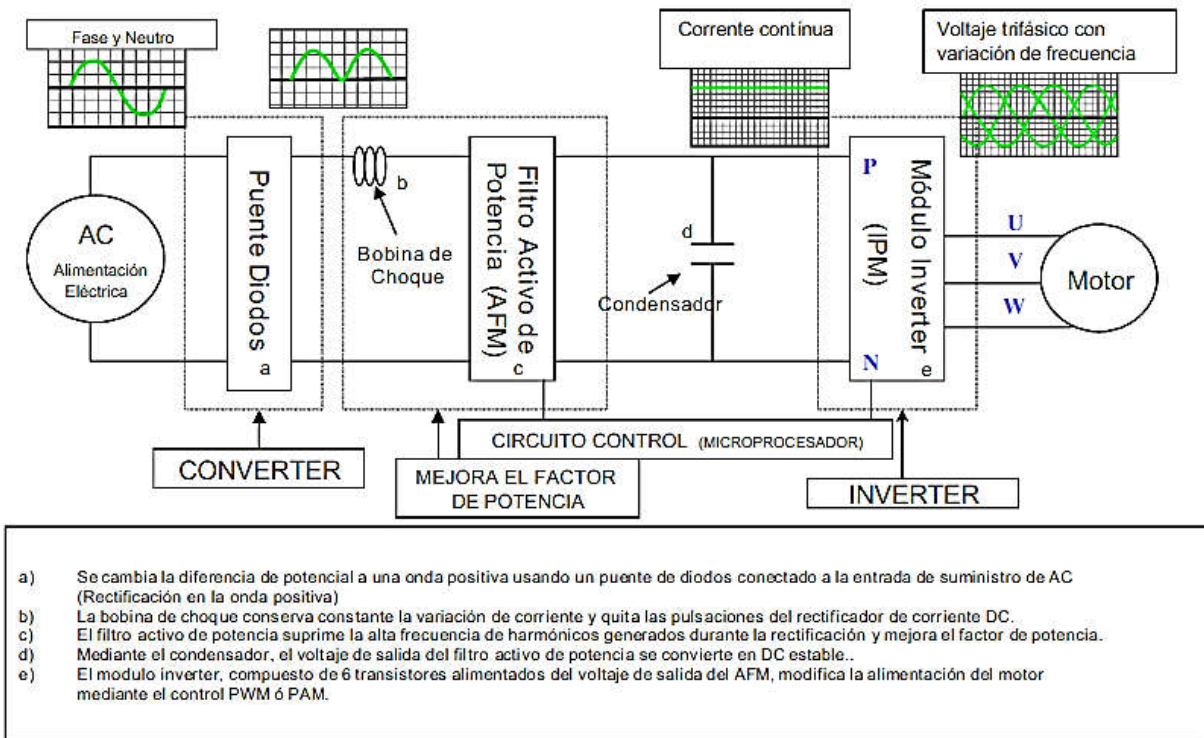
Los sistemas Inverter aplicados a la refrigeración (Neveras) y Aires Acondicionados generalmente tienen tres o dos tarjetas las cuales conforman la etapa de control y la del sistema del filtrado, en ellas se producen diferentes tipos de averías que incluyen, aparte de las mediciones que se realicen, unos códigos que nos entrega el equipo los cuales debemos tener la habilidad de decodificarlas para entregar una solución correspondiente.

Los bloques principales para la localización de las averías por el técnico de servicio en las etapas de control en la **Unidad Exterior**:



I-UNIDAD EXTERIOR (Outdoor)

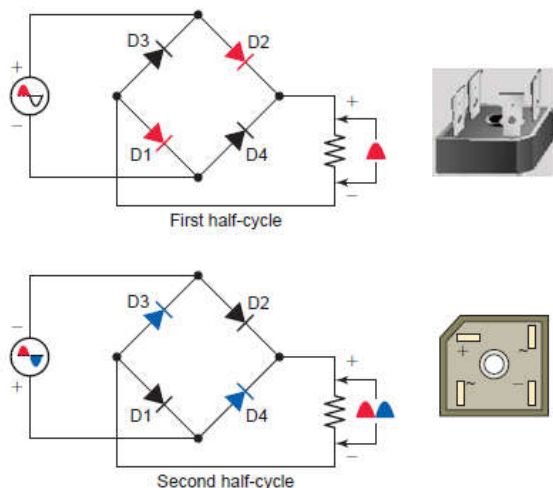
1-Alimentacion Eléctrica: [Fases, Fusible, Breaker, Cables,Transformadores]



Ante una avería el técnico debe tener en cuenta aquí chequear el voltaje (230 Voltios), el transformador de entrada, el breaker de alimentación si esta “disparado”, buscar la causa antes de resetarlo. Chequear fusibles, cables flojos, quemados, Etc. Buscar causas.

2-Convertidor[Rectificación] [Diodos, Resistores, Bus de CD, Terminales +P y -N, Otros]

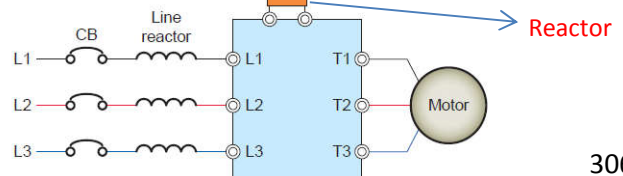
Chequear los diodos del puente de rectificador (desconectar sus hilos), resistores abiertos o quemados. Medir voltaje del BUS-DC entre **+P y -N (280-390 Voltios)**. La figura de abajo muestra el puente tal como se ve en la controladora.



Chequear cada Diodo con el Tester.

3-Bobina de Choque

Este reactor, muy importante, por ser de



un tamaño grande generalmente está instalado fuera del módulo. Desconectarla y medir su continuidad: debe estar entre 0.5 a 1 Ω . Participa en la mejora del factor de potencia, conserva constante las variaciones de corriente y remueve las pulsaciones del rectificador de CD.

4-Filtro Activo de Potencia [Capacitores, Inductores, Resistencias]

Este filtro suprime la alta frecuencia de armónicos producidos durante la rectificación y también participa en la mejora del factor de potencia para reducir perdidas. Medir capacitores (Carga y descarga. OJO: antes descargar los capacitores a través de una Resistencia de 1.5K a 2K Ω de 1/8 W. Chequear si están abiertos o en corto, Etc. Los Inductores, su continuidad y/o abiertos.

5-Modulo Inverter: [Fuente alimentación, Transformadores, voltajes, Capacitores, Inductores, Resistencias, fusible, Reguladores de voltaje, Diodos, Zener, Interpretar Entradas y Salidas, Sensores, Motor Abanico, Salidas Opcionales,Etc. Modulos IGBT]

-Modulo Inverter: Unidades Interior y Exterior:

-Fusible, Fuente de alimentación (voltaje), Transformadores, Chequear valores de entrada. Chequear componentes del filtro: Condensadores, Inductores, Resistencias, Etc. Identificar bien y chequear otros elementos como diodos Zener, Resistencias, Reguladores de voltajes, según la avería presentada.

-Identificar bien los terminales de alimentación del Compresor: U, V y W. Medir las variaciones de voltajes: 20 – 210, o hasta 460 VAC. El compresor activo.

-a-Apagado, desconectar y medir sus terminales: 1-Continuidad entre sus terminales : Generalmente Azul, Rojo y Negro: **U-V-W**.

-b-Entre ellos debe medir cerca de **0.71 Ohmios** a una temperatura de 20 °C.

-c-Medida a Tierra: entre **U-Gnd, V-Gnd y W-Gnd** → > mayor de **2 M Ω**

-Terminal del Motor abanico. Identificar sus terminales, Voltajes, Impedancia y continuidad. Sus terminales pueden determinar el tipo de motor, si es convencional o de Paso a Paso. Esto es muy importante

-Módulo de los IGBT: Una de las partes básicas del IPM. Aquí están los transistores IGBT que se encuentran integrados en una placa de aluminio del disipador de calor [Heatsink], los cuales son los determinantes del switcheo o interrupciones para la generación de PWM. Se necesita conocimiento previo para chequear estos transistores, por lo que es necesario dominar su funcionamiento.

6-Sistema Condensadora [Entrada-Salida-Escapes, Sensores, Motor Abanico (terminales)]

-Situación física, entradas, salidas, filtraciones, escapes, Sensores del flujo de aire, chequeo terminales del fan motor para determinar tipo, Voltajes, cortocircuitos, pruebas a tierra, Etc.

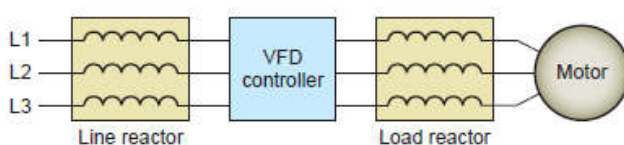
RESUMEM: Los puntos críticos a tomar en cuenta en la tarjeta Exterior de la IPM

1-Voltaje de entrada (Trifásica, A-B-C o Monofásica A-N: Generalmente: 230 VAC

2-Voltaje en el BUS de CD. Generalmente: 230 VAC

3-Puente Rectificador de Diodos: Búsqueda de Diodos abiertos.

4-Bobina de Choque (Reactor o Inductor) Recordar: Debe medir entre **0.5 a 1.0 Ω**

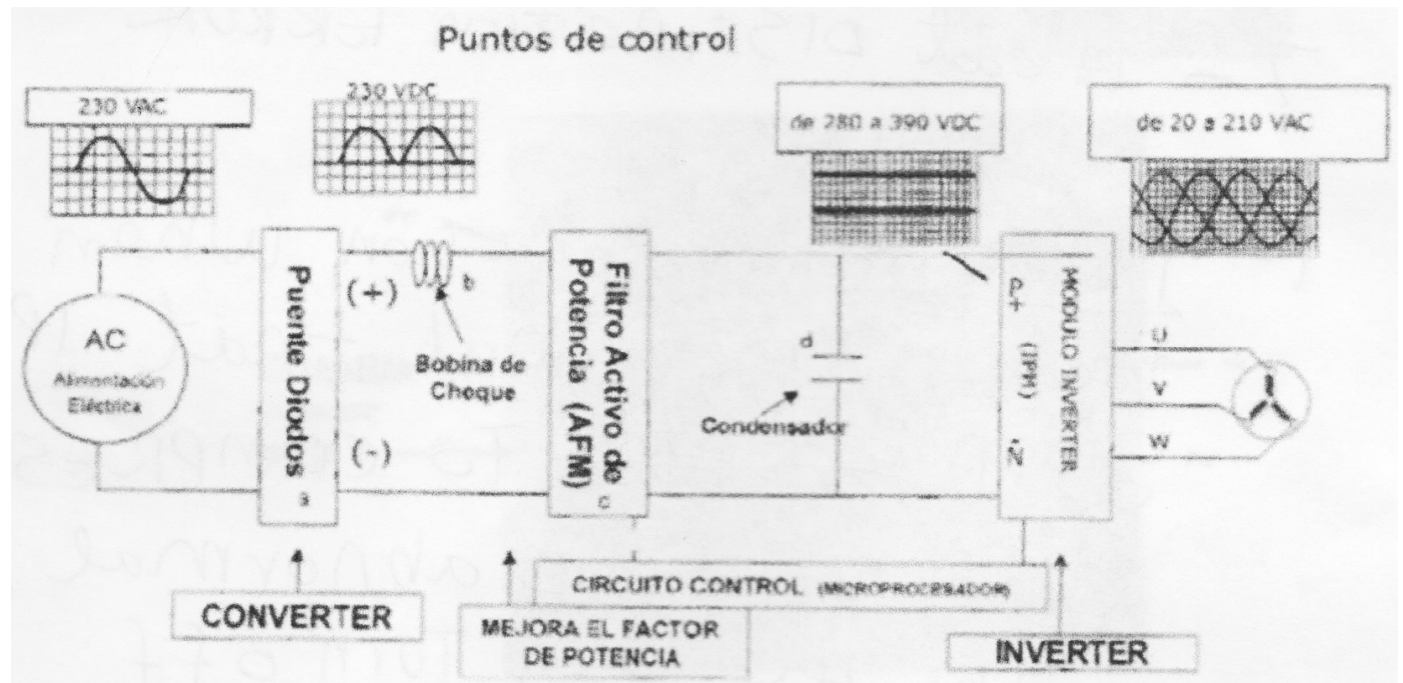


La bobina de choque o reactor ayuda a estabilizar la onda de corriente de la entrada de la VFD y reduce los armónicos.

5-Filtro activo (Capacitores-Inductores): Capacitores e inductores abiertos o en CC.

6-Circuito Power Control IPM (Módulos de los IGBT) Chequeo muy cuidadoso

7-Voltajes de Control al Compresor [Variable: 20 a 220VAC]: Puntos de Control



7-Sensores: Identificar los terminales de los Sensores: Del Flujo de Aire del Condensador. Sensores de temperaturas (PTC, NTC, Etc.)

-Identificar los terminales de los sensores de temperatura (PTC-NTC), presión, flujo, calentadores, Etc. Resistencias: Conductividad, cortocircuito, Etc.

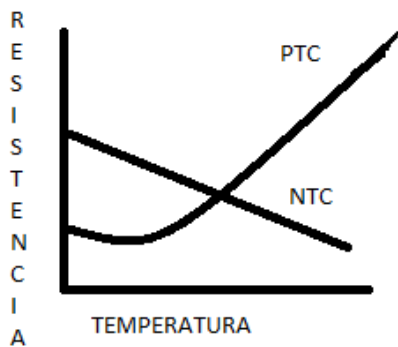
-Identificar los terminales de elementos opcionales que se están usando: Válvula de Expansión electrónica, Válvula de calor o cuatro Vías, Motor Paso a Paso, Etc.

-Importante: En algunos sistemas cuando llegan los 230 VAC a la unidad exterior, una poca intensidad de corriente circula por el sensor PTC (Positive Temperature Control). Si existe algún componente defectuoso en la unidad exterior o no hay resistencia entre los terminales del BUS-DC: **+P** y **-N**, al llegar los 230 VAC a la unidad exterior se crea un cortocircuito, cuya corriente pasara por la PTC, lo cual hace que esta se caliente rápidamente y desconecte la alimentación del sistema.

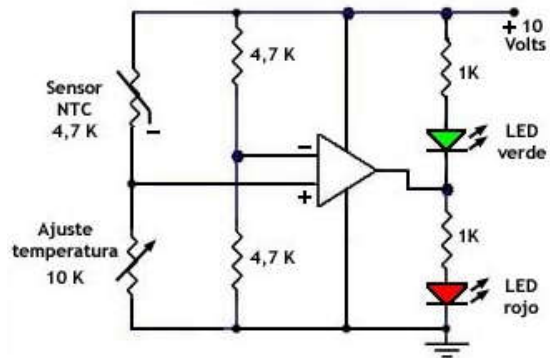
En caso de que la PTC este averiada o defectuosa, los diodos pueden dejar de funcionar, y como es de esperarse, no se genera tensión DC y por lo tanto el sistema no arrancara. Esto es solo un ejemplo.

Temperatura °C	5	10	20	25	30	40
Resistencia Ω	26.8	20.7	12.5	10.0	8.0	5.2

-Esta tabla muestra la relación de un sensor de Temperatura con coeficiente negativo (**NTC**), o sea que a medida que aumenta la temperatura disminuye la Resistencia. El Sensor tipo **PTC** hace lo contrario. Ver sus gráficas.

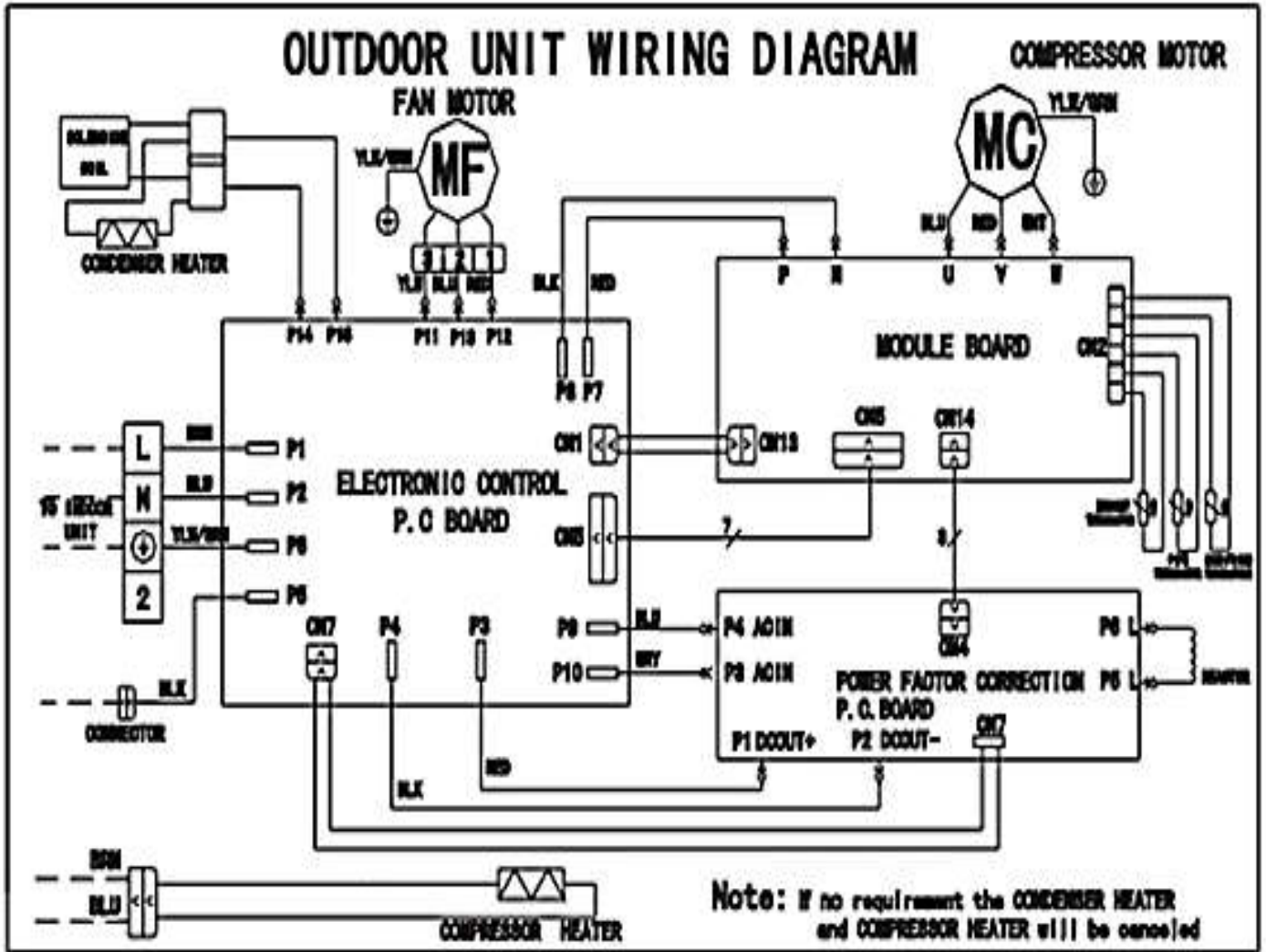


-Gráfica comportamientos PTC y NTC.

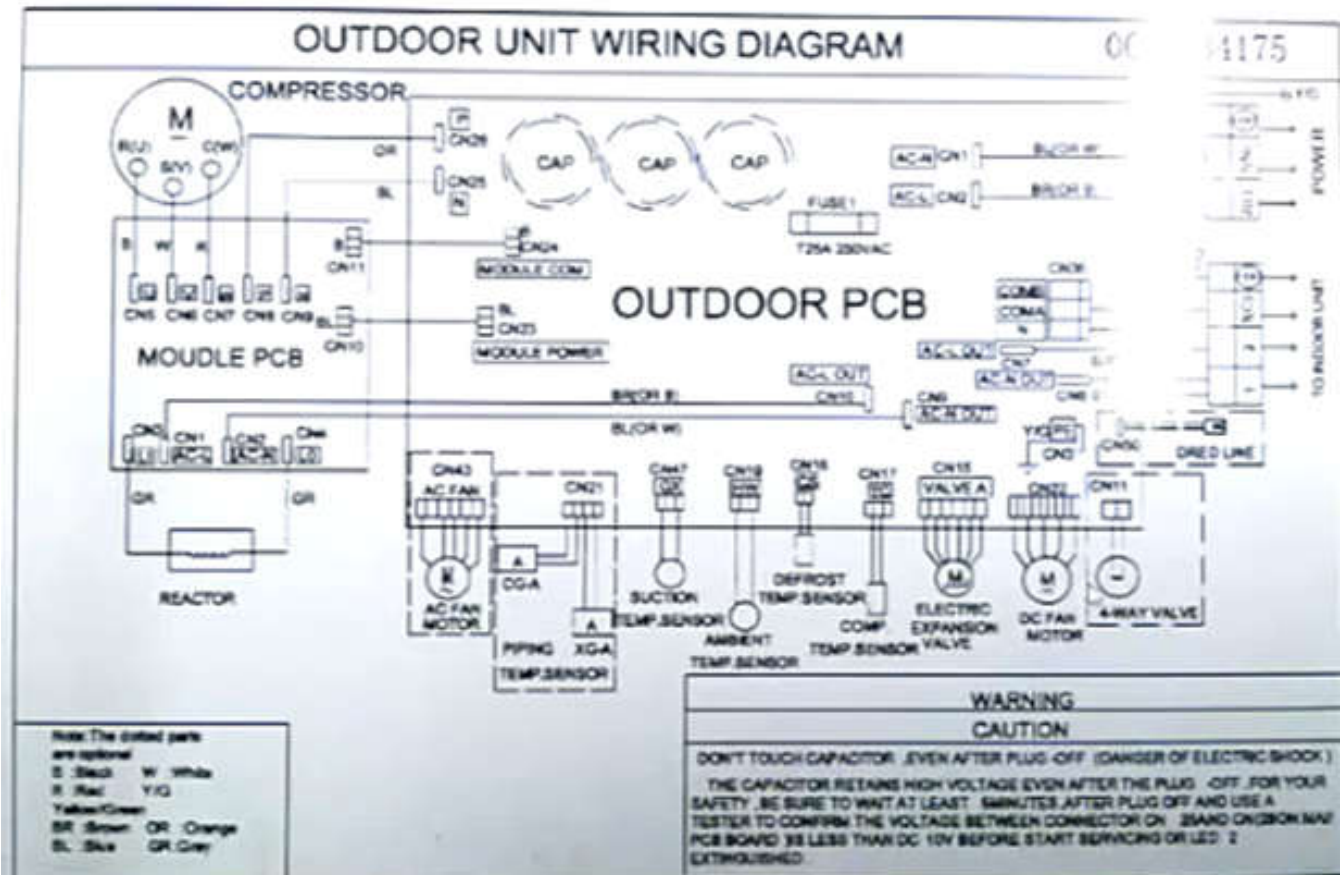


-Como Probar un NTC.

-La siguiente figura muestra un módulo de control de interior (Outdoor) con todas sus salidas y entradas (Output-Input). Es básico para todo técnico dominarlas.



Aquí se observan, las salidas U, V y W para el compresor, El reactor, Fan motor, Entrada de Power, El Heater del condensador (Sensor de Calor), Compresor Heater y los sensores de temperatura. Estos son opcionales.



Observe que en esta tarjeta Exterior condensadora Inverter se tienen: Una válvula de expansión con control electrónico y seis terminales; el motor del fan es especial, ya que tiene cinco terminales, por lo que es un motor paso a paso, y se debe tener mucho cuidado si está en avería. También la salida al compresor inverter (Terminales U, V y W), los sensores de temperatura, entrada de AC, el Bus de Corriente Continua, el reactor del factor de potencia, una opción para la válvula de 4 vías y el fusible de protección. Se tiene también un sensor de succión. La válvula de 4 vías y un Ac Fan motor están en un cuadro discontinuo, lo que indican que son opcionales.

II-UNIDAD INTERIOR (Indoor)

Esta unidad contiene los elementos que van dentro del área a mantener el confort.

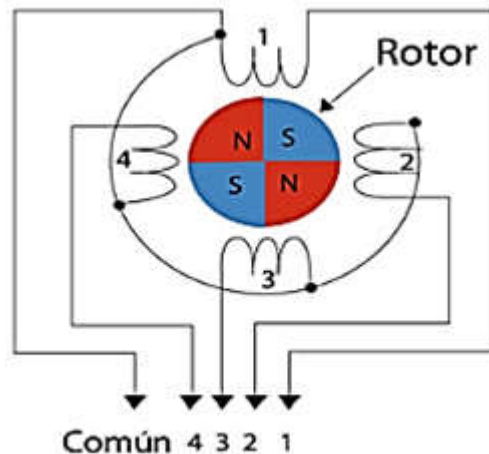
1-Sistema Evaporador [Entrada-Salida, Sensores, Motor Abanico (terminales), Control Remoto, Motor dirección viento, El Display (La Pantallita)

-Aquí se deben tomar en cuenta: El Fan Motor, la identificación de sus terminales, si es del tipo convencional o no, el motor de las persianas para la dirección del flujo de aire, si es convencional, de paso a paso, servo, Etc. El Control Remoto (Baterías, Sucio, Etc.). El display en la unidad evaporadora.

Ver Pág. 31 y Recordar que si en la tarjeta vemos que el motor de la dirección del flujo de aire tiene 5 terminales:

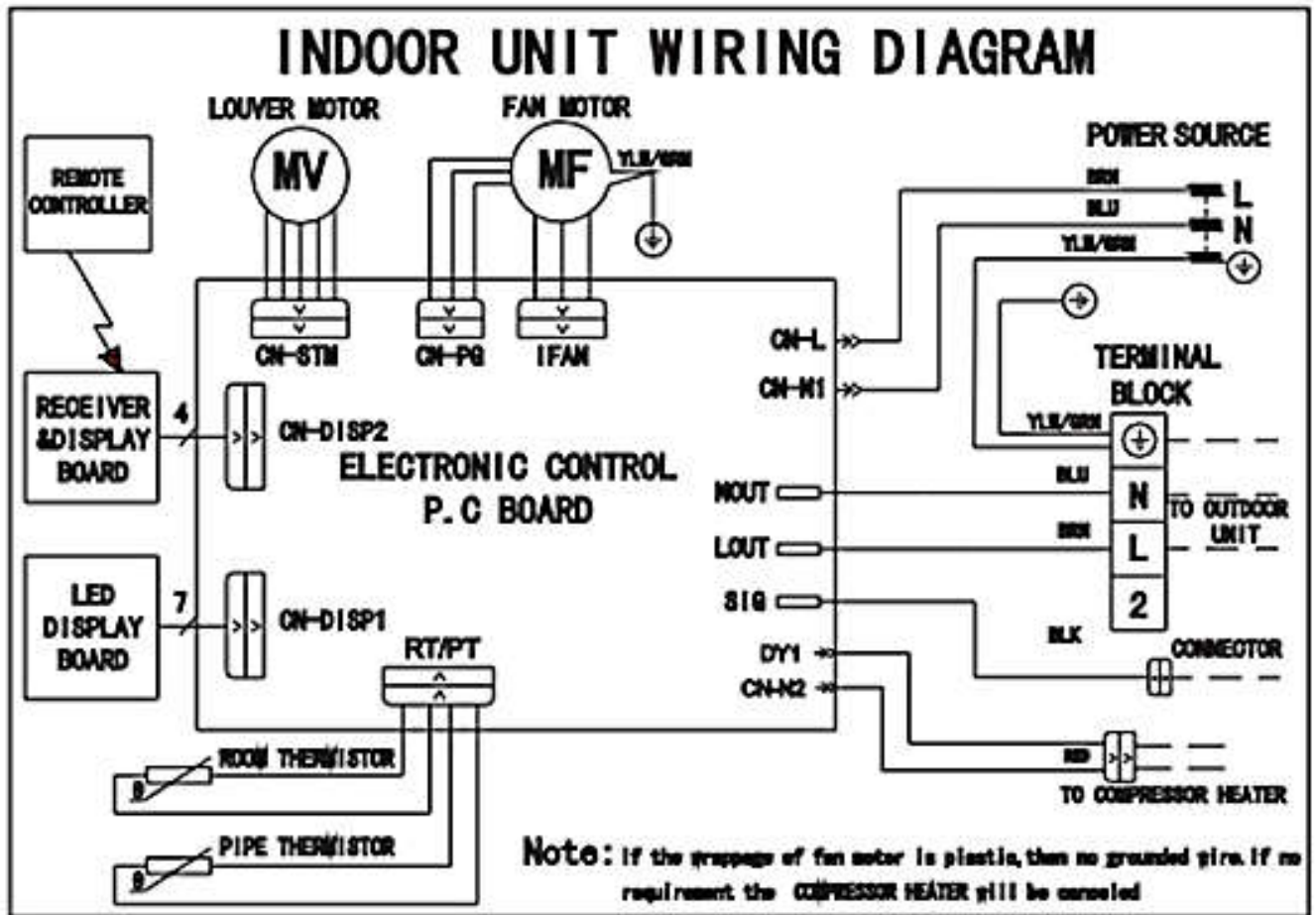
En los equipos tipo mini-split, se utiliza un motor a pasos para controlar el movimiento del deflector de aire. A través de este motor, la rejilla se posiciona en la dirección donde lo necesita el usuario. A simple vista este proceso cíclico puede resultar muy sencillo, sin embargo, puede ocasionar un gran dolor de cabeza cuando se desconoce el principio de operación de este componente y más aún si cree que opera con 12 VDC.

La falla más recurrente en este componente es cuando uno de sus devanados se encuentra en circuito abierto, interrumpiendo la secuencia proveniente del Microcontrolador. En caso de ocurrir, se debe reemplazar el motor a pasos por uno nuevo.



Motor Paso a Paso de cinco terminales. 12V, medir bobinas abiertas con el común.

-La siguiente figura muestra un módulo de control de Exterior (Indoor) con todas sus salidas y entradas (Output-Input)



-AVERIAS Y CODIGOS

Veamos ahora como analizamos las averías más comunes de nuestra tarjeta IPM.

Códigos de Errores, Averías y Mantenimiento

Esta es una de las etapas más interesantes de estos módulos, sin embargo el técnico que no conozca los elementos básicos que hemos visto hasta ahora, no podrá tener éxitos en las reparaciones de averías, ya que en la Tecnología Inverter no se puede adivinar, hay que estar muy seguro de lo que se está manejando, de

lo contrario producirás más problemas de averías que al final no podrás lidiar con ellas.

Los códigos de errores en la definición de averías pueden ser de dos tipos: 1-Por Códigos alfanuméricos y 2-Por parpadeo de LED de colores. Algunos de los sistemas vienen solo con el parpadeo (sin display), pero las mayorías traen los dos tipos.

Soluciones de Averías Por Códigos y PARPADEOS de LEDS

-Las averías por códigos podrían dividirse por las que llevan la letra **F** (de Failure, falla), seguidas o precedidas por un número y por las que llevan la letra **E** (de Error), seguidas o precedidas por un número la letra **P** (de protección): Cada una tiene relacionado un código de “parpadeos” con diodos (para los sistemas que no tienen display). La tarjeta nos informa también si la avería está en el módulo interior o el exterior, recordando que cada fabricante tendrá sus reglas.

Las tablas correspondientes, además de los códigos, presentan el motivo de la protección o causa de las averías correspondientes.

Hay sistemas que en una emergencia y para protección sale de servicio, además de un pulsador de emergencia manual para el mismo propósito.

Antes que nada, veamos cuatro de los ejemplos de códigos de averías más comunes: **PO – P4** y **E0 - E1**

Estos errores están encausados dentro de los siguientes eventos:

1-Errores de alambrado [Wiring mistakes]

2-Errores del propio IPM [IPM error]

3-Funciones erradas del motor del abanico externo [Outdoor fan motor error]

4-Funciones erradas del propio compresor [Compressor error]

5-Errores de los sensores de temperatura o presión [System temperature or pressure Sensors.

6-Errores en el sistema de Presión [System pressure Error]

7-Error en la disipación de Calor [Heat dissipation error]

8-Errores de comunicaciones de contacto [Communications contact error]

Ahora definamos estos errores contados como tres de los más comunes.

P0: Este error describe una función errada (malfunction) cuando la señal de voltaje de la **IPM** hacia el Compresor no es correcta. El voltaje de **AC** es desconectado.

[En Inglés]: Malfunction, when the voltaje signal that IPM send to Compressor drive chip is abnormal. The AC will turn off.

P4: Este error describe una función errada desde el Compresor inverter , donde es detectada por el módulo especial IPM, incluyendo las señales de comunicaciones, detector de voltajes, detección de la velocidad de rotación del Compresor, Etc.

[En Inglés]: Abnormal inverter compressor drive is detected by special detection circuit, including communication signal detection, voltage detection, compressor rotation speed signal detection and so on.

E0: Error en la Memoria EROM del módulo IPM

E1: (Seis parpadeos) Este código puede ser ocasionado por error en la comunicación al IPM o por problemas de temperatura en el sensor ambiental en unidad exterior. También error en la comunicación entre los módulos Interior y Exterior.

Las siguientes tablas proveen un resumen de los códigos de errores y parpadeos de diferentes fabricantes.

1.- El display de la unidad interior (La máquina se para por su propia protección)

- 1) Si la máquina se para por su protección cuando empieza la función hay que presionar el pulsador de emergencia durante 3 segundos. La avería se nos mostrará en el display y oiremos un bip. El display nos mostrará el código de protección.



Pulsador de emergencia

- 2) El parpadeo de la luz " RUN" nos indica una avería en la Unidad Interior.
El parpadeo de la luz " TIME SET " nos indica una avería en la Unidad Exterior.
El nº de parpadeos nos marca el código de avería:
Parpadea 4 veces >>>>> para durante 3 segundos y vuelve a repetir.
- 3) El display regresa a su estado normal después de 3 minutos o regresa al código de avería.

CÓDIGO AVERÍA	PARPADEOS	MOTIVO PROTECCIÓN
F1	1 parpadeo RUN	Sobrecalentamiento
F2	2 parpadeos RUN	Hielo
F3	3 parpadeos RUN	Corte de Energía
F4	4 parpadeos RUN	Ventilador Unidad Interior no responde
1F	1 parpadeo TIME SET	Sobreenfriamiento
2F	2 parpadeos TIME SET	Sobrecalentamiento en descarga
3F	3 parpadeos TIME SET	Bajo voltaje
4F	4 parpadeos TIME SET	Excesiva tension
5F	5 parpadeos TIME SET	Seguridad IPM
6F	6 parpadeos TIME SET	Descarche
7F	7 parpadeos TIME SET	Anormal funcionamiento del compresor DC no responde
8F	8 parpadeos TIME SET	Compresor DC no arranca

-Código de Averías Modulo Interno (de otro Fabricante)

Código Avería	LED STATUS	ESTADO DEL LED
E0	EEPROM ERROR	Error de memoria EEPROM
E1	Indoor/Outdoor units communication Protection	Protección de comunicación entre los módulos dentro-fuera
E2	Zero-crossing examination Error	Error comprobación Zero - Voltaje
E3	Fan speed beyond control	Velocidad del ventilador fuera de control
E5	Open or short circuit of outdoor Temperature Sensor	Circuito abierto o cerrado del sensor de temperatura de exterior
E6	Room temperature or Evaporator sensor open or short circuit	Fallo en el Termistor ambiental o sensor del evaporador en circuito abierto o en corto circuito
P0	Module Protection	Módulo IPM de protección
P1	Over voltaje or too low voltage protection	Protección de muy alto o muy bajo voltaje
P2	Compressor top protección against temperature	Protección de sobre voltaje de la temperatura máxima del Compresor
P3	Outdoor low temp. protection	Protección unidad exterior por baja temperatura
P4	Inverter compressor drive error	Protección módulo posición de rotor.

-Otros Códigos Similares para los Módulos Interiores y Exteriores.

Código de Error	Error	Código Protección	Protección o limitación por Frecuencia
E0	Error en EEPROM	P0	ODU Error de IPM
E1	Error de Comunicación IDU-ODU	P1	Voltaje
E2	Error de cruce por cero en IDU	P10	Voltaje Bajo
E3	Velocidad del Ventilador fuera de control	P11	Voltaje Alto
E50	Sensores ODU	P12	Voltaje DC
E51	Error en EEPROM EDU	P2	Alta Temperatura en

			Compresor
E52	Sensor 13 (Condensador)	P3	Temperatura Exterior muy Baja
E53	Sensor 14 Exterior	P4	Realimentación del Compresor
E54	Sensor 11 (Descarga)	P40	Falla de comunicación ODU
E6	Sensor Temperatura del IDU	P41-P42	Fallo de Arranque
E60	Sensor T1 Interior	P43-44-45	Fase Perdida Compresor
E61	Sensor T2 (Tubería Evaporador)	P46-47-49	Velocidad fuera de control Comp.
E7	Velocidad del Ventilador del IDU Fuera de Control	P6	Alta Temperatura de Descarga
		P80-30-31-32	Corriente de muestreo IDU/ODU
		P9-90-91	Temperatura Evaporador alta/baja

Notas: **IDU** = Indoor Drive Unit; **ODU** = Outside Drive Unit

UNA NOTA MUY IMPORTANTE DEL POWER

NOTA: ESTOS EQUIPOS NO PUEDEN FUNCIONAR SIN TOMA DE TIERRA

NO FUNCIONAN CON TENSION BIFASICA DEBEN FUNCIONAR CON FASE Y NEUTRO.

PARA PRACTICAR UN **RESET** HAY QUE DESCONECTAR LA MAQUINA DE LA ALIMENTACION MAS DE 3 MINUTOS.

COMPROBAR SIEMPRE QUE LA TOMA DE TIERRA NO TENGA TENSION YA QUE AVERIA EL SISTEMA.

2.- El display de avería “ interior y exterior “

- 1) Ambas unidades Interior y Exterior se pararan si hay una avería la cual nos la debería mostrar en el display enseguida (en la función de frío el ventilador interior seguirá trabajando a una velocidad fija).
El display nos muestra el código de protección.

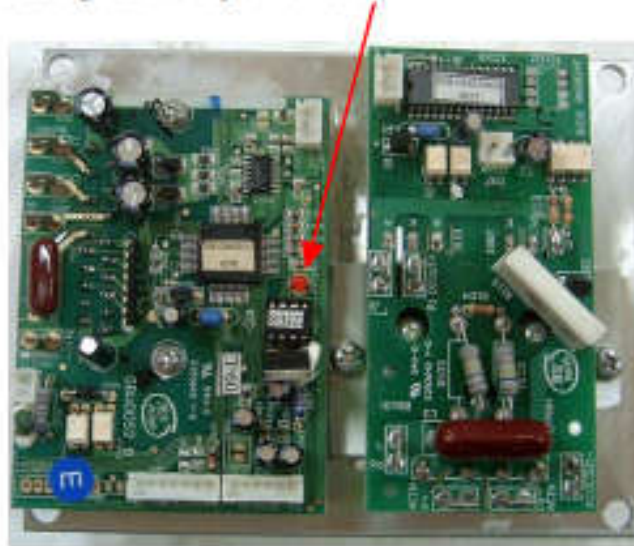
- 2) El parpadeo de la luz “ RUN “ nos muestra la avería de la Unidad Interior y el parpadeo de la luz “ TIME SET “ nos muestra la avería de la Unidad Exterior.
Los parpadeos nos indica el código de avería y lo va repitiendo.
Por ejemplo, TIME SET parpadea 5 veces interrumpe durante 3 segundos y repite de nuevo.

- 3) El display vuelve a la normalidad después de reparada la avería o la protección.

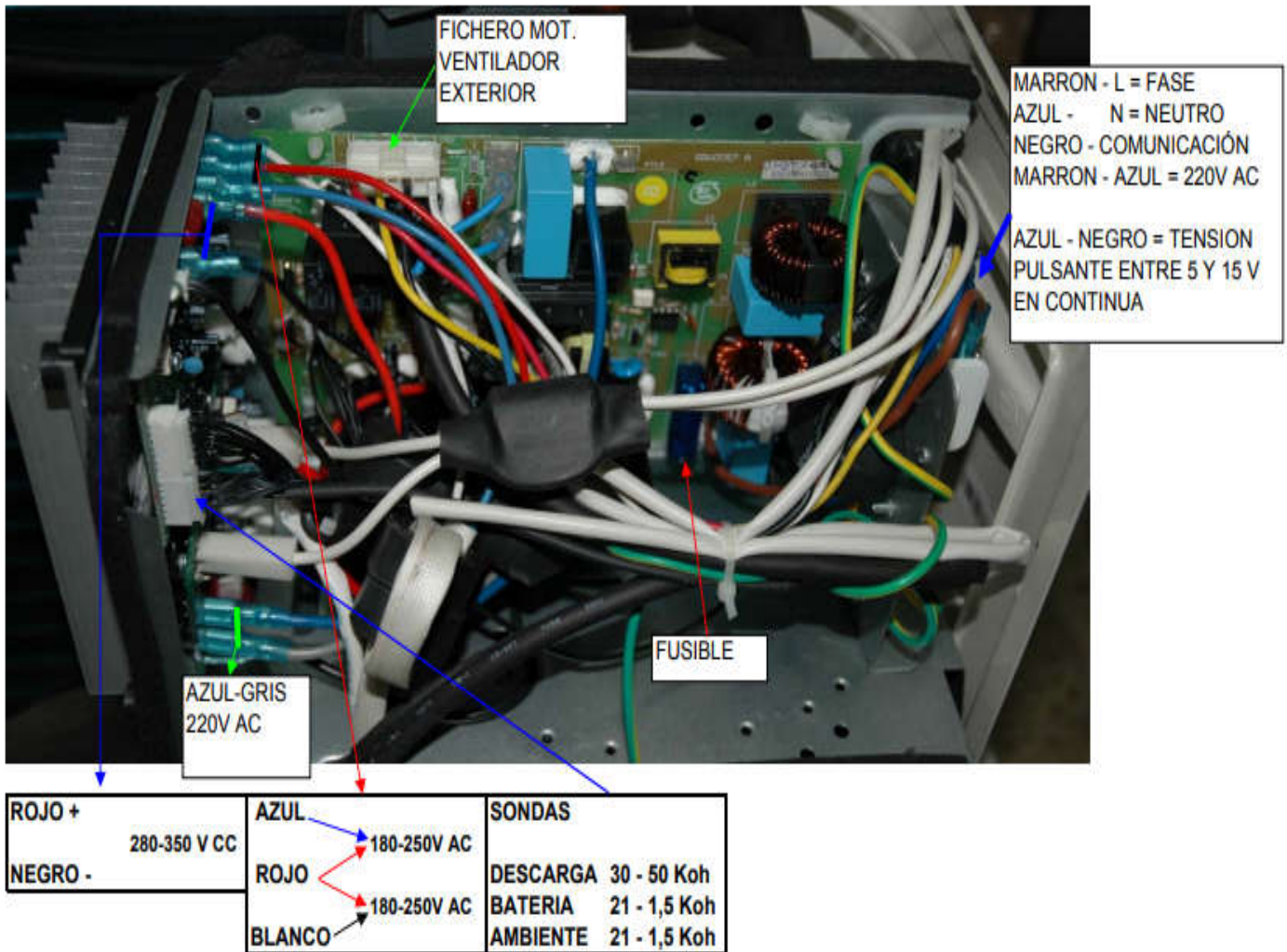
CODIGO AVERIA EN DISPLAY DE UNIDAD INTERIOR	Parpadeos en maquinas sin Display	MOTIVO PROTECCIÓN
E1	6 parpadeos RUN LIGHT	Sonda temp Ambiente Unidad Interior
E2	7 parpadeos RUN LIGHT	Sonda batería Unidad Interior
E3	8 parpadeos RUN LIGHT	Conexiones o bobinas motor ventilador interior
E5	5 parpadeos RUN LIGHT	Comunicación entre U.Interior y Exterior
E6		Fallo ventilador interior EEPROM=placa
EE		Fichero sondas U.Exterior sin conectar
1E	11 parpadeos “ TIME SET “	Sonda de descarga de compresor
2E	12 parpadeos “ TIME SET “	Sonda de batería unidad exterior
3E	13 parpadeos “ TIME SET “	Sonda de ambiente unidad exterior
4E	14 parpadeos “ TIME SET “	Fallo EEPROM exterior
8E	18 parpadeos “ TIME SET “	Fallo APFC

4.- Protecciones y códigos averías Unidad Exterior.

Si existe cualquier mal funcionamiento o se activa una seguridad cuando el compresor deja de funcionar, el **led rojo** de la Unidad Exterior **Parpadea** para mostrarnos código de avería y el motivo.



PARPADEOS	MOTIVO PROTECCIÓN
1 parpadeo	Sensor de temperatura descarga Unidad Exterior
2 parpadeos	Sensor de temperatura batería Unidad Exterior
3 parpadeos	Sensor de temperatura ambiente Unidad Exterior
4 parpadeos	Compresor DC no responde o cable sin conectar
5 parpadeos	Avería comunicación entre Unidad Exterior e Interior, cables cambiados o sin conexión
6 parpadeos	Sobrecarga eléctrica ¿cable interconexión? ¿subida de tensión?
7 parpadeos	Sin carga
8 parpadeo	Bajo voltaje, fluctuaciones, falsos contactos
9 parpadeos	Avería arranque compresor DC
10 parpadeos	Exceso de refrigerante
11 parpadeos	Desescarche o congelación
12 parpadeos	Protección módulo IPM
13 parpadeos	Error de memoria
17 parpadeos	Protección por recalentamiento



NOTA IMPORTANTE: Los códigos te ayudan a discernir un poco sobre la localización de las averías, pero insisto en que la mayoría de ellos se resuelven con el buen conocimiento de las teorías aprendidas de todos los componentes electrónicos: Diodos, Zener, Condensadores, Inductores, Reguladores voltajes, Transformadores, Comparadores, Transistores, Etc. y sobre todo sus funcionamientos en los circuitos para un buen reemplazo de los mismos, de lo contrario no tendrás éxitos en tus reparaciones.

C-Otros Tópicos del VFD: Preguntas y Respuestas

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

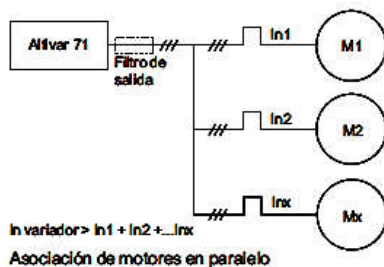
¿Como dimensionar un variador de frecuencia cuando manejará varios motores en paralelo?

Un variador puede controlar la velocidad de varios motores conectados en paralelo. La condición es que no se realicen conexiones/desconexiones mientras el variador está en marcha. Todos los motores trabajarán a la misma frecuencia. Para dimensionar el variador se debe tener en cuenta la suma de las corrientes nominales de cada motor y escoger un variador que cubra esta necesidad, además es necesario incorporar un Relé Térmico adicional para la protección de cada motor este puede pertenecer a la familia LRK, LRD o LRQ.

Cuando se utilizan motores en paralelo son posibles 2 casos:

- Los motores sean de potencia equivalente, para este caso los rendimientos de par son óptimos para el conjunto de motores.
- Los motores sean de potencia diferente, para este caso el rendimiento de par no son óptimos para el conjunto de motores.

Ejemplo de asociación de motores en paralelo con Altivar 71:



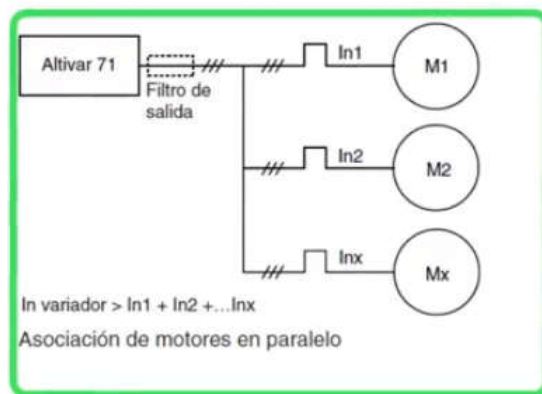
¿Cuál es la diferencia entre drive, inversor y variador?

Los términos anteriores son sinónimos.

El anglicismo Drive surge como un abreviado del término formal Variable Frequency Drive VFD, el cuál también se conoce como inversor porque en el equipo se efectúa una etapa de inversión (se convierte de corriente directa a corriente alterna) y el término de variador implica que este equipo tiene como objetivo variar la velocidad del motor.

¿Qué es un Variador (VFD)?

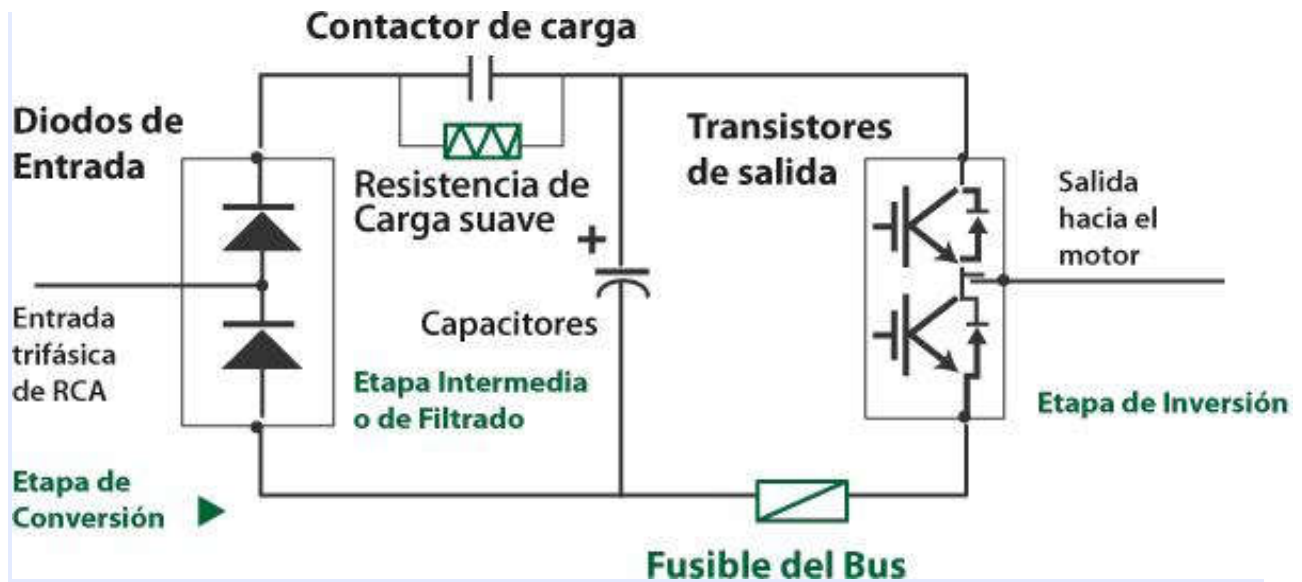
Es un dispositivo o sistema para el control de la velocidad para motores de inducción de CA, el cual se alimenta con un voltaje y una frecuencia constantes, y entrega al motor un voltaje y frecuencia variables.



Motores en un VFD

¿Cómo funciona un variador de frecuencia?

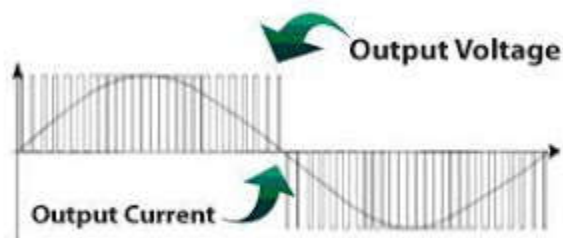
Circuito principal



Funcionamiento:

Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (CA), el equipo primero convierte la CA en corriente directa (CD), por medio de un puente rectificador (diodos o SCR's), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal; posteriormente en la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de CD a un frecuencia constante, y su valor promedio tiene la forma de onda senoidal de la frecuencia que se aplica al motor.

El proceso de conmutación de los transistores es llamado PWM "Pulse Width Modulation" Modulación por ancho de pulso.



Al tener control en la frecuencia de la onda de corriente podemos también controlar la velocidad del motor de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N_m = \frac{120 \times f (1 - s)}{P}$$

Nm = velocidad mecánica (rpm)
f = frecuencia de alimentación (Hz)
s = deslizamiento (adimensional)
P = número de polos.

¿Se pueden conectar varios motores a un inversor?

Si se puede conectar varios motores en paralelo a un inversor, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- El inversor debe ser dimensionado para que pueda suministrar la suma de las corrientes de los motores.
- OJO: Usar sólo control V/f (tensión/frecuencia); no usar control vectorial
- Deben usarse elementos independientes de protección para cada motor.
- Todos los motores arrancan y paran al mismo tiempo
- Todos los motores funcionaran a la misma velocidad
- Si falla el inversor tendremos todos los motores detenidos.

¿Se requieren motores especiales, para usar un inversor?

No es necesario el uso de motores especiales; un inversor puede controlar cualquier motor de CA de jaula de ardilla de tipo convencional, sin embargo, motores de alta eficiencia de uso inversor (**Inverter Duty Motors**) presentan un mejor rendimiento, especialmente a bajas frecuencias.

¿El motor y el inversor deben ser de la misma capacidad?

Para un funcionamiento óptimo se recomienda que el inversor se dimensione en base a la corriente nominal del motor, para proveer un mejor control y una adecuada protección. En caso de urgencias pueden ser empleados motores de mayor o menor capacidad que la del inversor, recomendable hasta el doble o la mitad de la capacidad pueden ser empleados, sólo teniendo en cuenta que se tiene que limitar la corriente del inversor cuando este es mayor, y que en caso de que sea menor el inversor, la potencia que se le puede demandar al sistema es la del componente de menor tamaño.

¿Se puede usar un inversor con un motor monofásico?

Sí, es posible variar la velocidad de motores monofásicos, dependiendo del tipo de arranque que utiliza el motor, hay motores que solo giran en un sentido, en otros casos, es posible modificar también su sentido de giro. No es recomendable hacer esto, ya que se desperdicia una fase del inversor. Es más recomendable cambiar a motor trifásico.

¿Se puede alimentar un inversor en dos fases?

Un inversor diseñado para tres fases se puede utilizar con alimentación de dos fases, siempre y cuando la alarma por pérdida de fase de alimentación no exista o se pueda anular. Es necesario tomar en cuenta que la corriente que se consumirá en la entrada es 1.732 veces la corriente de cada fase de la salida, valor que hay que utilizar para la selección del equipo.

También existen algunos modelos de inversores diseñados para ser conectados a 2 o 3 fases, son de baja potencia, generalmente alcanzan una capacidad máxima de 5HP.

¿Se pueden usar capacitores de corrección de factor de potencia con un inversor?

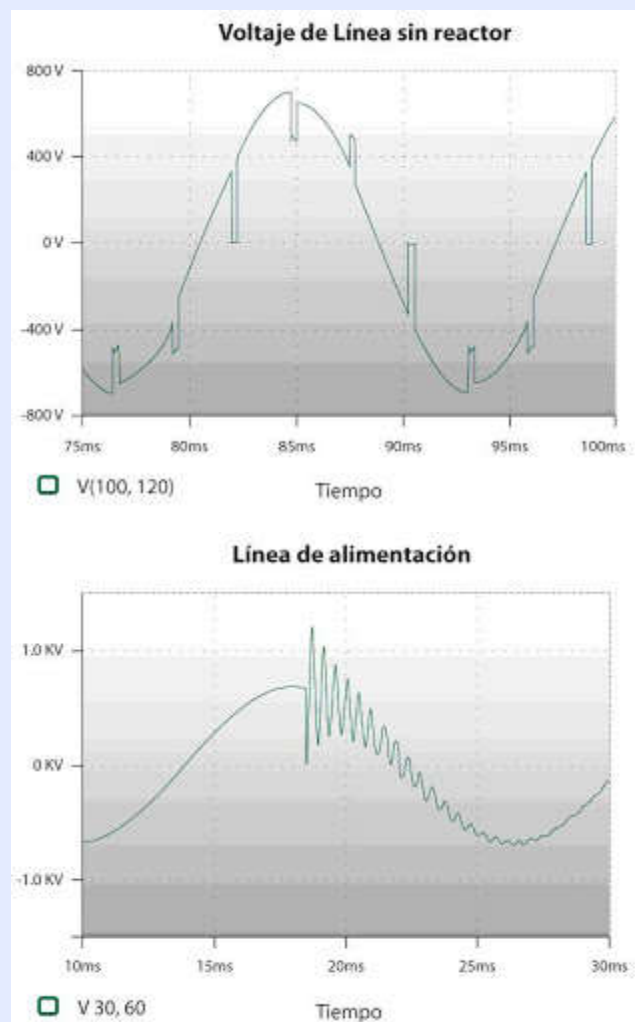
No es recomendable utilizar capacitores en forma individual, puesto que el factor de potencia de desplazamiento de los inversores es prácticamente unitario. Los inversores deterioran el factor de potencia al producir armónicas, por lo que los capacitores por sí solos no ayudan a mejorarlo.

Lo ideal es realizar un estudio completo de calidad de energía y realizar los cálculos pertinentes del factor de potencia tomando en cuenta las armónicas.

¿Los inversores producen armónicas?

Los variadores de velocidad cuentan en la entrada con rectificadores, y a su salida cargan un capacitor para transformar el voltaje a corriente directa, por lo que el flujo de corriente tiene una forma de onda muy diferente a la senoidal, causando distorsión armónica en la línea de alimentación.

Se recomienda el uso de reactores y/o filtros de armónicos para mitigar esta distorsión.



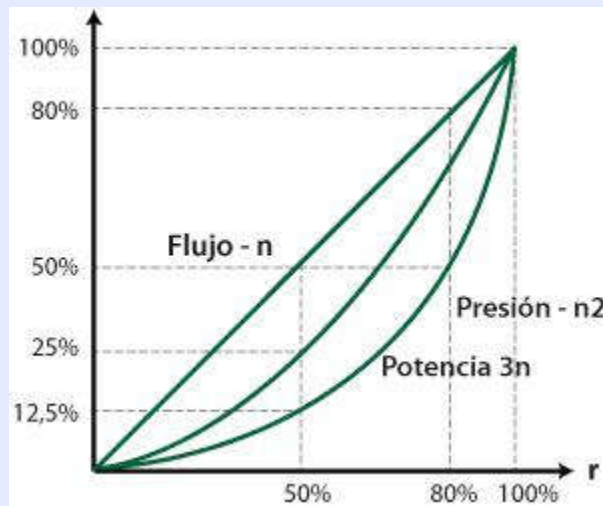


¿Los inversores ahorran energía?

Cuando un motor se opera a una velocidad menor a la nominal, el motor consume menos energía.

En el caso de ventiladores y bombas centrífugas, las cuáles generalmente son controladas mediante restricciones de flujo que desperdician energía, el ahorro es mucho mayor puesto que la energía varía en forma proporcional al cubo de la velocidad.

Enseguida se presentan las formulas y la curva característica de bombas y ventiladores.



$$\text{Flujo o Caudal} = Q1/Q2 = n1/n2 \quad \text{Presión} = H1/H2 = (n1/n2)^2$$

$$\text{Potencia} = P1/P2 = (n1/n2)^3$$

Donde:

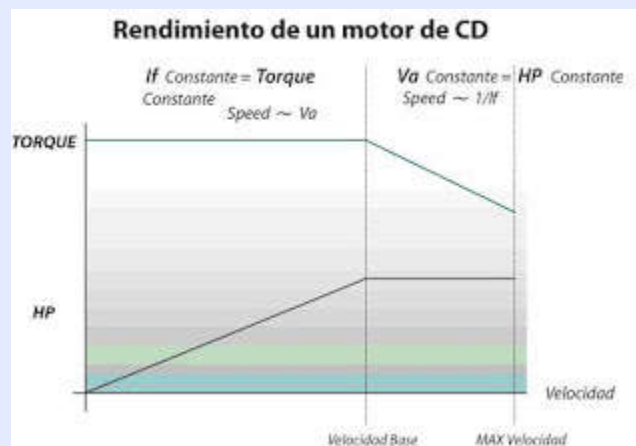
- Q1 = Caudal Nominal
- Q2 = Caudal Reducido
- H1 = Presión Nominal
- H2 = Presión Reducida
- P1 = Potencia Nominal

P2 = Potencia Reducida
n1 = Velocidad Nominal
n2 = Velocidad Reducida

¿Se puede manejar un motor arriba de su velocidad nominal?

Mediante el uso de un inversor, es posible llevar al motor por encima de su velocidad nominal, haciéndolo operar en la llamada zona de HP's constantes, es decir, el motor entrega los HP's nominales, entregando un par que se reduce a medida que se aumenta su velocidad.

Existen gráficas que nos muestran el comportamiento de los motores eléctricos cuando sobrepasamos la velocidad base, o velocidad nominal.



Esta grafica nos muestra que cuando llegamos a la velocidad base, tenemos el torque máximo del motor, en el momento que sobrepasamos dicha velocidad comenzamos a tener perdida de torque, este factor repercute ampliamente en cualquier aplicación ya que una de las principales ventajas que nos proporciona un variador de velocidad es tener control de velocidad manteniendo el torque constante.

¿Qué es la regeneración?

Cuando se reduce la velocidad de un inversor, la carga que mueve tiende a seguir en movimiento por su inercia. Mientras las velocidades se igualan, el motor se comporta temporalmente como generador, y esto hace que el voltaje de corriente directa en el inversor aumente. Este fenómeno es conocido como regeneración, y ocurre cuando la velocidad rotación del motor es mayor que la velocidad del motor a la frecuencia de salida del inversor. Esto puede provocar disparos por sobre voltaje. Esto se corrige utilizando resistencias o unidades de frenado.

¿Qué es un inversor regenerativo?

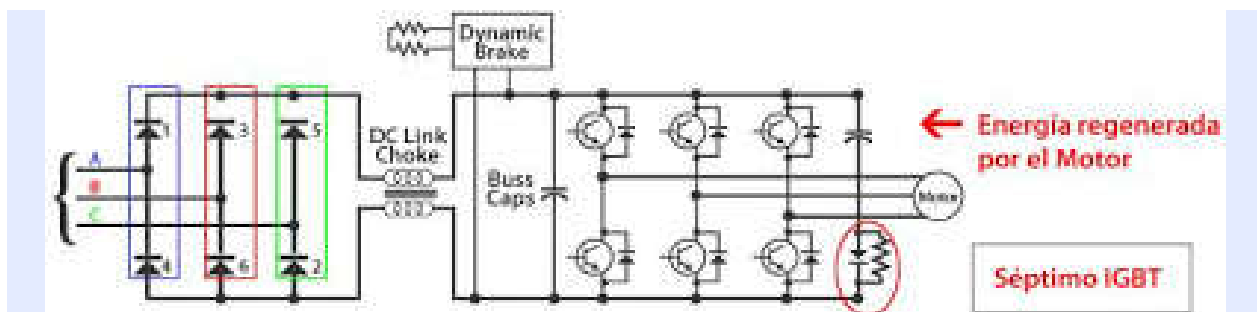
Se le llama variador regenerativo cuando este posee una etapa especial con el fin de que la potencia que el motor pueda generar por inercia de la carga sea regresada a la línea de alimentación.

¿Cuándo se requieren unidades y resistencias de frenado regenerativo?

Cuando se requiere frenar una carga en un tiempo inferior al tiempo de paro natural de la máquina, o bien cuando el motor actúa contra la gravedad, como en el caso de grúas y elevadores. Los inversores poseen una capacidad de frenado inherente (sin utilizar transistor o unidad de frenado) de alrededor de 10% de torque nominal. Si la demanda de frenado es mayor que este porcentaje, entonces es forzoso utilizar frenado regenerativo. Algunos modelos de inversores ya incluyen el transistor de frenado, mientras que otros requieren de la adición de unidades externas de frenado. En ambos casos es necesario agregar además resistencias de frenado, se usan como sinónimos los conceptos de Frenado dinámico y frenado regenerativo, sin embargo existe diferencia entre ellos.

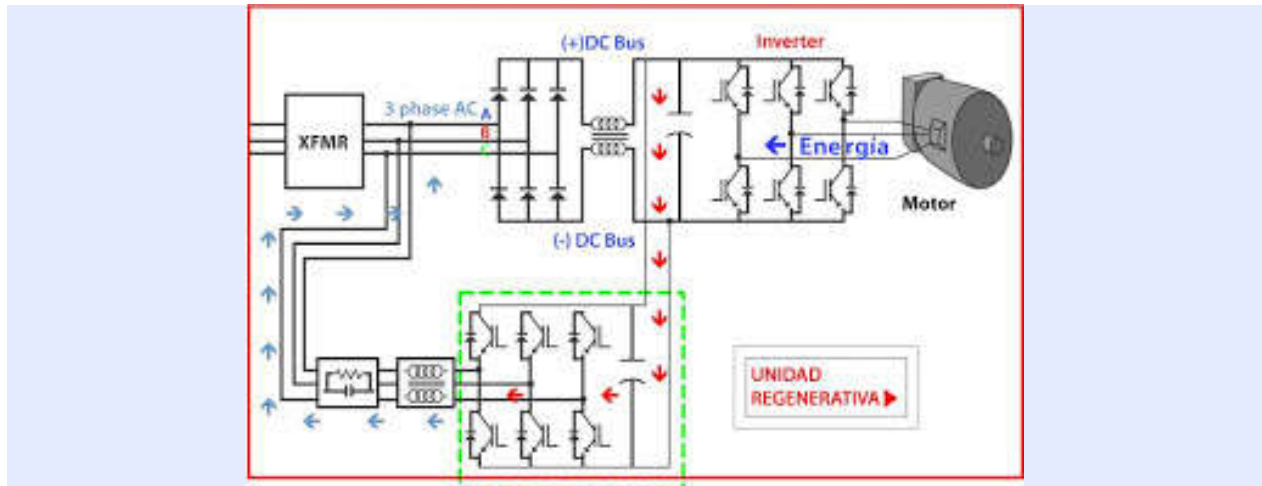
El frenado dinámico es el método más común para manejar la regeneración, mediante una resistencia, la cual transforma esta energía regenerada en forma de calor.

Durante la regeneración el control del drive sensa el voltaje presente en el bus de CD. Cuando el bus alcanza alrededor de 750VDC (en drives de 460V) el circuito de control enciende el séptimo IGBT, permitiendo que la corriente pase a través de la resistencia causando así la disipación.



El frenado regenerativo emplea una unidad regenerativa por lo general externa, esta unidad regenerativa invierte el voltaje del bus y lo manda a la línea de CA.

La unidad regenerativa detecta el exceso de voltaje en el bus de CD y los transistores de regeneración invierten la CD del bus en CA que es regresada a la línea de alimentación

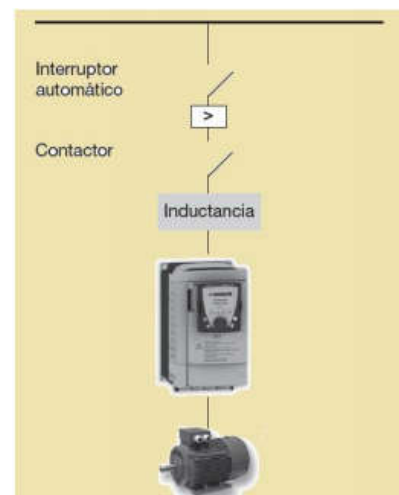


Se requiere de un frenado dinámico o regenerativo cuando se presenta una o todas las características siguientes:

- Alta inercia en la carga comparada con la capacidad de torque del motor
 - La aplicación requiere frecuentes o bruscos cambios de velocidad
 - Las pérdidas en el sistema no alcanzan para detener el motor en el tiempo adecuado
- En aplicaciones donde la regeneración es continua es conveniente emplear una unidad regenerativa en lugar de una resistencia de frenado.

I-DATOS Y APLICACIONES PARA LA SELECCIÓN DE UN VFD, II- INSTALACION Y III-PARAMETRIZACION

I-DATOS del VFD HUANYANG



Especificaciones del artículo

- Corriente de salida: **34A**
- Peso: **5KG**
- Tipo: **Inversores DC/AC**
- Tamaño: **42.5*32*29cm**

- **Número de modelo:HY07D523B**
- **Tipo de salida:Triple**
- **Se puede personalizar:Sí**
- **Frecuencia de salida:50Hz**
- **Potencia de salida:7.5KW**
- **Input phase:single or three phase**
- **Output phase:three phase**
- **Frequency:0-50Hz / 0-400Hz**
- **Suitable Motor:5.5KW**
- **Application:CNC router, lathe, compressor, pump etc**
- **Protocol:RS485**
- **is_customized:Yes**
- **Output Voltage:220V**
- **Input Voltage:220V**

https://www.youtube.com/watch?v=h7_0v54y9bA

Características técnicas:

Entrada y salida

- Tensión de entrada: 220 V, monofásico o trifásico
- Frecuencia de entrada: 47-63Hz
- Tensión de salida: 220 V, trifásico
- Frecuencia de salida: 0-50Hz/0-400Hz

Funciones de E/S

- Entrada digital programable: Proporcionar 7 Terminales que pueden soportar entradas de salida, 1 terminal que puede soportar Entrada de pulso de alta velocidad y PNP, NPN
- Entrada analógica programable: ai1 puede aceptar Entrada de-10 V-10 V, AI2 puede aceptar la entrada 0-10 V o 0-20mA
- Salida de colector abierta programable: proporcionar 1 terminal de salida (salida de colector abierto o salida de pulso de alta velocidad)
- Salida de relé: proporcionar 1 terminal de salida
- Salida analógica: proporcionar 2 terminales de salida, cuyo rango de salida puede ser 0/4-20ma o 0-10 V, como se elige.

Función de control principal

- Modo de control: v/F, control de vectores sin sensores (SVC), control de torsión
- Capacidad de sobrecarga: 60 s con 150% de corriente nominal, 10 s con 180% de corriente nominal
- Rango de ajuste de velocidad: 1:100 (SVC)
- Frecuencia portadora: 1 kHz-15.0 kHz
- Fuente de referencia de frecuencia: teclado, entrada analógica, IDH, comunicación serie, velocidad múltiple, simple plc y PID. La combinación de múltiples modos y el interruptor entre los modos diferentes se puede realizar
- Función de control PID
- Simple plc, multi-pasos función de control de velocidad: 16 etapas de velocidad se puede establecer
- Función de control
- Ninguna parada cuando se apaga la energía instantánea
- Función de rastreo de velocidad: Arranque suavemente el motor de funcionamiento
- Clave/jota: clave de acceso definido por el usuario
- Función de regulación de tensión automática (AVR)
- Mantenga automáticamente el voltaje de salida estable cuando la tensión de entrada

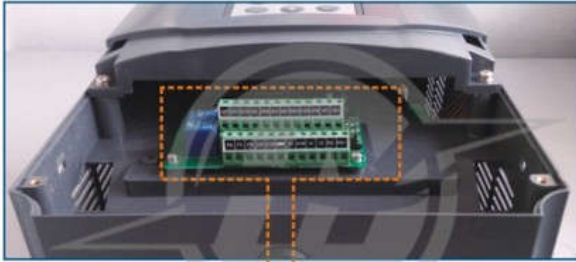
- Protección contra fallos: proteger de la corriente, sobre la tensión, bajo voltaje, sobre temperatura, fallo de fase, sobre carga etc.

Aplicación:

Química, textil, electricidad, material de construcción, carbón, medicina, comida, papel para hacer, plástico, impresión, elevación, cable, lavado, suministro de agua, HVAC, eliminación de aguas residuales y otras industrias.

Maquinaria: cnc router, máquina del CNC, fresadora, máquina de perforación, que hace la máquina, mezclador, extrusora, cortadora, bobinadora, compresor, ventilador, bomba, amoladora, transportadora, ascensor, máquinas centrífugas y otras máquinas de control de velocidad.

Control Terminal

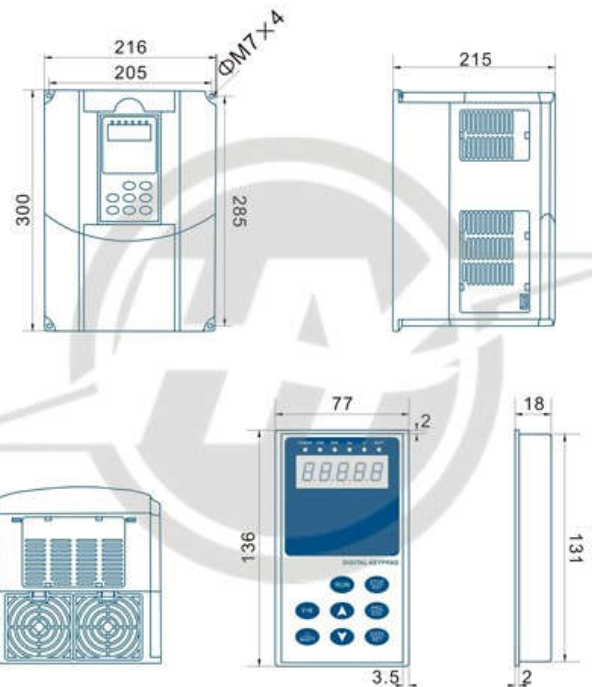


Arrangement of Control Circuit Terminals

UPF	DRV	DCM	SPL	SPM	SPH	RST	REV	FOR	ACM	V0	10V
FA	FC	FB	+24V	DCM	—	+8V	ACM	AI	VI	RS+	RS-

Function Description of Control Circuit Terminals

Symbol	Function Description	Factory setting
FOR	Multi-Input 1	Forward run
REV	Multi-Input 2	Reverse run
RST	Multi-Input 3	Reset
SPH	Multi-Input 4	High speed
SPM	Multi-Input 5	Middle Speed
SPL	Multi-Input 6	Low Speed
DCM (COM)	Common Terminal of Digital and Control Signals	
+10	Power Supply for Speed Setting	+10V
VI	Analog Voltage Frequency Reference Input	0~+10V corresponding to the highest operating frequency
AI	Analog Current Frequency Reference Input	4~20mA corresponding to the highest operating frequency
ACM (GND)	Common Terminal of Analog and Control Signals	
DRV	Multi-Output 1 (Optical couple output)	DC24V/100mA
UPF	Multi-Output 2 (Optical couple output)	
FA(MB) FB(MA) FC(MA)	Multi-Output 3 (N/O or N/C)	3A/250V
VO	Output terminals of digital frequency	0~10V
RS+ RS-	RS485 Communication port	



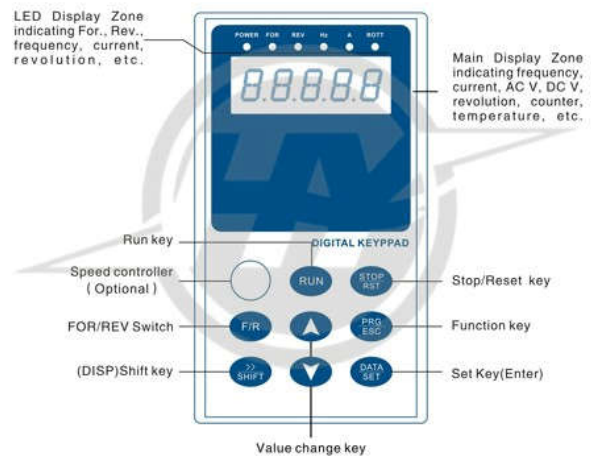
-EJEMPLO DE CODIGOS Y PARAMETROS DE ESTE VFD A TOMAR EN CUENTA SEGÚN LA NECESIDAD:

Código	Parámetro
bFr	Frecuencia del motor
LSP	Velocidad mínima
HSP	Velocidad máxima
ItH	Corriente térmica del motor
COS	Factor de potencia

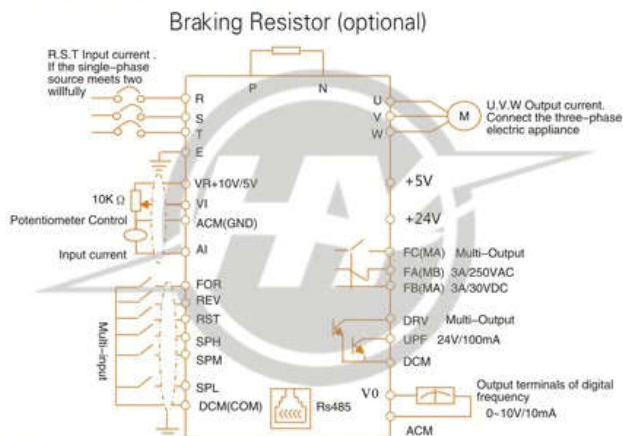
Main Circuit Terminal



Instruction of the Digital Operator



Basic Connection Diagram



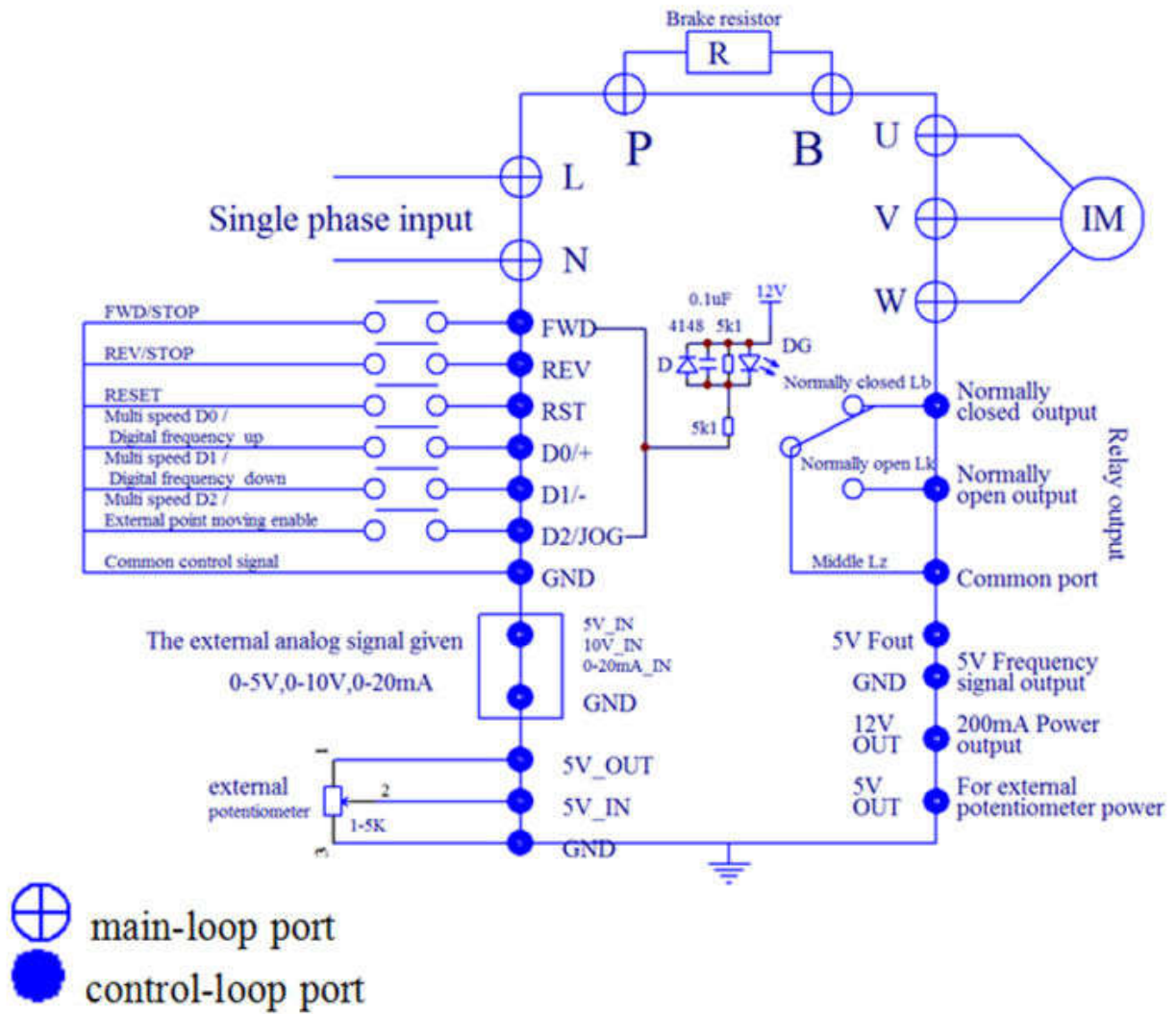
Note: The above wiring diagram explanation is for reference only, take the actual product as the standard. The diagram is subject to change without notice.

Optional keypad and box



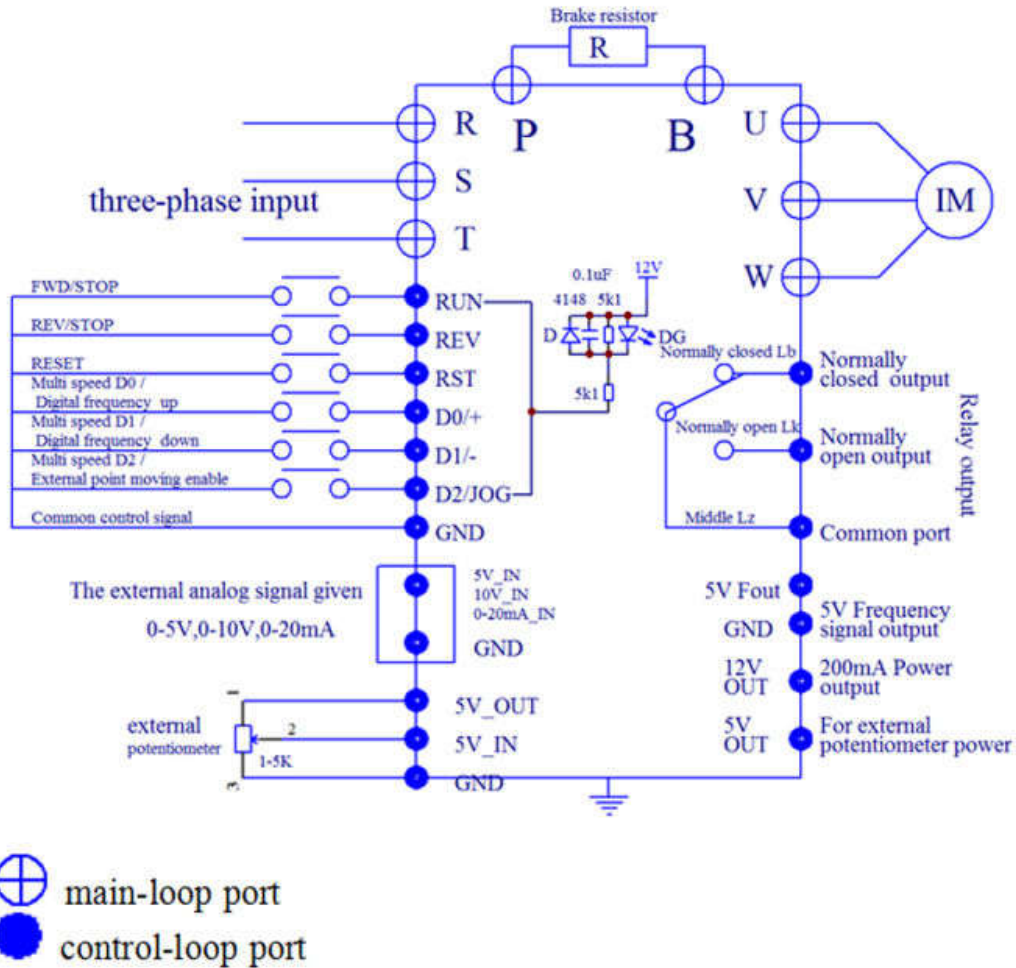
-El VFD tiene una salida RS-485, para ser controlado por una PC.

Wiring Figure (single phase)



Conexiones de I/O de Controles en sistema Monofásico

Wiring figure (three phase)

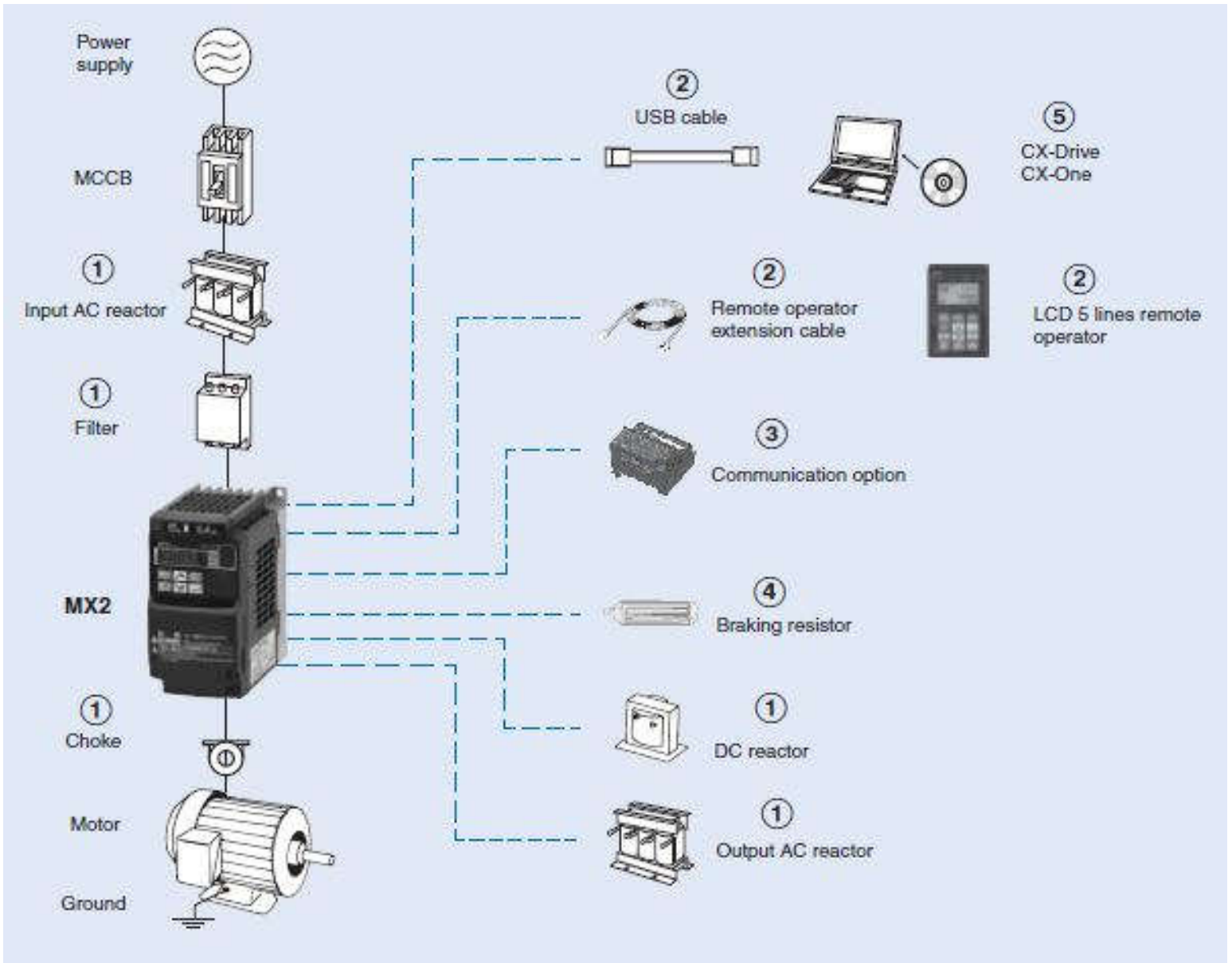


Entradas y Salidas de Controles Trifásicas del VFD Huanyang

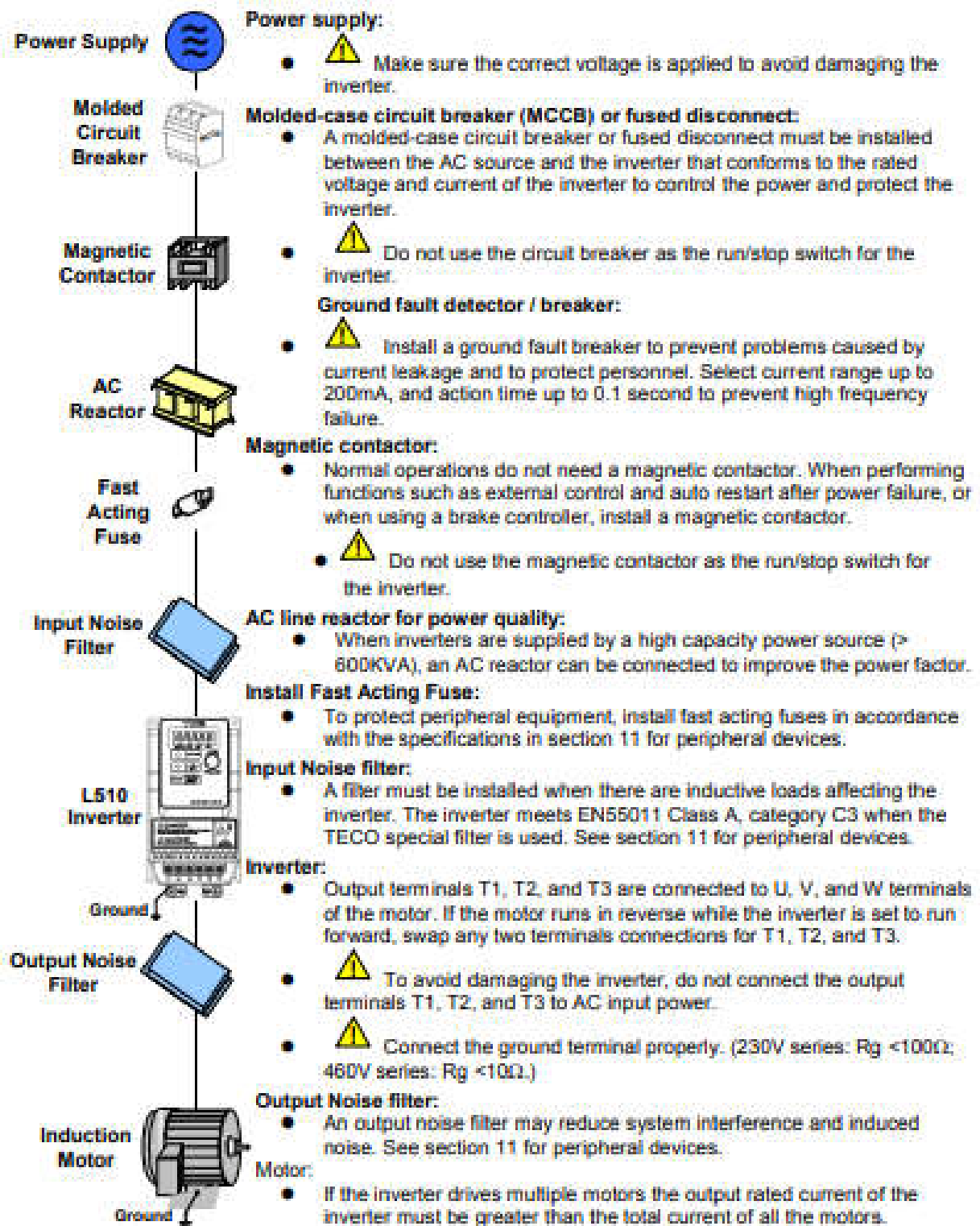
[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

II-INSTALACION

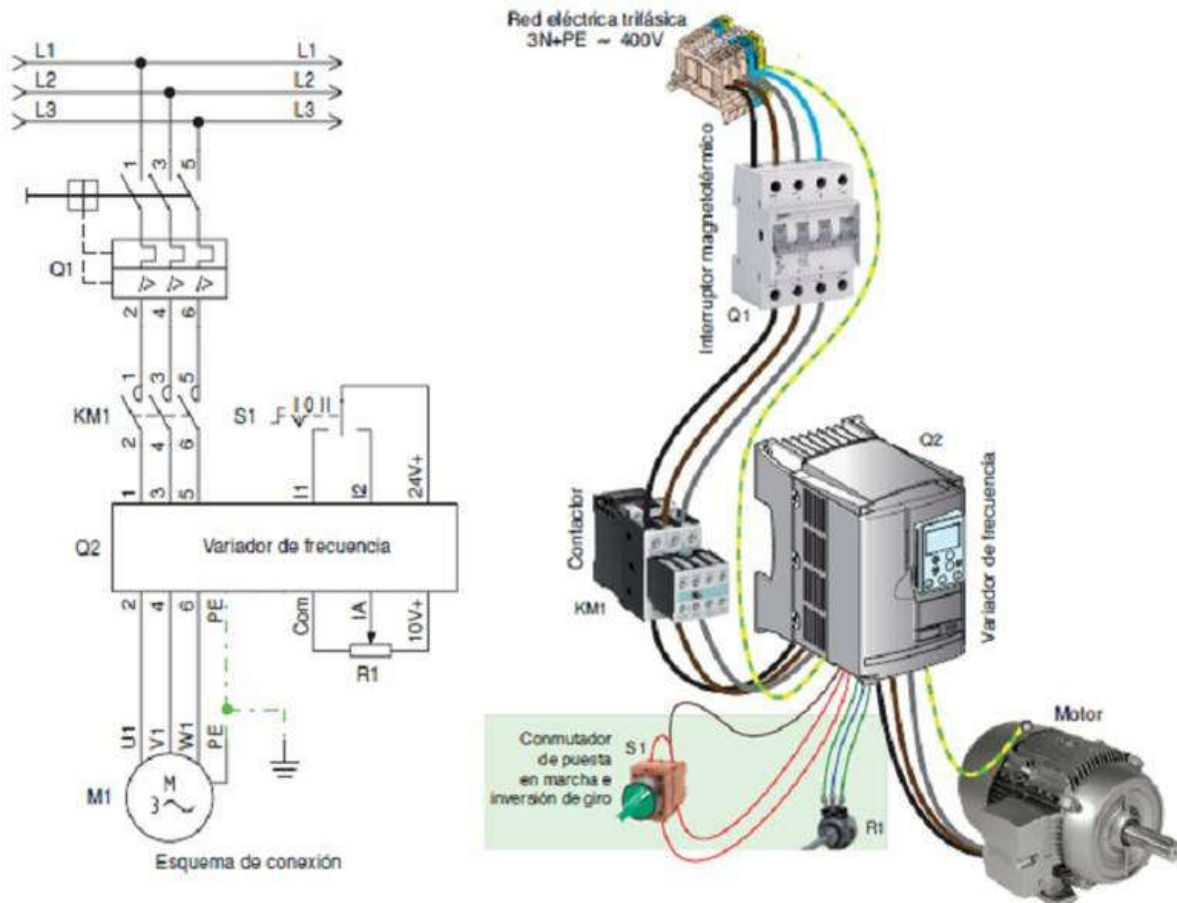
-A continuación los elementos necesarios para la instalación de un VFD



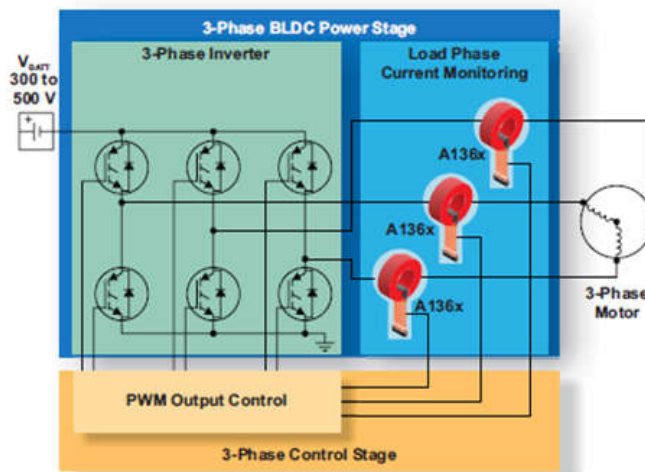
-Los elementos eléctricos que se incluyen en la instalación del VFD



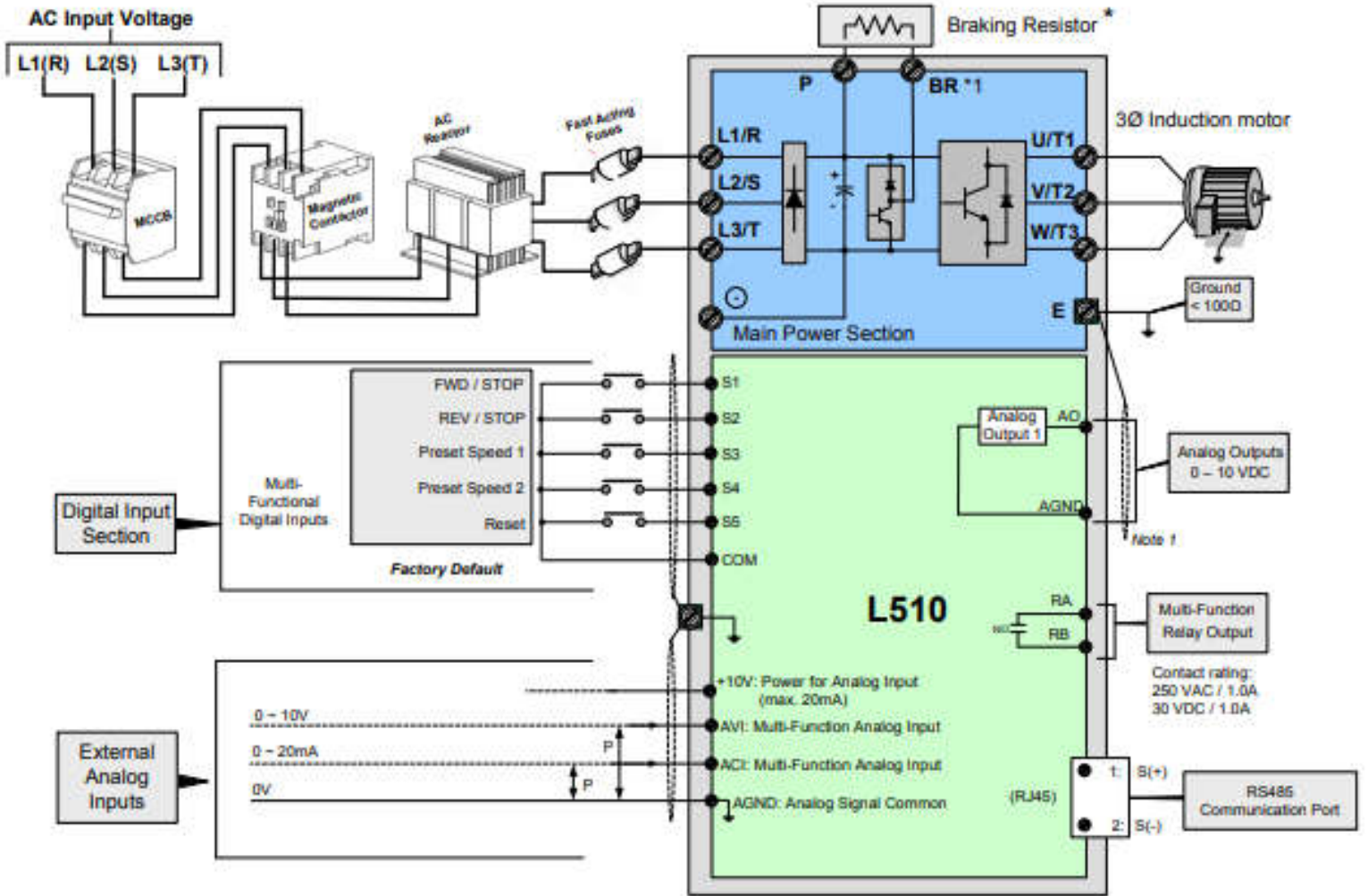
-Esta grafica nos indica que instalar y que no instalar con advertencias.



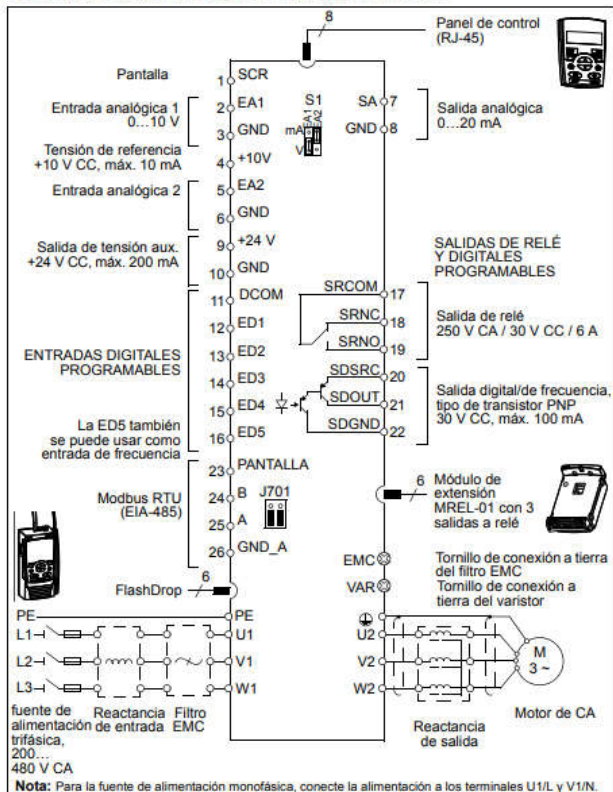
Así debiera verse la instalación completa de un VFD



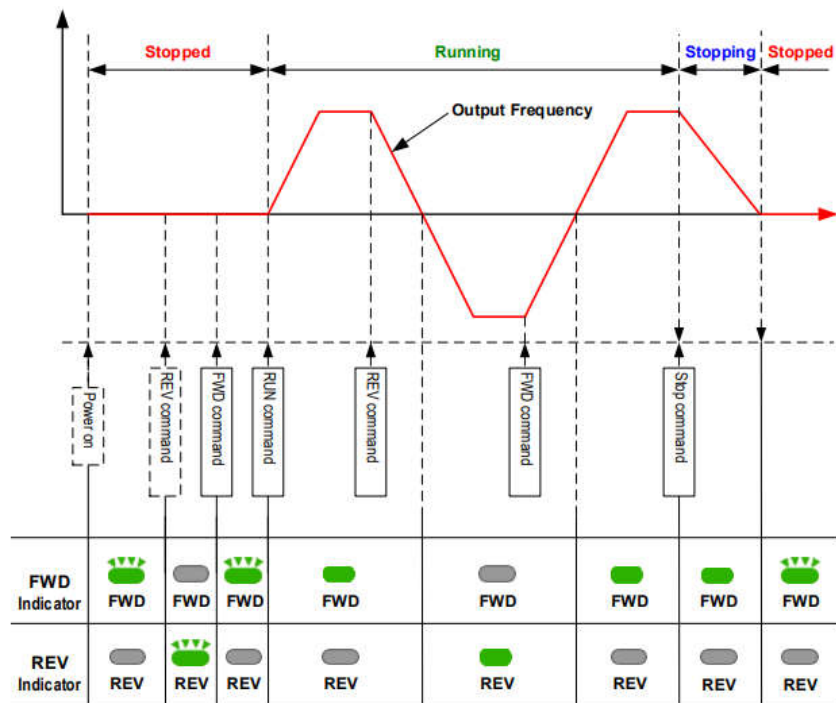
Instalación de transformadores de corriente para monitorear la corriente de salida.



Conexiones de alimentación e interfaces de control



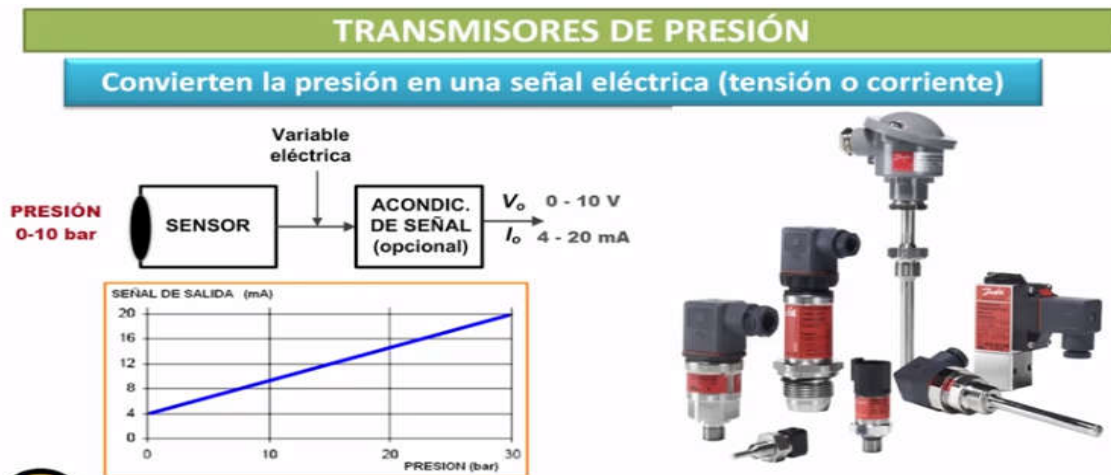
-Otros modelos de VFD completo, mostrando las conexiones de Entradas y Salidas E/S (I/O) de Controles, los cuales se definirán más adelante en la parametrización.

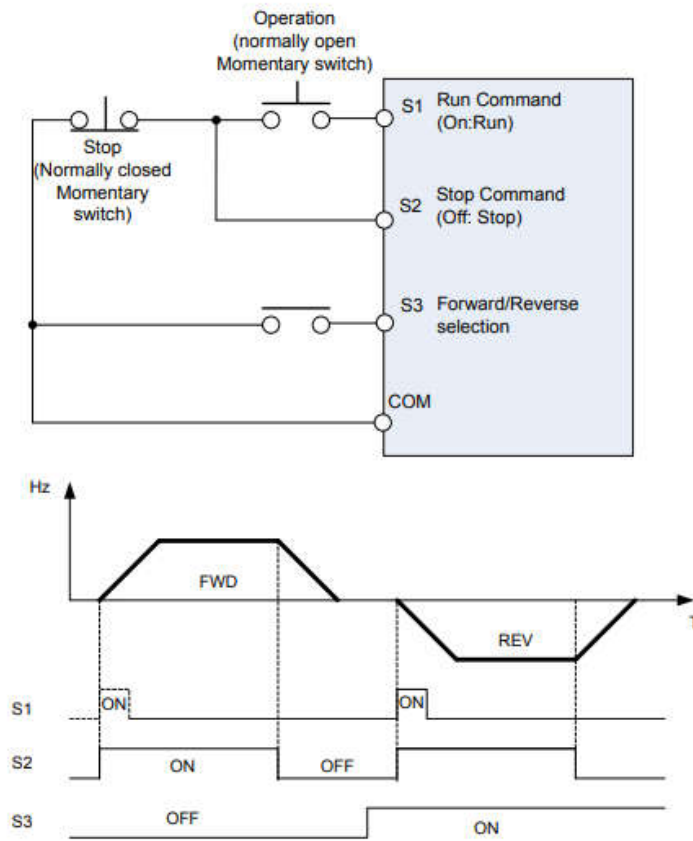


Aquí el gráfico muestra las etapas de funcionamiento de un motor: Parado, trabajando, en posición de parada y finalmente detenido. Nótese las pendientes de Rampas ascendente y descendente.

Control de operación, Gráfico de Rampas con señales de FWD (Forward = Hacia adelante) y REV (Reverse = Contraria) para una operación determinada.

-Podemos utilizar sensores de temperatura, de presión, Etc, para variar la velocidad del motor según nuestra necesidad. Ejemplo con un transmisor de presión de una bomba, donde con un diferencial de presión de 0 a 10 Bars, la convierte en un diferencial de corriente desde 4 a 20 miliamperios o de 0 a 10 voltios, como entrada analógica para el VFD:



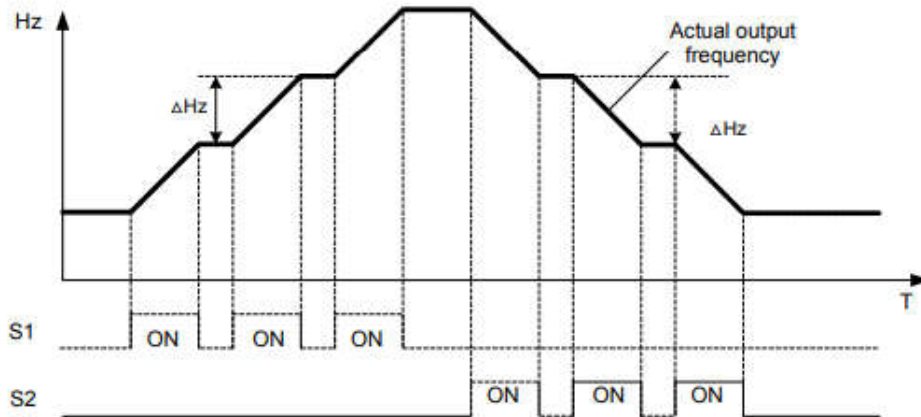


-Las entradas con sus gráficos para el arranque de la marcha directa y la inversa, las cuales pueden ser manipuladas desde el mismo equipo local o a distancia.

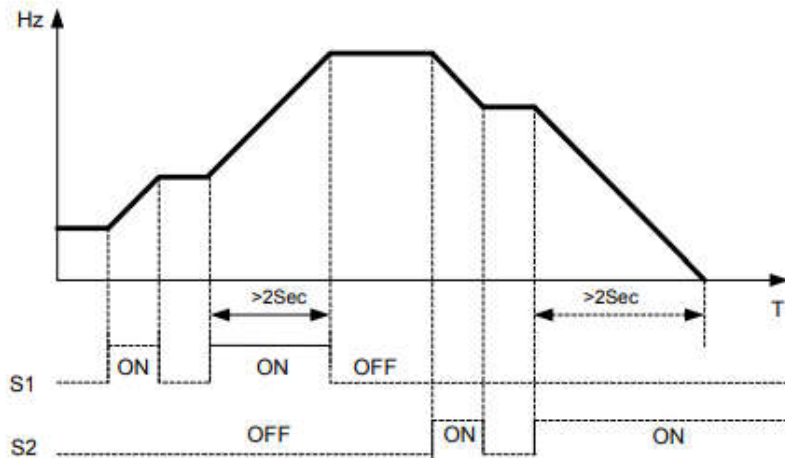
Veamos: Si pulsamos momentáneamente el switch, entrada S₁, el motor arranca (FWD). El gráfico muestra el torque lineal con el pulso S₁, luego se pulsa el Stop (S₂), ahora el torque con una pendiente lineal negativa, frena el motor hasta detenerse. Ahora al pulsar Reverse, el motor cambia de velocidad en el área negativa. Finalmente al pulsar el Stop (S₂), el motor se detiene.

Muy Importante: Si se produce una señal de FWD y REV simultáneamente, el VFD lo ve como una señal de Stop y el motor se detiene.

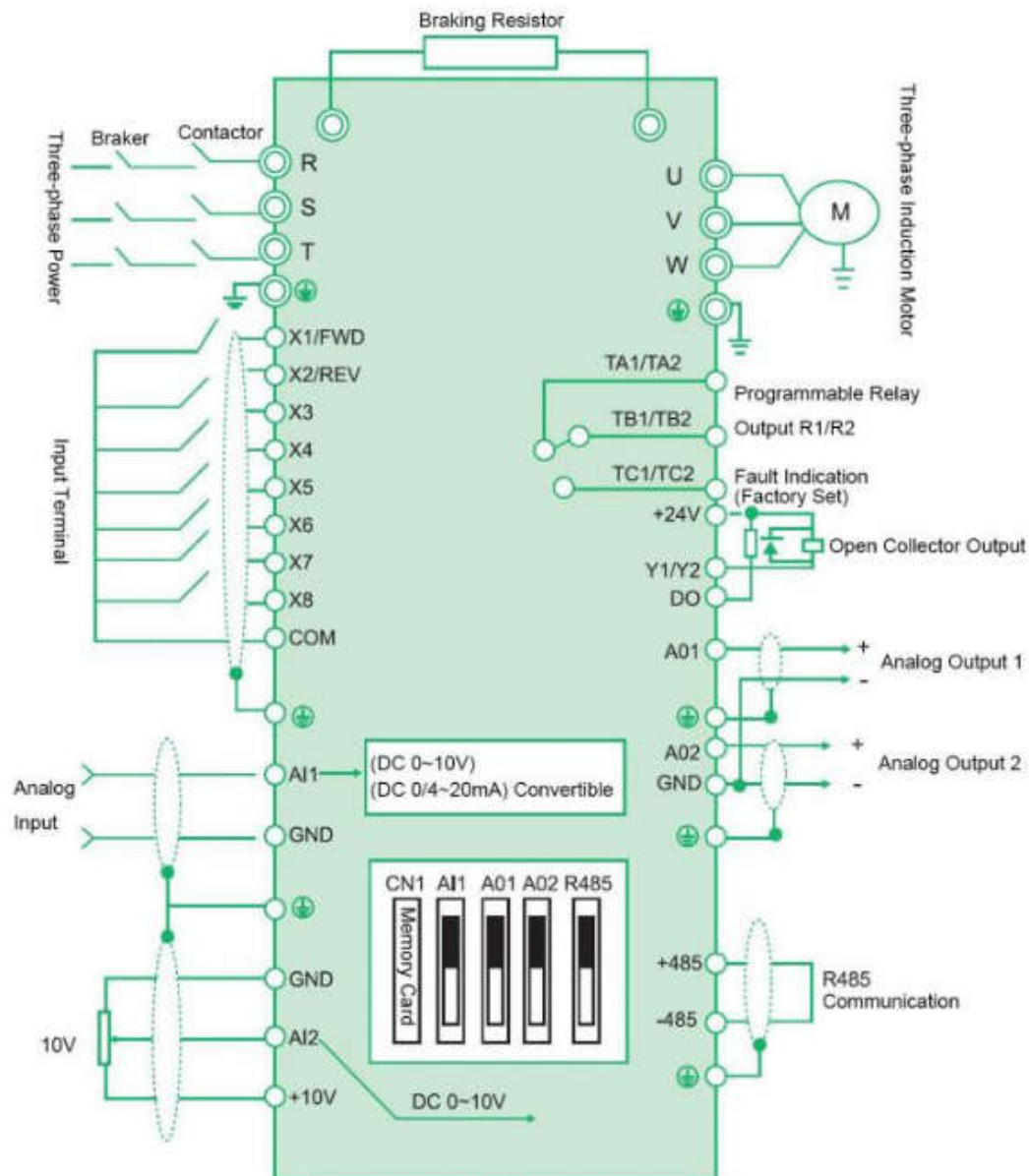
Mode1: If UP or DOWN input terminal is turned on for less than 2 seconds, operation frequency changes by Δ Hz.



Mode 2: If UP or DOWN input terminals are turned on for more than 2 seconds, UP/DOWN is repeated and the output frequency Ramps up or down as long as the input is kept ON.



-En esta gráfica se muestra el efecto del tiempo de la señalización en las entradas: Modo 1- menos de 2 segundos y Modo 2- más de 2 segundos.



-Otra referencia de instalación de las entradas y salidas de un VFD

-Instalaciones Básicas: Entrada alimentación 220/440 Voltios: R, S, T

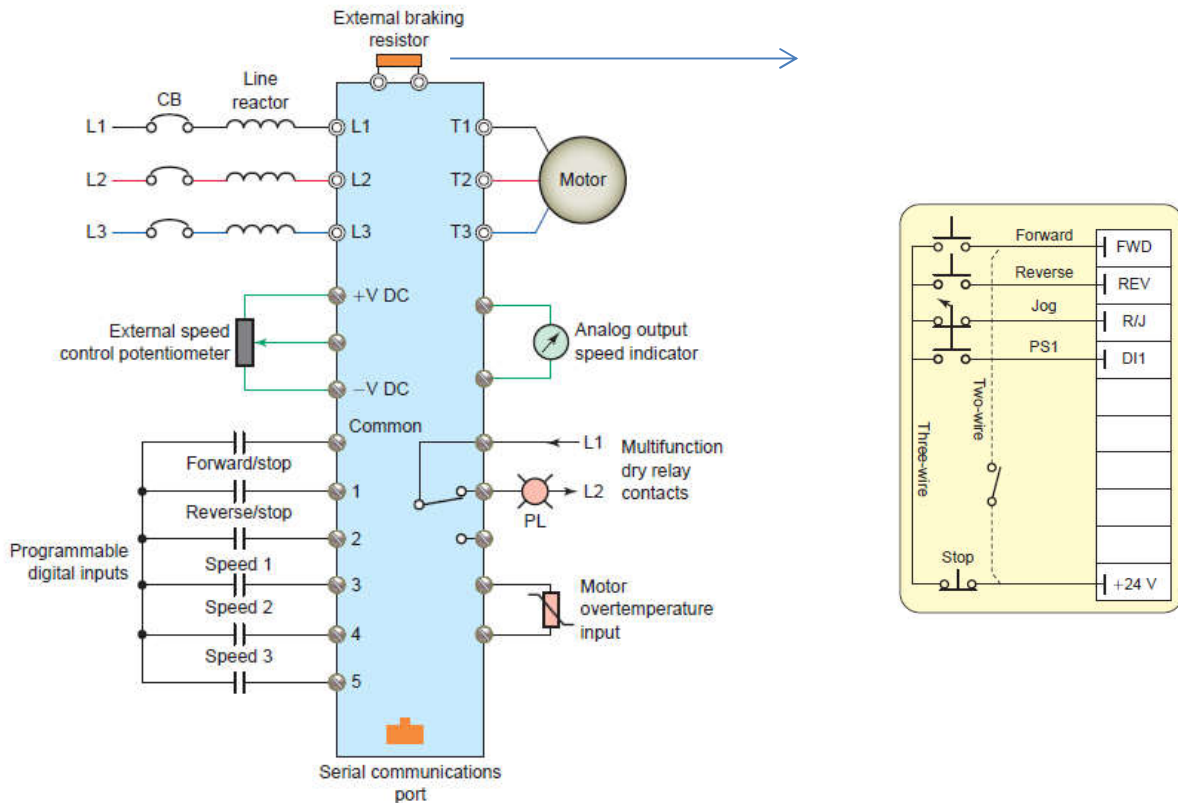
-Salida al Motor: 230/ 440 Voltios: U, V, W.

-Controles de arranque (FWD), Paro (STP), Reversa (REV), Regulación velocidad: Reóstato (AI2 entre 0-10V). Estas pueden ser instalaciones externas o remotas bajo el control de PLC.

-La salida de comunicación **RS485** es para control remoto por una **PC, PLC**, Etc.

Cada fabricante tiene sus parámetros y modos de programar el VFD, pero prácticamente tienen mucho en común.

-En las siguientes figuras están la instalación de un VFD y los componentes para las instalaciones de entradas y salidas (I/O), para el control de un motor.



Input/Output Análogas

Input digitales

Los VFD son programables de dos formas. De mando local con display y de mando remoto y para arrancar necesita de cuatro parámetros esenciales: **1-La alimentación de 220-380 Voltios en terminales R, S y T (Li, L2, L3) 2-Voltaje de Referencia 0-10 V en un reóstato, 3-La alimentación del motor 220 Voltios en terminales U, V y W (T1, T2, T3) y 4- Un swithch push-button.**

Arriba a la izquierda se muestran todas las entradas y salidas. Es de notar que en el frenado rápido, es necesario instalar la resistencia externa de frenado, para que el calor generado se



disipe en esta resistencia y no en el módulo de control.

El VFD tiene un keypad para el control y programación local y una salida de comunicaciones para control remoto, para motor y la programación. introducir los datos de la luego programar los requieren para controlar el

Induction motor adjustable speed duty	
MODEL 5KAF	SERIAL NO.
POWER 400HP	TYPE KAF ENCLOSURE TEAO
RPM BASE 1200	FRAME 6811
AMPERES 368 SINE	DRIVE END BRG SKF 6319
VOLTS 575 V (MAX.) 575	LUBRICATION GREASE
PHASE 3 HERTZ 40	LUBRICANT
EFF. 0.9567 PF. 0.85	OPP DRIVE END BRG SKF 6319
SERVICE FACTOR 1.15 SINE 1.0 ASD	LUBRICATION GREASE
INSULATION CLASS F	LUBRICANT
MAX. TEMP. RISE 80 °C AT SF ^{STATOR} _{BY}	OIL PRESSURE TO PSI
TIME RATING CONTINUOUS	OIL FLOW TO GPM/BRG
INVERTER TYPE IGBT-PWM	AMB. TEMP. (°C) 40 MAX MIN
ALTITUDE 1000 (M)	MANUFACTURING DATE:
SUITABLE FOR OPERATION FROM 120 TO 1200 RPM AT CONSTANT TORQUE	
SUITABLE FOR OPERATION FROM 1200 TO 1800 RPM AT CONSTANT POWER	
SUITABLE FOR OPERATION FROM TO RPM AT VARIABLE TORQUE	
CONSTANT VOLTS / HERTZ TO 1200 RPM	

El sistema VFD tiene dos (Input), sensores, Etc. para Las análogas y las digitales. arriba se muestran estas incluyendo la alimentación la resistencia externa para la disipación de energía durante el frenado dinámico. Veamos la Programación

la manipulación del Al VFD se le debe placa del motor, parámetros que se motor.

tipos de entradas ser manipuladas. La figura más entradas (Input), del motor. Nótese

III-Parametrización o Programación:

1-Selección Local o Remoto:

Se tiene que programar si la Parametrización se hará por el teclado local o remoto.

2-Datos Paramétricos de Fábrica: Calibración

a-Verificar los voltajes de entrada y salida; b-rango de frecuencias (0.1-200/400Hz).

3-Parámetros del motor (Placa)

- a- Frecuencia Nominal
- b- Velocidad Nominal (RPM)
- c- Voltaje Nominal
- d- Corriente Nominal
- e- Factor de Potencia (Cos ϕ)

4-Parámetros de Ajustes, según la necesidad.

- a- Pampa de Aceleración en segundos

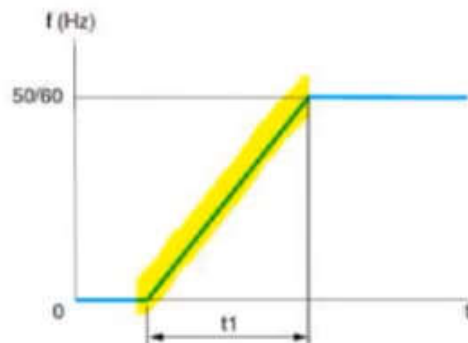
b- Rampa de Deceleración en segundos

c- Las funciones de Rampas: $T_1 = \text{Ramp-Up (0-60 Hz)}$ [Aceleración] y $T_2 = \text{Ramp-Down (60-0 Hz)}$ [Deceleración].

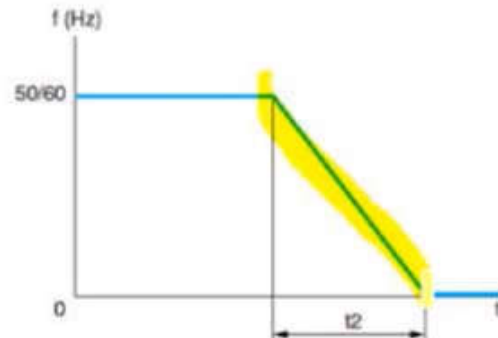
Rampas de aceleración

■ Tiempos de rampa de aceleración y deceleración

Permite determinar los tiempos de rampa de aceleración y deceleración según la dinámica de la aplicación y de la máquina.



Rampa de aceleración lineal
Ajuste de t_1 : 1 a 99,9 s,
el ajuste de fábrica es 3 s



Rampa de deceleración lineal
Ajuste de t_2 : 1 a 99,9 s,
el ajuste de fábrica es 3 s

d- Velocidad Mínima en Hertz (Reóstato al mínimo)

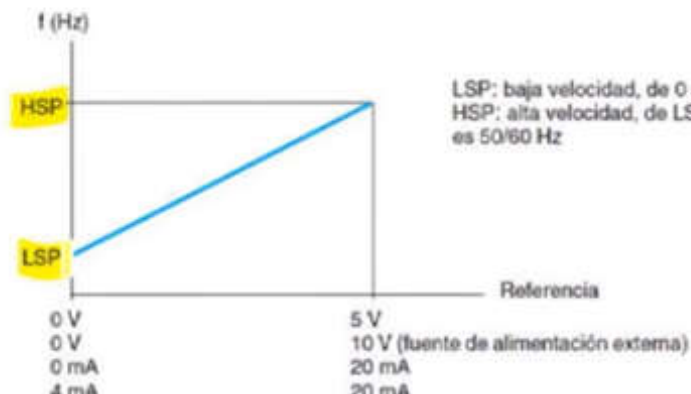
e- Velocidad Máxima en Hertz (Reóstato al máximo)

f- -Luego las siguientes son las funciones principales que se requieren: Rango de velocidades: LSP (baja) y HSP (alta):

Control de velocidad

■ Rango de velocidad de funcionamiento

Permite determinar los 2 límites de frecuencia que definen el rango de velocidad autorizado por la máquina en condiciones reales de funcionamiento.



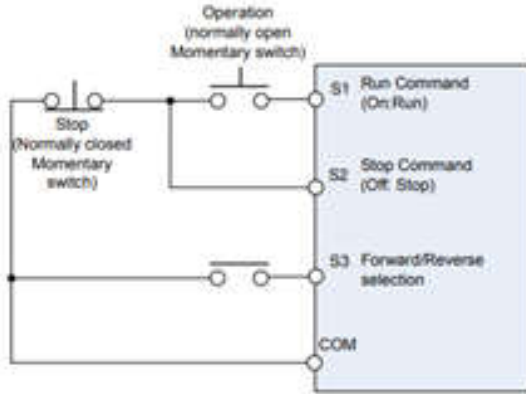
LSP: baja velocidad, de 0 a HSP, el ajuste de fábrica es 0
HSP: alta velocidad, de LSP a 200 Hz, el ajuste de fábrica es 50/60 Hz

0 V
0 V
0 mA
± mA

5 V
10 V (fuente de alimentación externa)
20 mA
20 mA

V-Programación de las Entradas / Salidas:

a- Digitales: Programación de los terminales para las salidas de: Arranque (FWD), Parada (STP), Reversa (REV), y si serán a control remoto con Push Button, Sensores, Switch de Presión, Etc.

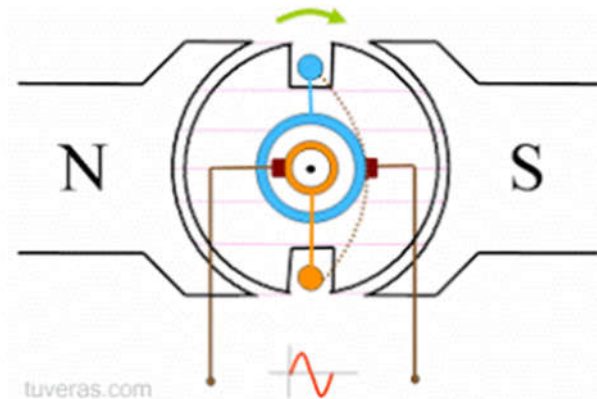


podría ser un tipo de sensor como elemento de control, PLC, Etc.

b- Análogas: Se instala un reóstato local o remoto como voltaje de referencia desde 0 – 10V para el control de la velocidad del motor. También

-Una Nota sobre la Frecuencia en un Suministro Eléctrico.

Para entender el funcionamiento de un variador, es necesario aclarar qué es la frecuencia en un



suministro eléctrico.

Si hacemos girar un arrollamiento (una espira de cable) por un campo magnético (imanes norte y sur), se genera una onda de corriente alterna (cambia el sentido de la corriente y el valor de la misma varía desde 0 al máximo). Esto es básicamente como funciona un alternador de una central eléctrica. En Europa, los alternadores generan una **frecuencia de 50 Hz**, En América 60Hz.

Por lo tanto, se repite la misma onda 60 veces por segundo. Para obtener esta frecuencia, deben girar a unas determinadas revoluciones por minuto, dependiendo del número de pares de polos magnéticos, entre otras variables.

- El VFD y la Relación: Ventilador-Caudal-Presión-Potencia y Velocidad

Básicamente, ya vimos, que un variador de frecuencia, es un dispositivo electrónico que permite variar la velocidad rotacional de un motor, actuando sobre la frecuencia de la corriente eléctrica.

Pero, ¿a qué es debido esto? Pues sin meternos en muchas profundidades, hay unas fórmulas físicas, denominadas leyes de los ventiladores o de proporcionalidad, que relacionan el caudal, la presión y la potencia eléctrica con la velocidad rotacional del motor.

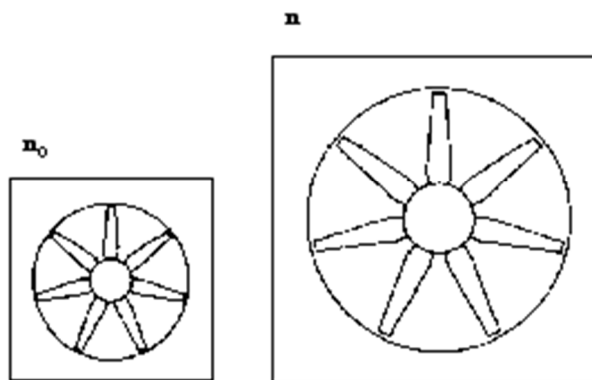
VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD

$$\text{Caudal } q_v = q_{v0} \frac{n}{n_0}$$

$$\text{Presión } p_F = p_{F0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^2$$

$$\text{Potencia } P_r = P_{r0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3$$

$$\text{Nivel Potencia sonora } L_{wt} = L_{wt0} + 50 \log \frac{n}{n_0}$$



El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

Como se observa en la tabla, si actuamos sobre la frecuencia, variaremos la velocidad de giro de los motores, y en consecuencia, variará también el caudal, la presión, y **la potencia eléctrica**. Para ello, será necesario realizar la programación del variador de frecuencia con las características del motor asociado.

¿Cuáles son las Aplicaciones de un Variador de Frecuencia?

Es fácil imaginar, que las aplicaciones principales, serán en los elementos que dispongan de motor eléctrico y cumplan con las leyes físicas como ya hemos visto. Estamos hablando de **Ventiladores y Bombas Centrifugas**.

En edificación, los ventiladores se utilizan en sistemas de climatización y ventilación, mientras que las bombas centrífugas, se utilizan en circuitos hidráulicos de calefacción, climatización, agua caliente sanitaria, grupos de presión de agua, etc. Se deduce, por lo tanto, la cantidad de elementos en los que se puede actuar con variadores de frecuencia y **obtener un gran ahorro de energía**.

¿Cuándo podemos Reducir la Velocidad de los Motores?

Hasta ahora, hemos visto que con un variador de frecuencia tenemos la posibilidad de reducir la velocidad de giro de un ventilador o una bomba centrífuga. Pero, la pregunta que nos podemos

hacer es clara; **¿cuándo conviene reducir esa velocidad?**. Pues mostramos cuatro ejemplos de aplicaciones, de las varias que hay:

Calefacción – Climatización – Agua Caliente Sanitaria: Bombas de Circulación

El control de velocidad en bombas de circulación de agua para instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria implica una adaptación, en todo momento, a las condiciones de carga de la instalación, adecuando los caudales y presiones a la demanda de la instalación, garantizando la máxima eficiencia y ahorro energético.

Fontanería: Grupos de Presión de Abastecimiento de Agua

El funcionamiento de un grupo de presión convencional, se regula mediante presostatos, que realizan arranques y paradas de las bombas según las presiones prefijadas.

Los consumos eléctricos son elevados, sin ajustarse su caudal a la demanda del sistema

Si disponemos de variadores de frecuencia, las bombas suministrarán el caudal de agua necesario, adaptándose a la demanda existente en cada momento, y regulando la velocidad de las bombas, con lo que el consumo disminuye considerablemente.

Ventilación: Control por Ocupación

Imaginemos un local donde la ocupación de personas no siempre es la misma; por lo tanto, no necesitaríamos siempre el mismo caudal de aire de impulsión y extracción, ya que, como sabemos, la normativa fija un caudal por persona.

Si disponemos de variadores de frecuencia para los ventiladores, y un sistema de control automático de ocupación, podremos adecuar los caudales al número de personas presentes.

Ventilación: Control de Calidad de Aire Interior

Como sabemos, la actividad metabólica de las personas, los humos, etc, influyen en la calidad del aire de un local, por lo que necesitaremos más o menos ventilación (más o menos caudal de impulsión y extracción), dependiendo del valor de esos parámetros.

Si disponemos de variadores de frecuencia para los ventiladores, y un sistema de control automático de calidad del aire, podremos adecuar los caudales a las necesidades ambientales del local.

¿Cuál es el Ahorro Energético que se Puede Obtener con un Variador de Frecuencia?

Los variadores de frecuencia sacan partido de las leyes de proporcionalidad (leyes de ventiladores), para lograr la principal ventaja del uso de estos equipos, que es el ahorro energético. Si se comparan con sistemas de control alternativos, un variador de frecuencia es el sistema óptimo para el control de ventiladores y bombas. Consideremos un ventilador que, girando a 1.400 rev/min aporta un caudal de 15.000 m³/h, siendo la potencia eléctrica absorbida de 1.500 W. Veamos que caudal aportaría el ventilador, si con un variador de frecuencia fijamos un 20% menos de velocidad, es decir, 1.120 Rev./min. Aplicando las leyes de proporcionalidad tendremos:

Caudal = 12.000 m³/h (– 20% con respecto a caudal inicial)

Potencia = 768 W (– 48,8% con respecto a consumo inicial)



Por lo tanto, si reducimos la velocidad un 20% con respecto a la velocidad nominal, el caudal también se reduce un 20%; sin embargo, el consumo eléctrico se reduce aproximadamente en un 48,8%. Si el sistema en cuestión, sólo tiene que suministrar un caudal correspondiente al 100% durante unos días al año, mientras que el promedio es inferior al 80% del caudal nominal para el resto del año, el ahorro de energía puede fácilmente superar el 50%

Queda clara la **gran eficiencia energética** de estos equipos.

¿Ofrece más Ventajas un Variador de Frecuencia?

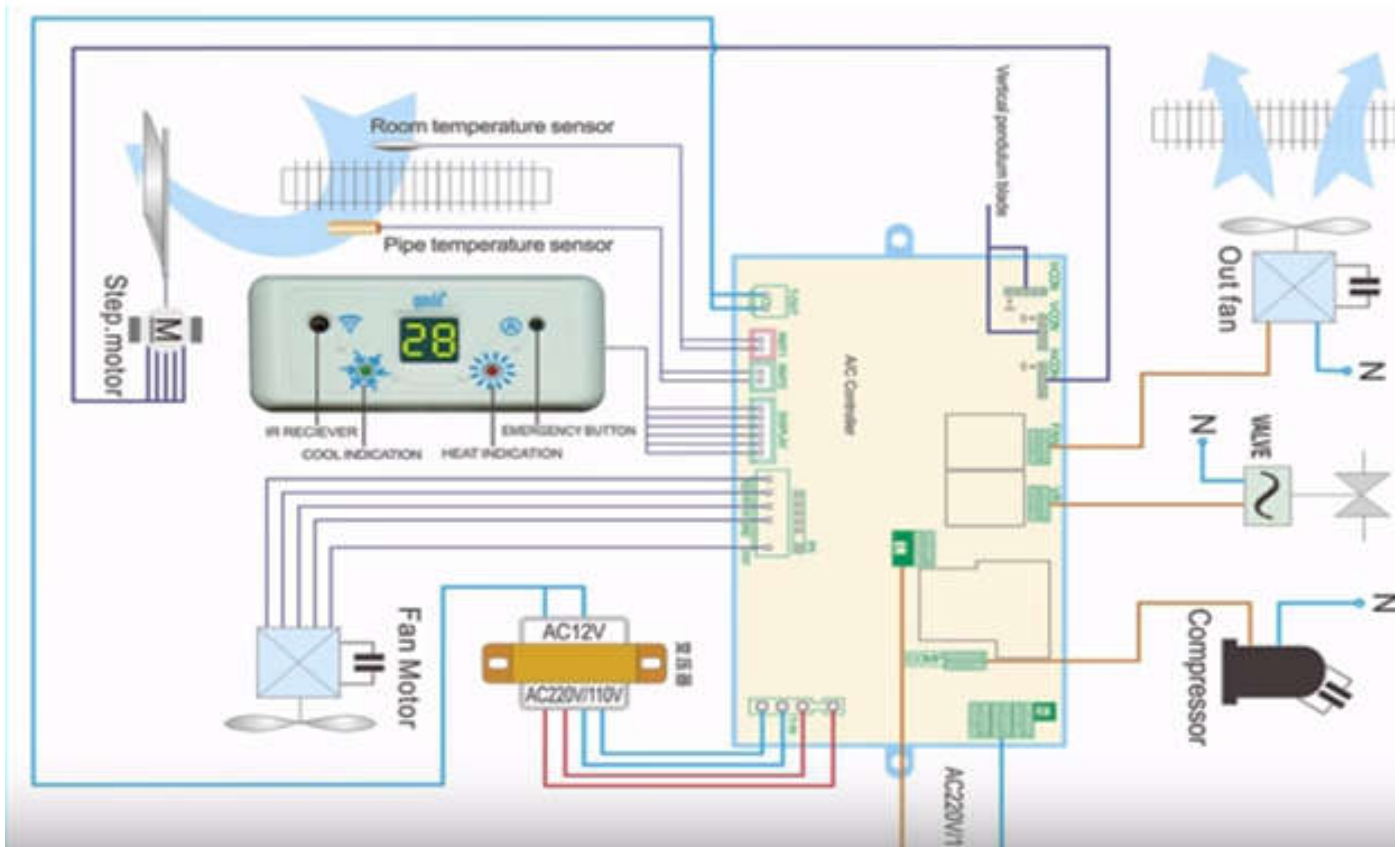
Además de la principal ventaja, que es el gran ahorro de energía, los variadores de frecuencia aportan otras ventajas, que no dejan de ser importantes:

- Control Mejorado de Caudal y Presión
- Corrección del Factor de Potencia del Motor
- Eliminación de la Energía Reactiva
- Arranque suave de los motores.

- No es necesario arranques “estrella-triángulo” en motores de gran consumo
- Menor mantenimiento
- Eliminación de ruidos por vibraciones

d-Módulos Universales

Los módulos universales son los utilizados para sustituir la tarjeta madre de un sistema convencional de aire acondicionado. Esta parte no la veremos, ya que se supone todo técnico conoce, además sale de los conceptos básicos de la tecnología Inverter. Actualmente existen también módulos universales inverter, pero con muchas limitaciones. A continuación una tarjeta universal convencional.



Una tarjeta modulo Universal QD55DC (Universal Control Systems)

e-Otras Aplicaciones en el Mercado.

La tecnología Inverter está acaparando toda producción industrial. Los conocimientos obtenidos podemos aplicarlo a los siguientes sistemas:

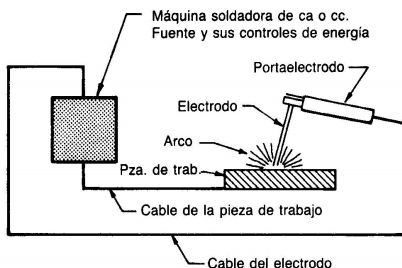
1-Soldadora Inverter:

Las Soldadoras Convencionales

Si se utilizan soldadoras eléctricas normales vamos a tener problemas debido a la tecnología que utilizan:

Contras de las soldadoras convencionales

- No se pueden utilizar diferentes clases de electrodos (por lo mismo que dijimos sobre el rectificador)
- Más importante, hay cierta dificultad en estabilizar ese arco eléctrico, lo que a veces sucede en que se peguen los electrodos a las piezas metálicas y no se haga un trabajo pulido
- Son equipos demasiado grandes y pesados (al contener transformador/rectificador)
- Para rectificar, utiliza diodos que son costosos de mantener, además de refrigerar.



Ventajas de las soldadoras convencionales

Podemos hablar de unas pequeñas ventajas de estos equipos, que a la postre no son tan útiles comparadas con la nueva tecnología:

- La calidad de estos equipos es excelente, superada sólo por muy buenos equipos de soldadoras Inverter.
- Son más fáciles de reparar y menos costosas.
- Se pueden conseguir equipos con 30 años de uso y en excelentes condiciones

La tecnología transformador/rectificador suplía las necesidades pero no era lo ideal. Aquí es donde surgió la idea de transformar la energía y rectificarla pero por medio de un simple circuito integrado o chip, hacerlo de manera digital no análoga. Así nació la Soldadora Inverter.

Las Soldadoras Inverter

Todo esto hizo que surgieran los Equipos Soldadores Eléctricos Inverter. Estos equipos cuentan con un sistema electrónico o chip que permite

ser las veces de un transformador/rectificador con una ventaja en muchos aspectos.



Ventajas de las Soldadoras Inverter

- . Algunos beneficios que ya hemos ido tocando:
 - Equipos fáciles de transportar (los hay desde 3 Kg).
 - Una gran cantidad de posibilidades a la hora de soldar (TIG, MIG/MAG, MMA), es decir son polivalentes o multifuncionales, no hay necesidad de cambiar una soldadora para realizar otras soldaduras.
- Menor consumo eléctrico.
- Soldadura con mayor precisión, y presentable estéticamente.
- Ciclos de trabajo más eficientes. Esto significa que podemos soldar más tiempo de manera precisa y no hay que esperar. Algunos equipos pueden soldar a 160 A con el 100% de trabajo.
- El arranque o inicio del arco se hace de manera inmediata.
- El precio es muy razonable comparado con viejos equipos.

Contras de las Soldadoras Inverter

Una de las contras o grandes diferencias como todo lo que existe hoy es:

- Costo de reparación o mantenimiento, ya que al ser digital es más costoso en sus piezas. Por eso hay que escoger muy bien la marca a comprar, la calidad.

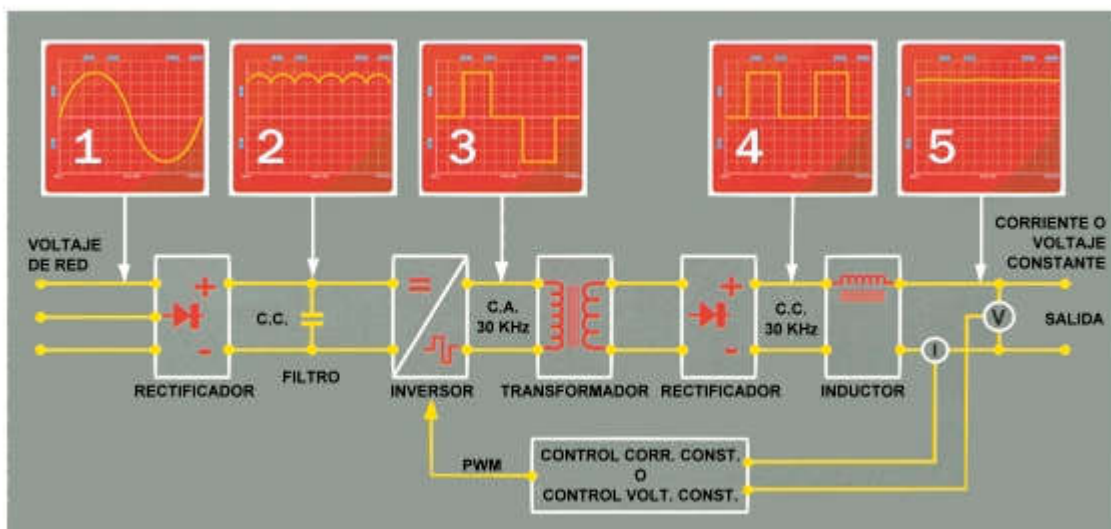
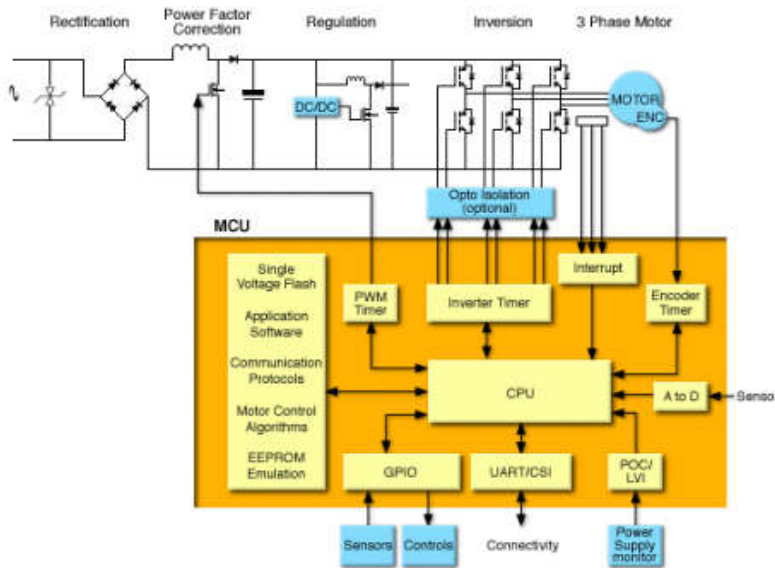


Diagrama Funcional de una Soldadora Inverter

2-Electrodomésticos: Lavadora Inverter, Etc.

Ya muchos de los electrodomésticos están utilizando la tecnología Inverter.

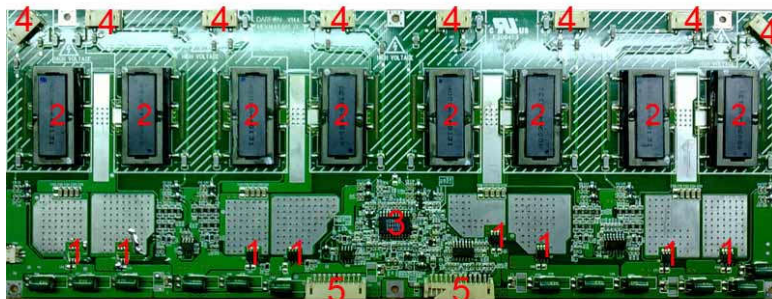
Ejemplo: 6 Motion es el nombre que recibe una lavadora LG de ingeniería que hará que las prendas sean lavadas a profundidad, evitando que se percutan o se dañen las diferentes telas de la ropa. El sistema de **6 Motion funciona de manera diferente al resto de las lavadoras debido al innovador motor Inverter Direct Drive.**



La diferencia es que, normalmente las lavadoras tienen un motor conectado al tambor de la lavadora por medio de una banda que lo hace girar, pero el motor **Inverter Direct Drive está integrado directamente sobre el tambor de la lavadora**, haciendo que las vibraciones y otros efectos alternos de las lavadoras tradicionales se eliminen durante sus ciclos de lavado. El motor integrado en

el tambor de la lavadora elimina prácticamente toda vibración para lograr movimientos sutiles y precisos. Es debido a esto que un chip, integrado en el motor, puede **emular 6 movimientos de lavado para proteger la ropa y lavarla en profundidad sin dañarla.**

3-Smart TV:



- 1.- TRANSISTORES MOSFET
- 2.- TRANSFORMADORES
- 3.- CIRCUITO OSCILADOR
- 4.- SALIDAS DE LÁMPARAS CCFL
- 5.- CONECTOR DE TENSIONES (VCC, MASA, BL_ON, DIMMER)

Los televisores modernos inteligentes utilizan la tecnología Inverter: **Ejemplo**

Un TV de LCD, tiene los mismos circuitos que en un TV convencional, pero aparte tiene circuitos que son nuevos, como puede ser el *inverter* y el conjunto de display

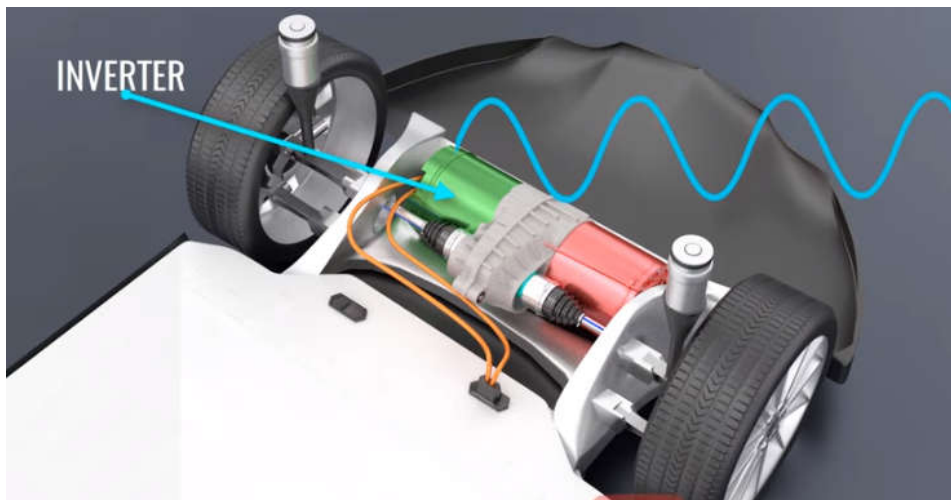
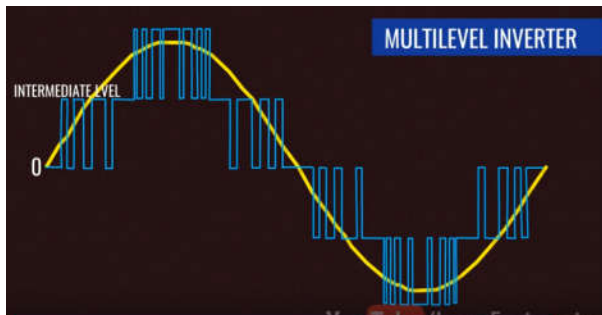
(lámparas, matriz y cristal líquido)

El inverter es el responsable de hacer que iluminen las lámparas llamadas CCFL o de cátodo frío que sirven de iluminación trasera o backlight, y con el podemos controlar el brillo en pantalla a través de estas.

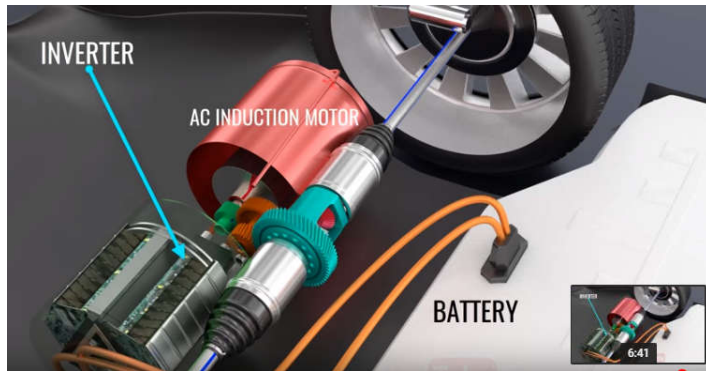
Nos encontramos con un circuito que convierte tensiones continuas en alternas (convertidor DC-AC).

4-Automóvil Eléctrico (Tesla):

-Los autos eléctricos utilizan los inversores de *múltiple niveles* de voltajes, que son de mayor precisión y reducen los errores instantáneos.



Los vehículos eléctricos Tesla, usan un inverter especial donde se implementa el sistema de frecuencia inteligente y control de Amplitud.



5-Equipos Marinos, Etc.

Ya actualmente utilizan la tecnología Inverter aun en los sistemas Chillers.

6-Aire Acondicionado Solar Inverter

Todos hemos visto un aire acondicionado, y seguramente hemos tenido el placer de disfrutarlo en la playa, o en ciudades muy calurosas. Lamentablemente, su consumo de energía es grande, pero ¿sabías que existe el aire acondicionado solar, y ahora incluyendo la tecnología Inverter?

Comencemos por conocerlo de manera general. Ya sabemos que el sistema de aire acondicionado es un dispositivo que elimina el aire caliente dentro de una habitación o vehículo, reduciendo así la temperatura del aire. El enfriamiento se logra normalmente a través de un ciclo de refrigeración. Así como el calor, también elimina la humedad para lograr un ambiente más confortable en interiores, distribuyéndolo a través del espacio en el que se encuentra, mejorando la comodidad térmica y calidad del aire en el interior.

En resumen, el aire acondicionado puede referirse a cualquier dispositivo que modifica la condición de aire, ya sea calentándolo, enfriándolo, eliminando la humedad, limpiando o ventilando.

¿Cómo funciona?

Dentro el aire acondicionado, circula un refrigerante cuya función puede ser reducir o mantener la temperatura, por debajo de la temperatura del lugar. Para lograrlo, se debe cumplir un ciclo de cuatro procesos, el cual se denomina “ciclo de refrigeración”.

Expansión.- El refrigerante se encuentra en estado líquido a alta presión. Se manda a través de un elemento de expansión para conseguir el efecto de refrigeración. Con ello se consiguen dos cosas: reducir la presión y la temperatura del líquido, dejándolo en condiciones óptimas para la operación.

Evaporación.- El líquido se evapora, cediendo frío al aire del lugar a climatizar, impulsado por un ventilador. Ahora es un gas.

Compresión.- Este gas vuelve a convertirse en líquido. Primero se debe comprimir el gas. Esta operación se lleva a cabo en el compresor, obteniendo gas a alta presión.



Condensación.- El vapor a alta presión circula a través del condensador. Se evacua el calor al exterior y se tiene nuevamente el refrigerante en estado líquido.

El Aire Acondicionado Solar está en uso desde los años 1970, ahora con la tecnología inverter.

Tipos de aire acondicionado solar:

Híbridos

Un sistema híbrido combina la tecnología fotovoltaica con corriente de nuestros

hogares. El sistema cambia automáticamente entre la energía solar y la batería, según sea necesario, utilizando el concepto UPS e Inverter. Cuando el sol sale, el panel solar se encarga de recargar la batería del sistema, cuando no hay sol, la batería se está cargando a través de



alimentación de corriente de la casa.

Ventajas:

Puede guardar 100% de la energía utilizada por el aire acondicionado convencional
Una versión asistida solar más barata podría ahorrar el 90% de la energía utilizada por el aire acondicionado convencional

Desventajas:

Sólo adecuados en climas secos
Caros para guardar 100% de la energía
No proporciona calefacción

Absorción

Sistemas de absorción solar, utilizan energía térmica para evaporar un líquido refrigerante para enfriar el aire. El agua calentada por energía solar se utiliza para iniciar un proceso dinámico que de baja presión que enfría el agua a cerca de 7 °C. El agua enfriada se lleva a una serie de tubos de cobre, para que el aire fresco recorra el hogar. No se requiere entrada eléctrica.



Ventajas:

Aplicable en la mayoría de los climas
Más barato que los aires acondicionados convencionales de energía solar

Desventajas:

Para la eficiencia del sistema, el agua necesita ser calentada previamente.

Actualmente sólo está disponible para grandes proyectos debido a su costo.

Desecantes

En los Sistemas desecantes, el aire se deshumidifica usando un desecante (puede ser gel de sílice, aunque se han probado otros materiales, principalmente líquidos)

El aire entonces se puede enfriar por evaporación de agua. Incorporan típicamente intercambiadores de calor y otros componentes.

Ventajas:

Aplicable en la mayoría de los climas

Más barato que los aires acondicionados convencionales de energía solar

Desventajas:

Continúan siendo caros y no se encuentran con facilidad

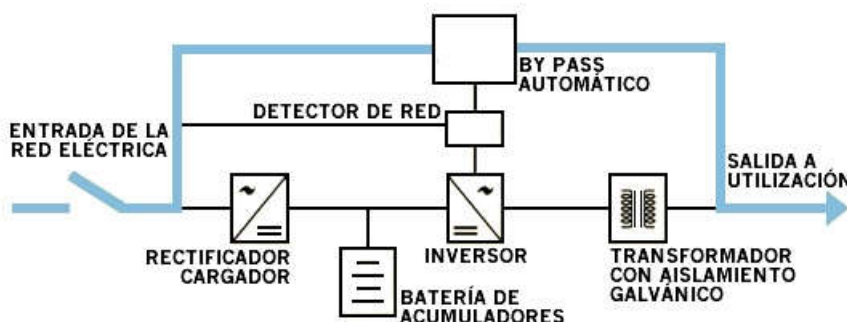
El uso de agua caliente y aire acondicionado en un hogar, son los costos más significativos hoy en día, con los altos costos por el uso de la electricidad, el impacto del uso de estas tecnologías es una preocupación importante para la mayoría de la gente. La tecnología Inverte aliviana los costos.

En el mercado existen muchas marcas de Aire Acondicionado Solar, a continuación te presentamos algunas:

- Trysol; LG; Yingli Solar; Renesota; Ice Solar; Atlantis Solar; Lennox; Solar Cool, Etc.

e-Sistemas UPS

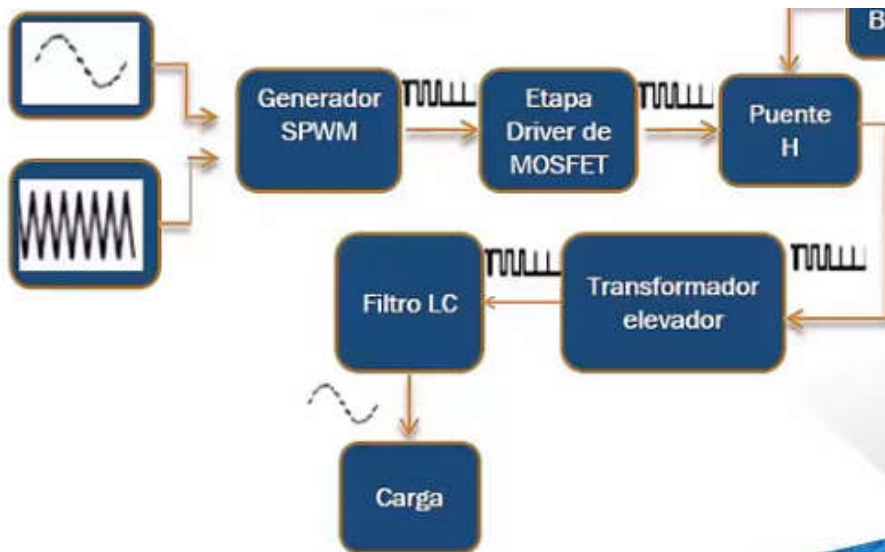
Para terminar es importante no confundir el Equipo UPS o más común llamado “Inversor”, que es el equipo que se utiliza generalmente en los hogares, oficinas para computadoras y luces de emergencia, con la tecnología “Inverter”. El principio es el mismo. Los UPS de baja capacidad son monofásicos y los de alta Capacidad son trifásicos y el comportamiento es similar con la Tecnología Inverter, la diferencia está en que en el UPS la frecuencia de salida es totalmente sinodal y sintonizado a la frecuencia fija de 60 Hz, mientras que en la Tecnología Inverter es más bien para el control de velocidades del motor, variando la frecuencia y el voltaje.



El Sistema de alimentación ininterrumpida (ISA), en inglés *uninterruptible*

power supply (UPS), es un **dispositivo** que gracias a sus **baterías** u otros elementos almacenadores de energía, durante un **apagón eléctrico** puede proporcionar **energía eléctrica** por un tiempo limitado a todos los dispositivos que tenga conectados. Otra función que se puede añadir a estos equipos es mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en caso de usar **corriente alterna**.

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de **corriente continua** a un voltaje simétrico de salida de **corriente alterna**, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta **potencia**. Los inversores también se utilizan



para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc, en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones

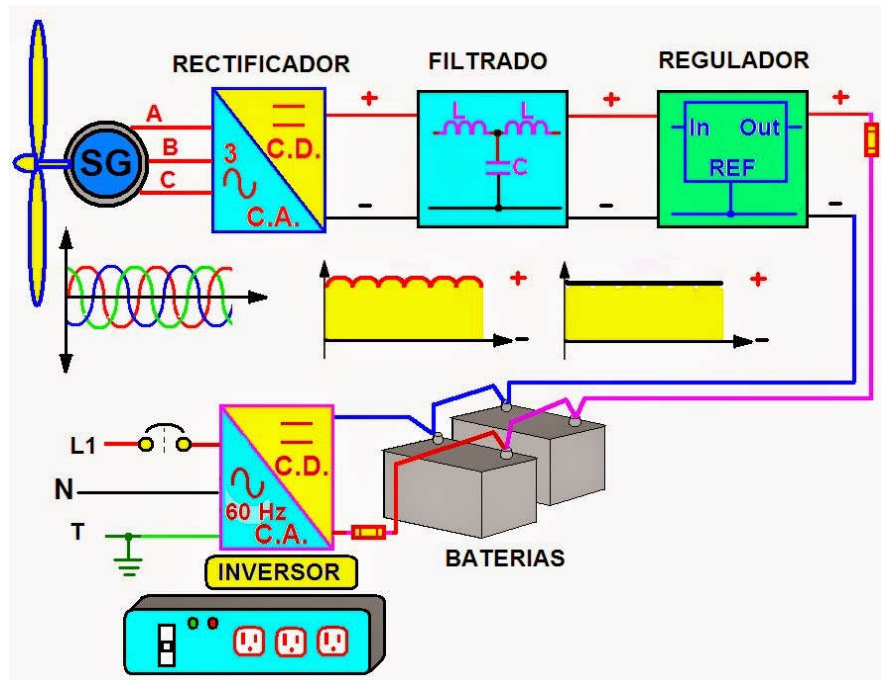
eléctricas aisladas.

El papel del UPS es suministrar potencia eléctrica en ocasiones de fallo de suministro, en un intervalo de tiempo “corto” (si es un fallo en el suministro de la red, hasta que comiencen a funcionar los sistemas aislados de emergencia).

Veamos un ejemplo de Inversor de potencia de un aerogenerador, el cual utiliza un sistema similar a un “Inverter” para cargar un banco de baterías y producir energía CA , 120 V, 60 Hz para consumo doméstico.

El bloque del inversor de potencia transforma la tensión CC a CA sinusoidal con amplitud constante y frecuencia estable.

Permitiendo conectar equipo como refrigeradores, ventiladores, televisiones, Computadoras, luces de emergencias, que tenemos en nuestras casas a un sistema de energía alternativo.



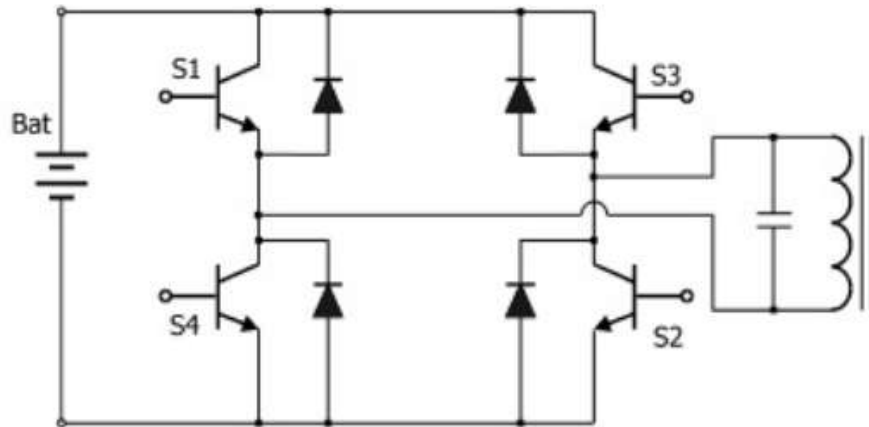
La tensión de salida es independiente de las perturbaciones de línea (producidas en el aerogenerador). Y por medios electrónicos tenemos frecuencias similares a 60 Hertz de corriente alterna.

En conclusión: Un UPS entrega una un voltaje cuasi sinusoidal, desde un banco de baterías durante un “apagón”, las cuales se cargan cuando se repone la energía de la Corporación de Energía, mientras que un Inverter entrega un voltaje trifásico modulado por corriente directa para la variación de velocidad de un motor, en nuestro caso un Compresor.

Por ultimo quería, al menos, mencionar un circuito usado en los UPS modernos, muy versátil: La Fuente Bidireccional (FB). Este opera o como full rectificador o como Oscilador para generar corriente alterna.

Fuente bidireccional

Una fuente bidireccional para operación con el circuito anterior debe operar a 60 Hz, por lo que muchas veces se utilizan transistores de potencia convencionales o incluso tiristores en el oscilador, a continuación se muestra el circuito básico de fuentes bidireccionales:



Cuando opera como rectificador, los transistores se comportan como interruptores abiertos, por lo que los diodos forman un puente de onda completa.

Al fallar la alimentación, los transistores realizan la conmutación cerrando en pares alternativos, por lo que se tiene un oscilador.

f- Energía Alternativas: 1-Inver- Solar e 2-Inver- Eólica

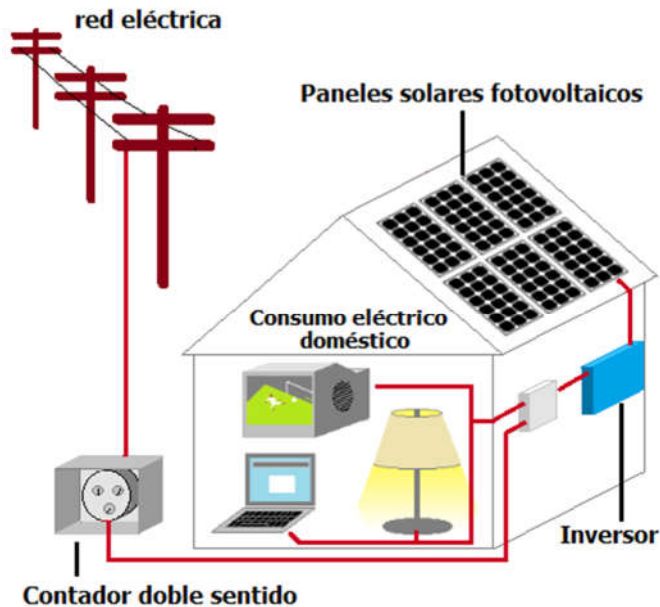
Los sistemas inverter están siendo muy usadas últimamente como controles de fuentes alternativas.

1a-Inver-Solar Domestico

-Balance Neto:Es un modelo de conexión entre un pequeño productor de energía eléctrica renovable para autoconsumo (eólica o fotovoltaica) y la red eléctrica general, en el cual hay un intercambio de electricidad.

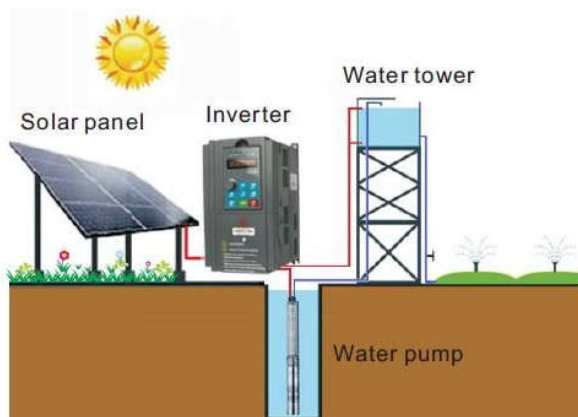
-Ejemplo de Componentes de los sistemas de autoconsumo fotovoltaico inyectado a red

Una de las ventajas de este sistema es que se necesitan menos componentes que en el caso de los sistemas fotovoltaicos aislados, ya que no requiere de una batería que almacene la energía sobrante, por lo que resultan más económicos. Así, un sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a red en balance neto o sólo requiere de los siguientes elementos:



Paneles solares fotovoltaicos– Son los encargados de transformar la luz solar en energía eléctrica. Los paneles solares producen electricidad en corriente continua (CC)
Inversores–

El inverter puede ser un único aparato que transforma toda la corriente que llega del campo de paneles o bien tratarse de microinversores acoplados a cada uno de los paneles que transforman de manera individual la corriente generada por cada único panel. Hoy se usan los sistemas Inverter para un consumo más eficiente, como en refrigeración, bombas de agua, Etc.



Cada vez es más frecuente el uso de las energías renovables, una de ellas la energía solar sobre todo en zonas aisladas donde no se dispone de corriente eléctrica. Una de las aplicaciones más demandadas en estos casos es el **bombeo de agua**, que podría ser en la residencia o en el exterior para almacenar agua o para regar, que junto con el uso de un variador de frecuencia ofrece múltiples ventajas y posibilidades.

A pesar de que el uso de los variadores de frecuencia es muy común en aplicaciones de bombeo o control de presión no se utiliza tanto junto con las placas solares debido al desconocimiento de las ventajas que puede aportar. Un variador permite obtener el máximo caudal en la bomba en base a la energía disponible.

Ventajas de los paneles solares en bombeo

- Solución económica, su coste se amortiza en poco tiempo
- Instalación sencilla

- No es necesario disponer de suministro de corriente eléctrica, con sus correspondientes facturas en función del consumo
- Mínimo mantenimiento además de su largo periodo de vida útil

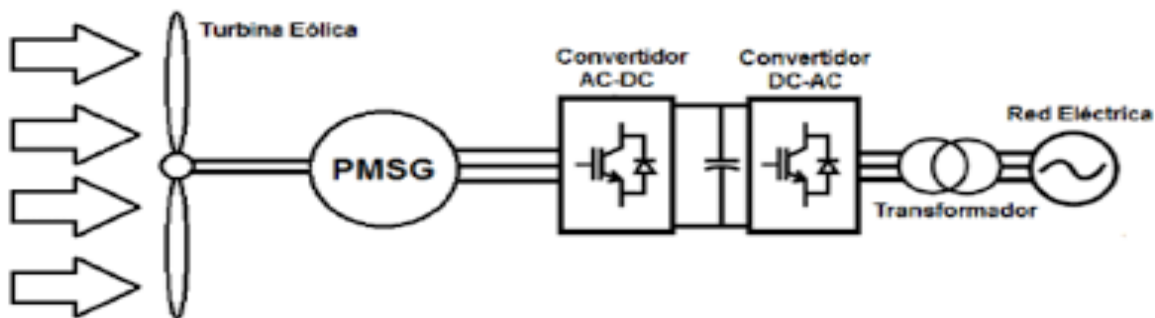
Variadores de frecuencia en aplicaciones de bombeo

El variador de frecuencia (VFD) o convertidor de frecuencia, como ya hemos visto, es un aparato electrónico que nos sirve para variar la velocidad de los motores de inducción. En el caso de las bombas, permite adaptar la velocidad del motor a las necesidades pudiendo controlar la presión, el nivel y el caudal. Además mejora el funcionamiento del motor ya que, como sabemos:

- Realiza un arranque suave y controlado
- Elimina el golpe de ariete
- Ahorro de energía, elimina la energía reactiva

2-Inver- Eólica

-Un ejemplo del Mecanismo Eólico:



-Aquí las hélices propulsoras, transmiten la energía mecánica para producir la eléctrica, por medio de un generador de CA. Esta se convierte en CD, luego es filtrada y convertida de nuevo en AC y distribuirse a la carga, sea en el hogar, la industria o al servicio público de energía.

g-Sistemas de Controles Avanzados: 1-ON-OFF, 2-PID y 3-PLC

Aparte de los sistemas de regulaciones de sistemas ya conocidos, existen ya otras tecnologías, recientes que el técnico debe de estar a la par con ellas para poder tener éxito en la solución de los problemas actuales del mercado competitivo.

De una manera básica veremos dos de estos sistemas reguladores:

1-Regulación Discontinua: Sistemas ON-OFF

Definición del sistema de control ON-OFF:

El control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Sistema de control ON-OFF expresada en forma matemática y ecuación:

Donde $e = Y_{sp} \pm Y$ (error de control) y $u(s)$ es la variable de entrada al proceso a controlar. Cuando la variable de salida Y es menor al set point Y_{sp} , se le asigna a la variable manipulada el valor máximo, mientras que cuando Y_{sp} es menor a Y se le asigna el valor mínimo. También puede darse el caso contrario.

Características del sistema de control ON-OFF:

Modo de control depende del signo del error.

Variación cíclica continua de la variable controlada.

El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.

Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.

Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

Ventajas del sistema de control ON-OFF:

Es la forma más simple de control.

Bajo precio de instalación.

Fácil instalación y mantenimiento.

Amplia utilización en procesos de poca precisión.

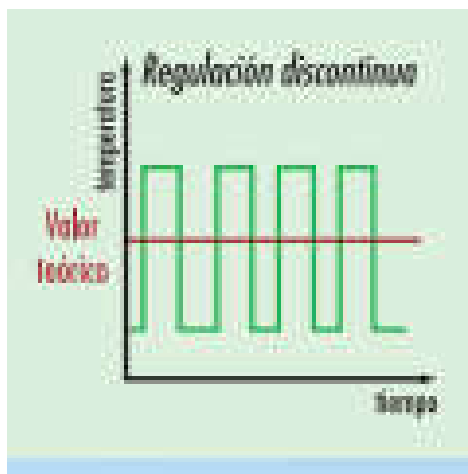
Desventajas del sistema de control ON-OFF:

Mínima precisión.

Desgaste del elemento final de control.

Poca calidad con el producto terminado.

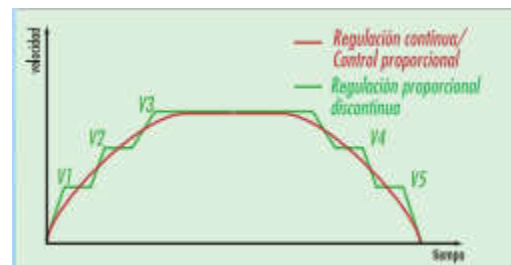
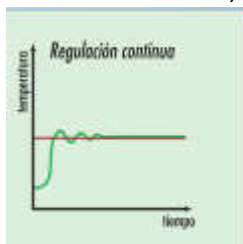
No recomendable para procesos de alto riesgo



Un proceso que se lleva a cabo por escalones se denomina discontinuo. El regulador discontinuo interviene en este proceso con saltos breves de control con un nivel de energía que es siempre igual. A los reguladores discontinuos se les denomina también, reguladores de control. Los reguladores discontinuos ejecutan la función de control a través de una secuencia de impulsos energéticos. Estos impulsos poseen tiempos de acción con niveles de energía establecidos, pero con duración de acción limitada. Los reguladores de dos posiciones que se utilizan en la tecnología de los electrodomésticos y de calefacción tienen sólo dos valores de control "on" y "off" (encendido y apagado). La desventaja es,

que debido a su rápida conexión, su funcionamiento es brusco. Además la oscilación del valor efectivo con relación al valor teórico es inevitable.

Por el contrario, los reguladores continuos intervienen ininterrumpidamente en el proceso, ejercitando por lo tanto, la función de control. De esta forma, se emiten señales de control continuo con un rango de selección entre el 0 y el 100%.



2-PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo)

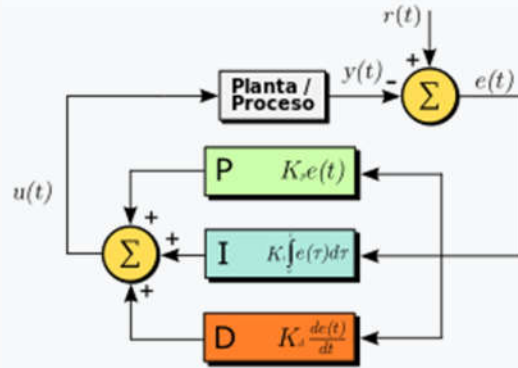


Diagrama de bloques de un controlador PID en un lazo realimentado.

Un **controlador PID (Controlador Proporcional-Integral-Derivativo)** es un mecanismo de control por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial. Este calcula la desviación o error entre un valor medido y un valor deseado. En resumen el PID está integrado por tres Acciones:

1.- Acción proporcional

- 1.1.- Generalidades
- 1.2.- Banda proporcional
- 1.3.- Acción directa e inversa
- 1.4.- Gráficas de respuestas del controlador
- 1.5.- Respuesta de un controlador proporcional
- 1.6.- El Off-Set

2.- Acción integral.

- 2.1.- Reducción automática del Off-Set
- 2.2.- Tiempo de acción integral
- 2.3.- Respuesta de un controlador P+I
- 2.4.- Ajuste manual de un regulador P+I

3.- Acción derivativa.

- 3.1.- Generalidades
- 3.2.- Respuesta de un controlador P+D (Ejemplo)

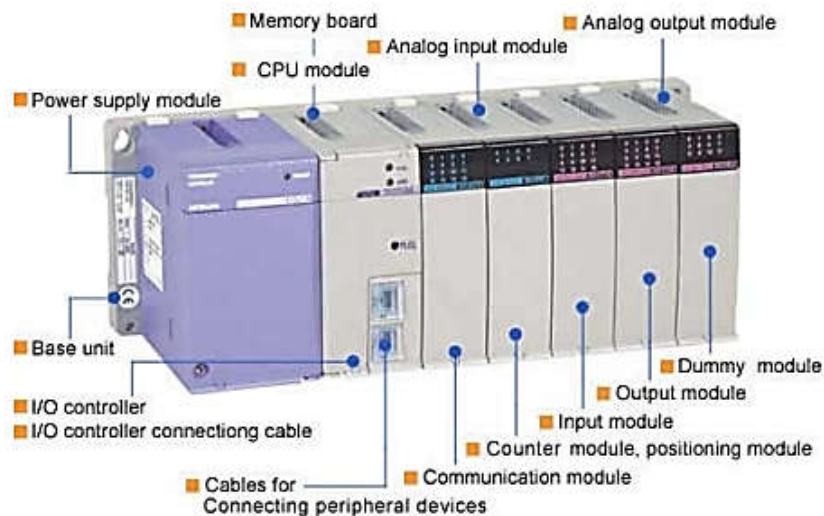
Esto es solo como conocimiento adicional. Se ofrecerá un curso completo en lo adelante, para los interesados en este tema.

3-PLC (Programable Logic Controller) Controlador Lógico Programable

Un Controlador Lógico Programable, o P.L.C. (Programmable Logic Controller) es un computador especialmente diseñado para automatización industrial, para el control de una maquina o proceso industrial.

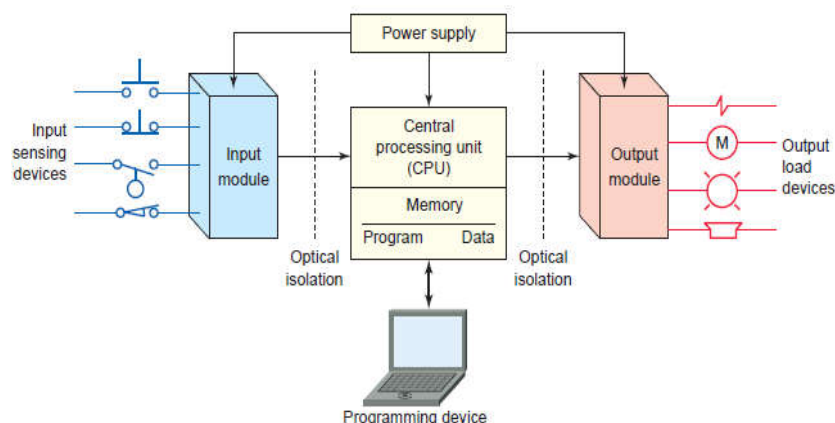
A diferencia de un computador tradicional, un PLC no tiene teclado, pantalla ni ratón, tampoco tienen disco duro ni Windows. Pero internamente si es un computador, con su hardware: procesadores, memoria, puertos de comunicación, etc. y con su software: un sistema operativo (que le llaman Firmware), y una programación, específica para la aplicación o el caso particular en que se esta usando.

La principal diferencia entre un PC y un PLC, es que el PLC contienen múltiples canales para medir distintas señales provenientes de sensores instalados en la maquina o proceso que controlan. Y también tienen canales de salida de señal que actúan sobre la maquina o proceso que controlan.



Un PLC permite controlar o proteger un proceso industrial, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones (alarmas), presentándolas en un HMI (Human-Machine Interface)

Abajo las secciones principales de un PLC



h-Reconocimiento de Fabricantes de Marcas (Refrigeración/AA:

-Es muy conveniente que el técnico o ingeniero se familiarice con las marcas de fábricas más relevantes del mercado de manera que pueda tener acceso a sus técnicas y sobre todo al reconocimiento de los códigos de averías (casi siempre asequibles en internet), los cuales, generalmente, son auténticas de cada fabricante. Las marcas de fábricas en el mercado más comunes son:

-Samsung; Frigidaire, Carrier, GE, W, LG, Mitsubishi; Fujitsu; Daikir; Keeprite; Copeland; Sharp; Panasonic; York, Kenmore, Whirlpool, Yonan Mini Split, Toshiba, Philco.

i-¿Cómo el Técnico debe recomendar un sistema de aire acondicionado?

¿Cómo debe un Técnico recomendar la mejor opción?

Comprar un sistema de aire acondicionado es una decisión importante y hay que considerar muchos detalles. Cuando el cliente tenga su espacio para el confort, el técnico lo estudiara y coleccionar los requisitos pertinentes para la elaboración del proyecto de elección e instalación del mejor sistema de refrigeración ayudando el bolsillo del cliente.

Pasos necesarios para el Técnico saber escoger el sistema más conveniente de aire acondicionado

- 1) Saber qué nivel de comodidad se quiere alcanzar.**
- 2) Conocer las condiciones climáticas actuales, ya que es real que año con año el clima se modifica de manera perceptible, factor natural que obliga a tomar las medidas necesarias para adaptarnos.**
- 3) Para saber qué tipo conviene (ventana, minisplit o multisplit) hay que identificar con exactitud el tamaño del espacio a acondicionar y el tipo de voltaje con el que se cuenta.**

4) Para determinar la capacidad necesaria hay que determinar con precisión diversos factores: ubicación de la casa, número y tamaño de ventanas, y si cuenta con aislamiento térmico o no.

“Hoy en día pasamos la mayor parte de nuestro tiempo en lugares cerrados, lo que nos lleva a respirar en una atmósfera más contaminada de lo que podríamos imaginar. En ocasiones, este aire es más sucio del que se aspira en el exterior, aun en las grandes ciudades. Esta circunstancia puede provocar que la productividad de una empresa se vea mermada por la incomodidad de los empleados en su espacio de trabajo, ya sea por el calor o los malos olores; de igual forma, si el aire que se está respirando no se renueva puede llevar a contraer enfermedades”

¿Cuál se elige?

Los tipos de aire acondicionado que hay en la actualidad se dividen en: de ventana, split y portátiles.

De ventana: Se los reconoce por su tamaño, ruido y a veces por el agua que despiden hacia fuera de los lugares que refrigeran. Aunque la tecnología logró mejorar este tipo de máquinas, su colocación requiere de un trabajo de albañilería, pues hay que modificar la arquitectura para colocarlo. En materia de estética los de ventana son en general grandes aparatos cuadrados cuya tosquedad está lejos de competir con los diseños anatómicos y sutiles de las versiones modernas. Estos ya están descartados.

Split: Son los tecnológicamente más jóvenes, no requieren de ninguna modificación arquitectónica para instalarlos en tu casa. Son dos unidades vinculadas por una tubería, muy cómodas de instalar y absolutamente silenciosas. Los portátiles generalmente son adquiridos por las empresas, y son los más caros y poco prácticos para el hogar.

¿Qué capacidad de equipo se necesita?

El técnico, según sus cálculos acompañados de su experiencia, normalmente asume que por cada 12 mil BTU (1 ton) se pueden acondicionar entre 16 y 20 m². Sin embargo, esto puede variar, dependiendo de cuán calurosa sea la zona en la que está ubicada la casa.

En cuanto a las especificaciones es muy común que la gente piense que un equipo de 220 V consume menos energía que uno de 110. Sin embargo, la compañía de luz nos cobra el uso de kW por hora. Entonces, lo que debemos observar en el equipo que compremos es cuántos W consume. Así también llegaremos a conocer, y tal vez con sorpresa, que prácticamente los equipos consumen la misma cantidad de W, independientemente del voltaje.

¿De qué tamaño?

A fin de enfriar y deshumidificar apropiadamente una casa es importante que el aire acondicionado tenga el tamaño correcto.

Un sistema muy grande no quitará la humedad del aire y un sistema muy pequeño no mantendrá la casa fría en los días más cálidos.

No obstante, para elegir el tamaño del aire acondicionado no sólo hay que considerar el tamaño de la casa, además hay que tener en cuenta otros factores, como:

- **temperatura**
- **humedad**
- **ventanas (que permiten entrada de calor exterior)**
- **nivel de aislamiento del techo**
- **cuántas personas viven en la casa y cuál es su estilo de vida**

Otras consideraciones

La capacidad del acondicionador de aire debe ser adecuada para el cuarto. Una unidad grande no es necesariamente mejor. Una unidad más pequeña que está encendida durante un periodo prolongado funciona con mayor eficiencia y deshumidifica mejor el aire que una unidad grande que se enciende y se apaga por ciclos con demasiada frecuencia.

El Técnico debe tener en cuenta las condiciones del sistema eléctrico de la casa y que pueda cumplir con los requisitos del acondicionador de aire elegido. Algunos modelos funcionan a 120 V, otros a 220V, pero otros requieren un voltaje distinto. Verificar que la unidad nueva tenga la fuente de energía adecuada. Recordar que los acondicionadores de aire con relojes automáticos y termostatos programables ayudan a reducir el consumo de energía eléctrica.

El Técnico debe tener en cuenta las Recomendaciones para el ahorro de energía.

•Una vivienda promedio con aire acondicionado consume más de 2 mil kW cada año para ser enfriada. Los acondicionadores de aire de alta eficiencia pueden reducir el consumo de energía entre 20 y 50 por ciento, y recuerda que las mejores unidades del mercado son hasta 70 por ciento más eficaces que los aparatos de aire acondicionado viejos.

Opciones en el mercado: Elección del Equipo.

Como técnico de experiencia, ya tendrás la suficiente experiencia para la elección del mejor equipo a tu juicio. Muchas empresas tienen diferentes opciones en el mercado, que trabajan principalmente con sistemas de aire acondicionado para confort en casas y oficinas, que van desde las simples unidades de ventana y sistemas minisplit, hasta sistemas multi con arreglos de compresores MPS.

Hoy la mejor opción es la de utilizar la Tecnología Inverter, cuyos compresores de velocidad variable (inverter) para sistemas de refrigeración representa un ahorro de energía de hasta 70 por ciento, comparado con un sistema tradicional de velocidad constante. Estos equipos constan de monitoreo opcional para un uso óptimo del sistema desde un puesto central”

De manera que es un procedimiento muy individual del cliente que depende de la compañía elegida y de la experiencia de sus técnicos.

Tú como técnico, no te detengas. Cada día aprende algo nuevo y mantente al día en todas las tecnologías que tienen que ver con tu carrera y oficio, así ayudara también el crecimiento de tus ingresos y no permitirá que otro técnico ocupe tu lugar por falta de más conocimientos.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

APENDICE

A-1-APLICACIONES y 2-VENTAJAS DEL VFD:

1-Aplicaciones de los variadores de frecuencia

Ya hemos visto que los variadores de velocidad se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipo de aire acondicionado, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras..

- **Cintas transportadoras:** Puede regularse la velocidad de producción según el tipo de producto a transportar. También evita golpes al transportar materiales delicados como por ejemplo botellas y envases evitando la caída y rotura de estos.
- **Bombas y ventiladores centrífugos para controlar el caudal** en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- **Bombas de desplazamiento positivo para controlar el caudal y dosificación** con precisión, controlando la velocidad.
- **Ascensores y elevadores para obtener un arranque y parada suaves y pudiendo obtener** diferentes velocidades para aplicaciones distintas.
- **Extrusoras:** El control de la Velocidad del tornillo de las Extrusoras es uno de los factores clave que afectan la calidad del producto.
- **Prensas mecánicas y balancines, se evitan desperdicios de materiales al obtener** arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.
- **Máquinas textiles.** Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.
- **Compresores de aire.** Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.
- **Bombas de extracción pudiendo adecuar la** velocidad de acuerdo a las necesidades del pozo.

2-Ventajas de utilizar variadores de frecuencia en motores asíncronos

- Instalación y mantenimientos sencillo ya que la conexión del cableado es muy sencilla.
- Aumenta la vida útil del motor al permitir arranques y frenados suaves, progresivos y sin saltos
- Protege el motor, puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida del equipo
- Limita la corriente de arranque
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo
- Puede controlarse a través de un PLC
- Se consigue un importante ahorro de energía en algunas aplicaciones
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor

- Permite ver y controlar las variables

- [REGRESAR AL CONTENIDO](#)

B-Medidores Eléctricos para Mantenimiento y Averías.

1-Amperímetros



Amperímetro de pinza.

[Amperímetro](#)

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.² En su diseño original los amperímetros están constituidos, en esencia, por un [galvanómetro](#) cuya escala ha sido graduada en amperios. En la actualidad, los amperímetros utilizan un [convertor analógico/digital](#) para la medida de la caída de tensión sobre un [resistor](#) por el que circula la corriente a medir. La lectura del convertor es leída por un [microprocesador](#) que realiza los cálculos para presentar en un [display](#) numérico el valor de la corriente circulante.

2-Voltímetros

: [Voltímetro](#)

Dos voltímetros digitales.

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la [diferencia de potencial](#) o voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico cerrado pero a la vez abierto en los polos. Los voltímetros se clasifican por su funcionamiento mecánico, siendo en todos los casos el mismo instrumento:

- Voltímetros electromecánicos: en esencia, están constituidos por un galvanómetro cuya escala ha sido graduada en voltios. Existen modelos que separan las corrientes continua y alterna de la señal, pudiendo medirlas independientemente.
- Voltímetros electrónicos: añaden un [amplificador](#) para proporcionar mayor [impedancia](#) de entrada y mayor sensibilidad.

- Voltímetros vectoriales: se utilizan con señales de microondas. Además del módulo de la tensión dan una indicación de su fase.
- Voltímetros digitales: dan una indicación numérica de la tensión, normalmente en una pantalla tipo LCD. Suelen tener prestaciones adicionales como memoria, detección de valor de pico, verdadero valor eficaz (RMS), selección automática de rango y otras funcionalidades.

Para efectuar la medida de la diferencia de potencial el voltímetro ha de colocarse *en paralelo*,

3-Óhmetro



: [Óhmetro](#)

Un óhmetro u ohmímetro es un instrumento para medir la [resistencia eléctrica](#). El diseño de un óhmetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia. La escala del galvanómetro está calibrada directamente en [ohmios](#), ya que en aplicación de la ley de Ohm, al ser el voltaje de la batería fijo, la intensidad circulante a través del galvanómetro sólo va a depender del valor de la resistencia bajo medida, esto es, a menor resistencia mayor intensidad de corriente y viceversa.

4-Multímetro

[Multímetro](#)



Multímetro digital donde pueden medirse varias magnitudes eléctricas.

Un multímetro, llamado también polímetro o *tester*, es un instrumento que ofrece la posibilidad de medir distintas magnitudes en el mismo aparato. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro. Es utilizado frecuentemente por el personal técnico en toda la gama de electrónica y electricidad. Existen distintos modelos que incorporan además de las tres funciones básicas antes citadas otras mediciones importantes, tales como medida de [inductancias](#) y [capacitancias](#); comprobador de [diodos](#) y [transistores](#); o escalas y [zócalos](#) para la medida de temperatura mediante [termopares](#) normalizados

5-Osciloscopio

: [Osciloscopio](#)



Se denomina osciloscopio a un [instrumento de medición](#) electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo, que permite visualizar fenómenos transitorios así como formas de ondas en circuitos eléctricos y electrónicos y mediante su análisis se puede diagnosticar con facilidad cuáles son los problemas del funcionamiento de un determinado circuito. Es uno de los instrumentos de medida y verificación eléctrica más versátiles que existen y se utiliza en una gran cantidad de aplicaciones técnicas. Un osciloscopio puede medir un gran número de fenómenos, si va provisto del transductor adecuado.

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

C-Cómo medir la tensión de salida desde un VFD a un motor

| [Motores, sistemas de impulsión, bombas, compresores](#)

Aprenda la secuencia de mediciones paso a paso para evaluar los factores de salida de un variador de frecuencia cuando se solucionen los problemas en las señales eléctricas



Si soluciona problemas de las señales eléctricas en un motor o sistema de variación, piense en ello en términos de tensión de entrada contra la de salida. Un variador de frecuencia (VFD) transforma la alimentación eléctrica de entrada de la tensión y frecuencia constantes en un rango de tensión y frecuencia que puede variar para controlar la torsión del motor. La solución de problemas en la entrada inicia con la comprobación del suministro de energía y la calidad.

La solución de problemas en la salida inicia con la medición de dichas tensión y frecuencia transformadas. En este artículo se revisa toda la secuencia de medición para la evaluación de los factores VFD de salida:

- Bus de CC
- Voltaje/corriente/frecuencia de salida
- Desequilibrio
- Relación voltios/hercios
- Reflejos de salida

La **figura 1** ilustra los componentes en un convertidor de CA a CC con entrada de VFD y señal de salida de modulación por anchura de pulso, con el enlace CC en un punto intermedio. En un VFD, el inversor de modulación por anchura de pulso (PWM) regula la tensión y la frecuencia en el motor. La tensión y la frecuencia en el motor varían mediante la modulación de la anchura de los pulsos de salida, lo cual se logra mediante el control del interruptor del semiconductor.

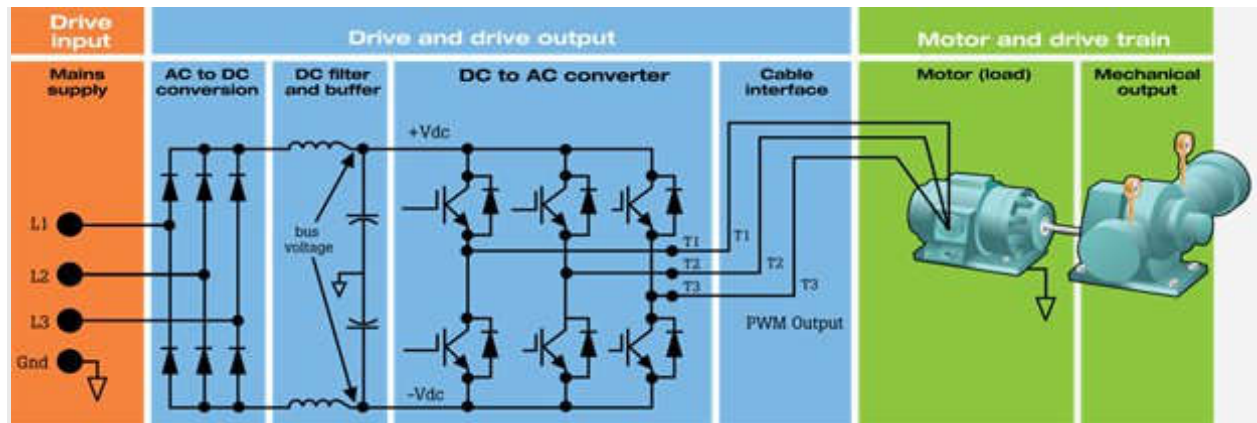


Figura 1. La visualización de un motor o sistema de variación como tres segmentos (entrada, salida y carga) ayuda a clarificar qué mediciones y pasos se deben realizar en cada segmento para la solución de problemas específicos.

Los diodos de la entrada proporcionan un búfer constante de CC en la sección del inversor de conmutación, equivalente a 1414 veces el pico de la tensión de entrada. El capacitor actúa como un filtro para reducir la ondulación en la sección de CC.

Los dispositivos de control en la sección del inversor usualmente son transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) y actualmente contienen la energía suficiente para soportar cargas de hasta 500 hp.

Paso 1: medir la tensión de CC del bus

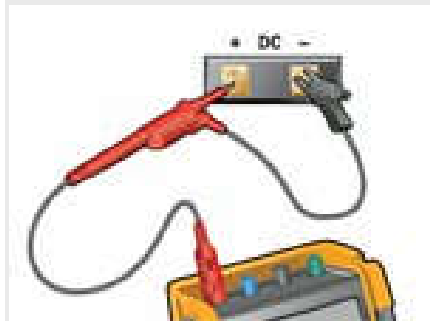


Figura 2. Conexión de un osciloscopio para medir la tensión del búfer en CC negativa y positiva.

Un osciloscopio se puede usar para medir el valor absoluto de la tensión de CC rectificadas. Si esta se acopla en CC, también se puede usar para ampliar la señal y ver la magnitud de la ondulación (ver la **Figura 2**).

- Mida la tensión del bus en CC en todas las terminales positivas y negativas por medio de un osciloscopio o un multímetro digital (DMM).
- Utilice un acoplamiento de entrada para medir las tensiones absolutas o de ondulación.
- Asegúrese de que el osciloscopio y la sonda estén bien valoradas para medir el nivel de tensión.
-

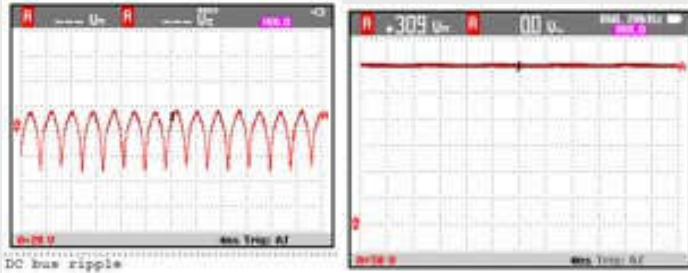
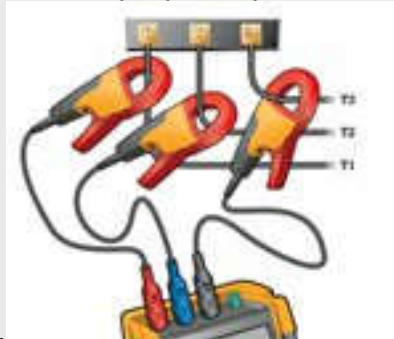


Figura 3. Estas dos pantallas muestran un ejemplo de trazos de formas de onda acopladas en CC frente a las acopladas en CA a partir de un osciloscopio que se usa para examinar todas las tensiones de ondulación



y en CC.

Figura 4. Use un osciloscopio con entradas aisladas eléctricamente y clasificación de seguridad apropiada para llevar a cabo



mediciones diferenciales en la salida trifásica.

Mida la corriente a través de cada fase mediante pinzas amperimétricas apropiadamente clasificadas.

Figura 5.

Interpretación de las mediciones del bus de CC

La tensión del bus de CC está relacionada con la tensión de pico de la entrada principal.

- La tensión de CC del bus es ~ 1414 x la tensión de línea rms. Por ejemplo, para un variador de 480 VCA, el bus de CC debe ser ~ 678 VCC.
- Un valor de tensión de CC demasiado bajo puede ocasionar que el variador del motor se dispare. Ante dicha causa, la tensión de entrada principal probablemente sea demasiado baja o es posible que la onda sinusoidal de entrada presente distorsión por recorte de cresta de los máximos de amplitud.
- Si los máximos de ondulación tienen un nivel repetitivo diferente, puede ser indicador de que uno de los diodos del rectificador está dañado (esto depende de la carga). Las tensiones de ondulación que superan los 40 V pueden deberse

a un funcionamiento incorrecto de los capacitores o a una especificación del variador que es demasiado pequeña para la carga y el motor conectados (ver la **figura 3**).

Paso 2: medición de la tensión y el desequilibrio

- Utilice un osciloscopio con una función V PWM conectado entre las tres terminales del motor (ver **figura 4**).
- Compare las lecturas del osciloscopio con los valores en la pantalla del variador.
- La caída de tensión entre las terminales del variador y el motor no debe exceder el 3 %.
- El desequilibrio mayor a 2 % ocasiona problemas.
- Utilice un osciloscopio multicanal para comprobar el desequilibrio de tensión del motor en las tres fases de salida.
- Mida la tensión en cada terminal y registre cada tensión medida para usarla en el siguiente paso.
- Mida el desequilibrio de tensión a carga plena.

Paso 3: medición del desequilibrio de corriente

Utilice un osciloscopio con una pinza amperimétrica en las tres terminales de salida del variador de forma independiente para medir el consumo de corriente en cada terminal (ver **figura 5**).

Ya que la medición de corriente se realizará en un entorno con elevado ruido eléctrico y altos niveles de energía, asegúrese de usar la pinza amperimétrica adecuada. Si la configuración de prueba no evalúa de manera automática el desequilibrio, consulte el recuadro que dice "Cálculo manual del desequilibrio".

El nivel de desequilibrio no debe exceder el 10 %.

- Por cada 1 % de desequilibrio de tensión, el desequilibrio de corriente del motor será de entre un 3 y un 4 %.
- Si el desequilibrio de tensión es bajo, el desequilibrio de corriente excesivo podría indicar un cortocircuito en los devanados del motor o un cortocircuito en las fases a tierra.
- En general, el desequilibrio de corriente de los motores trifásicos no debe superar el 10 %.
- El desequilibrio de tensión tendrá como resultado un desequilibrio de corriente.
- Si el desequilibrio de tensión está dentro de los límites aceptables, cualquier desequilibrio de corriente excesivo detectado podría indicar un cortocircuito en los devanados del motor o en las fases a tierra.

Paso 4: relación voltios/hercios

La relación tensión-frecuencia (medida en hercios) determina la cantidad de torsión generada por un motor de inducción de CA. Al mantener constante esta relación, el campo magnético dentro del motor se mantiene a un nivel constante. Esto da como resultado una torsión constante.

Por encima de la frecuencia nominal de 60 Hz, la tensión dejará de aumentar y la torsión descenderá (ver **figura 6**).

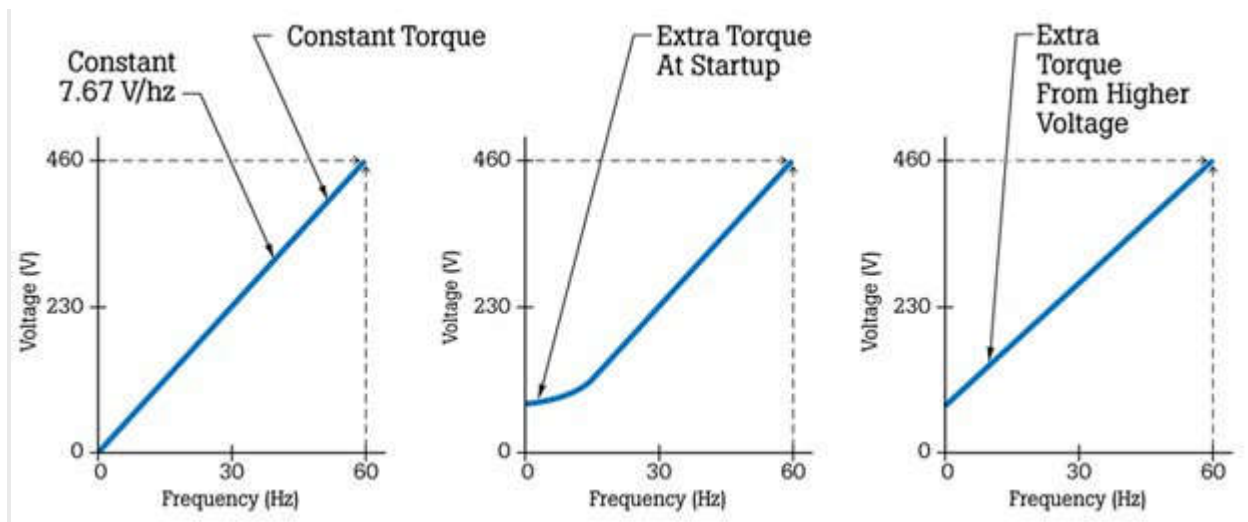
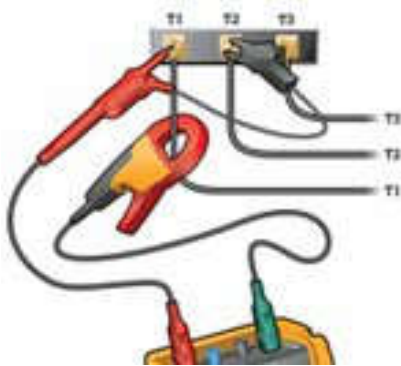


Figura 6. La tensión y la frecuencia en aplicaciones de torsión constante con caballos de potencia variables se pueden medir de manera sencilla para verificar la programación del variador y el funcionamiento del motor adecuados. Figura 7.

Configuración para la conexión de la entrada del osciloscopio a fin de medir la tensión de salida y conexión de una pinza amperimétrica para medir la frecuencia de salida.

Figura 8. Note los picos de tensión en el borde de fuga de esta señal de modulación por anchura de pulso (PWM), captada por un osciloscopio. Para medir la relación voltios/hercios, utilice un multímetro digital con una opción de V PWM, donde V PWM refleja la amplitud de la frecuencia fundamental, o un osciloscopio. El osciloscopio debe mostrar de manera simultánea la frecuencia de la

salida de PWM y una tensión similar a las especificaciones de la placa del fabricante (ver **figura 7**).

Utilice una pinza amperimétrica para medir la frecuencia. Esta debe ser ~ 7.6 para los motores de 460 V, ~ 3.8 para los motores de 230 V.

Paso 5: reflejos de salida

Los reflejos se producen como resultado de una discrepancia en la impedancia o un cambio en la ruta de transmisión de corriente (ver **figura 8**). En un circuito de variador de velocidad, el pico de reflexión podría ser tan alto como el nivel de tensión del bus de CC.

A modo de analogía, considere lo que le pasa a un rociador de jardín cuando el flujo de agua cambia momentáneamente debido a que una persona pisa la manguera de goma. La presión en la cabeza del rociador cambia la carga máxima mientras se libera la presión acumulada. El uso de un cable demasiado largo (>100 pies) también puede dar como resultado reflejos en toda la longitud, cuantificables como transitorios.

El reflejo por sí mismo se manifiesta como picos en la pantalla de un osciloscopio en un amplio rango de formas de onda, amplitudes y duraciones. Como regla general, los reflejos o transitorios $>50\%$ de la tensión nominal son una fuente de problemas.

Una posible solución incluye reducir los conductores entre el motor y el inversor. Otra solución es aumentar la categoría de cableado, lo que reduce la impedancia o la conmutación en motores con especificaciones para inversor con un valor de aislamiento más alto de 1600 V o superior, de modo que sea capaz de soportar los transitorios.

La mayoría de los reflejos son generados por una conmutación rápida de tensión de CC por los IGBT (dV/dt). El IGBT es un elemento del variador que funciona como un interruptor muy rápido de encendido/apagado. El IGBT genera una tensión de CC como una señal de PWM en una carga inductiva. Esto provoca tensiones inductivas muy elevadas durante un breve período de tiempo (conmutación), que también se conoce como dV/dt .

El IGBT posee un diodo con rueda libre integrada para compensar esto. Sin embargo, los transitorios están visibles cuando se activa la configuración de "detección de fallas" del osciloscopio.



Figura 9. Esto muestra una captura de pantalla en el osciloscopio de una señal PWM del variador con reflejos excesivos (trazo de entrada B)."

Medición e interpretación de los reflejos de salida

La mayoría de los multímetros digitales no cuentan

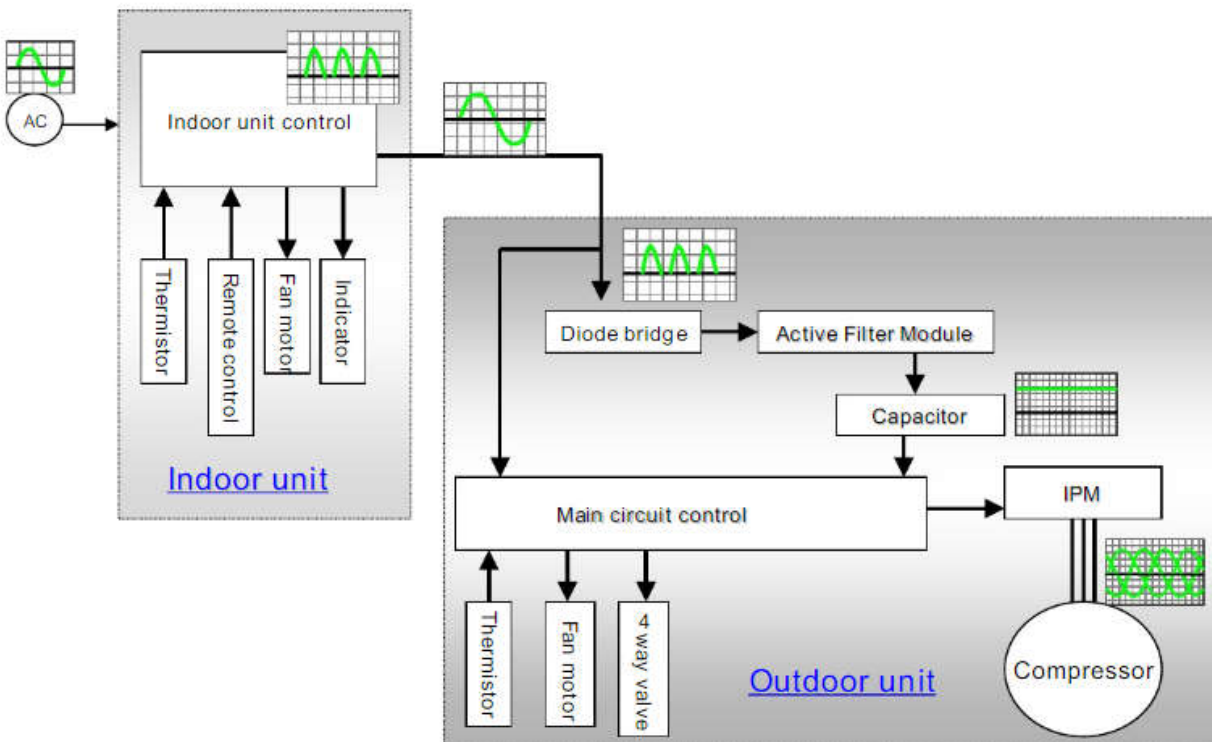
con la tasa de muestreo y ancho de banda de la frecuencia para detectar transitorios de salida cortos y rápidos. Por este motivo, use un osciloscopio conectado a las terminales del motor, como se ilustra en la figura 3. El trazo de entrada B en la **figura 9** muestra cómo aparecen los reflejos excesivos en vista de forma de onda. Saber cómo luce una distorsión en particular ayuda a reducir el tiempo necesario para identificar una causa fundamental.

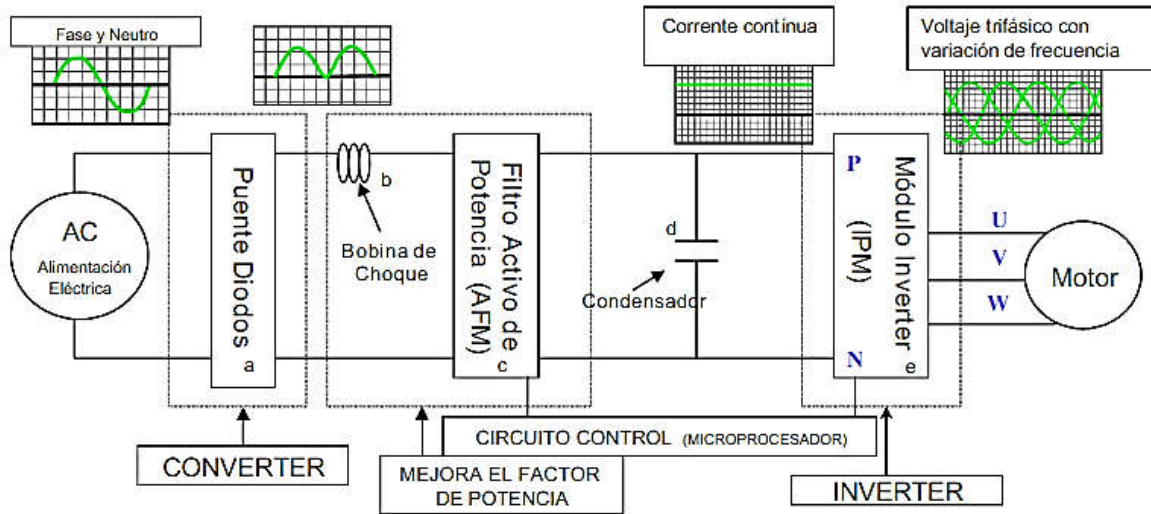
Conclusión

Para determinar la causa fundamental de las fallas en un sistema variador del motor, se deben llevar a cabo pruebas sistemáticas de rendimiento y mediciones en puntos clave dentro del sistema. Específicamente en lo que concierne al suministro de energía, diferencie entre la entrada y salida de energía y aplique ambas técnicas de medición distintas y el criterio de evaluación en cada uno. Con algo de conocimiento, dichas mediciones pueden guiar la solución de problemas hacia la causa fundamental real, lo que pondrá en funcionamiento al sistema lo más rápido posible.

-OTRAS PRUEBAS DE Voltajes de RECONOCIMIENTO POR AVERIAS en las Tarjetas: IPM (Indoor/Outdoor)

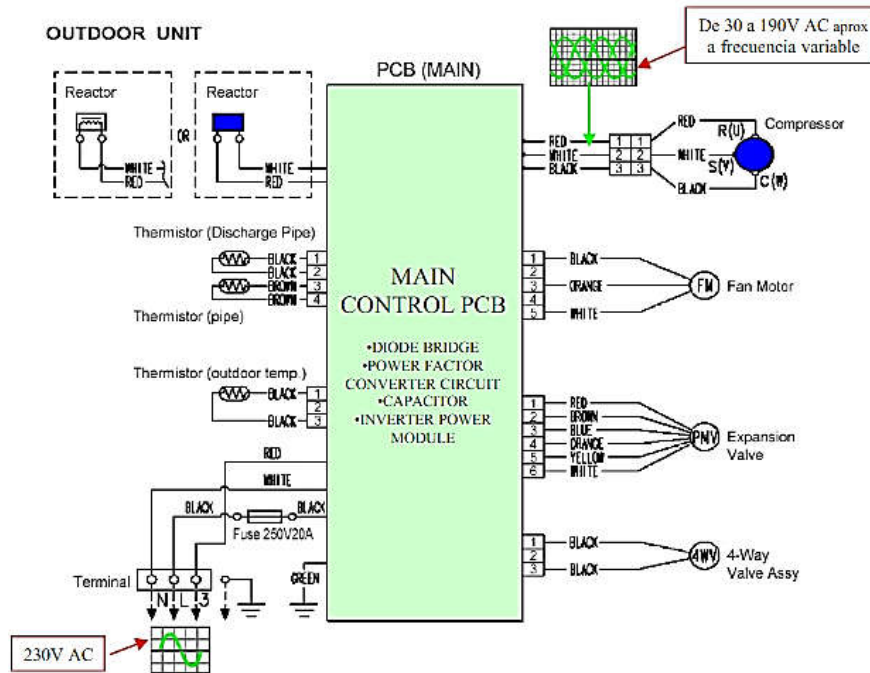
Veremos los parámetros a tomar en cuenta en las averías en la tarjeta IPM en la sección de Power.



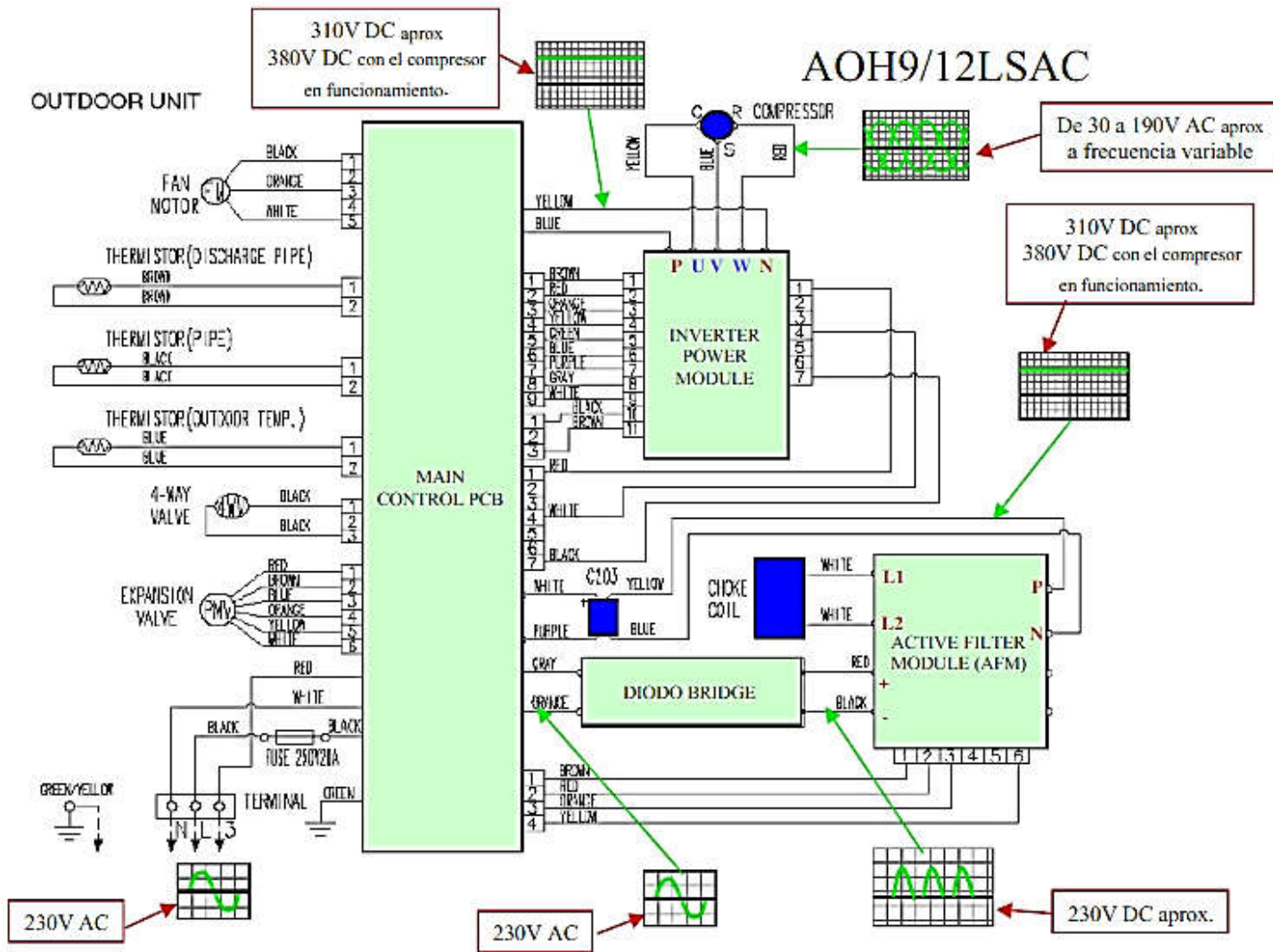


- a) Se cambia la diferencia de potencial a una onda positiva usando un puente de diodos conectado a la entrada de suministro de AC (Rectificación en la onda positiva)
- b) La bobina de choque conserva constante la variación de corriente y quita las pulsaciones del rectificador de corriente DC.
- c) El filtro activo de potencia suprime la alta frecuencia de armónicos generados durante la rectificación y mejora el factor de potencia.
- d) Mediante el condensador, el voltaje de salida del filtro activo de potencia se convierte en DC estable..
- e) El modulo inverter, compuesto de 6 transistores alimentados del voltaje de salida del AFM, modifica la alimentación del motor mediante el control PWM ó PAM.

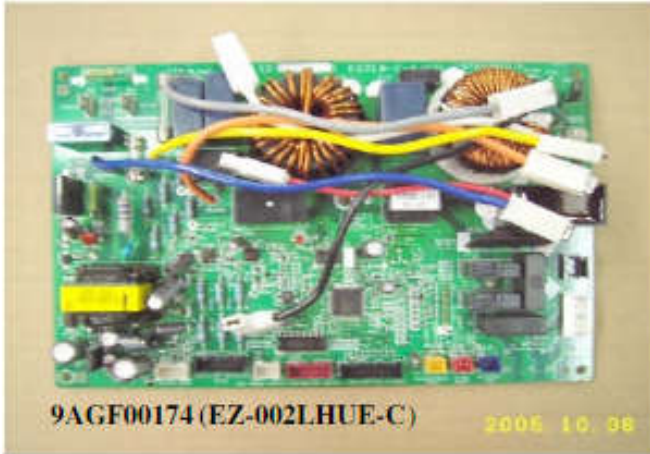
AOH9/12LFBC



Voltajes en la Tarjeta outdoor con los elementos básicos.



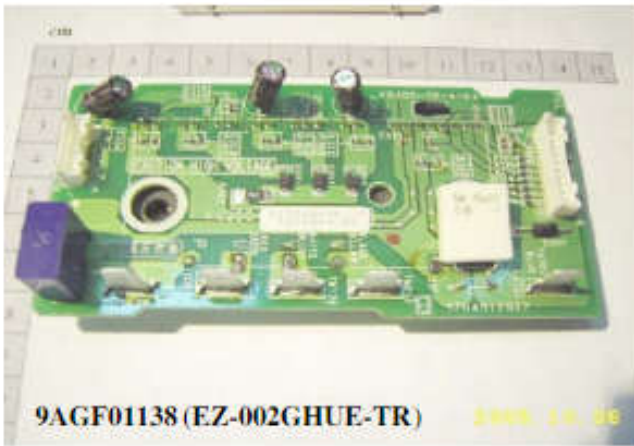
Voltajes en una tarjeta exterior (Outdoor) principal PCB



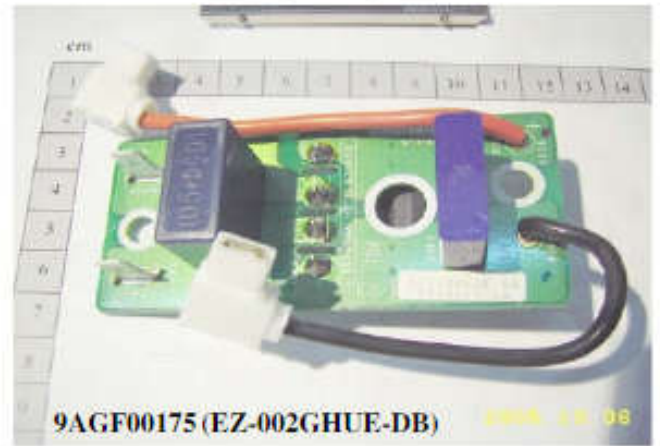
CONTROLLER PCB



ACTPM PCB (AFM)

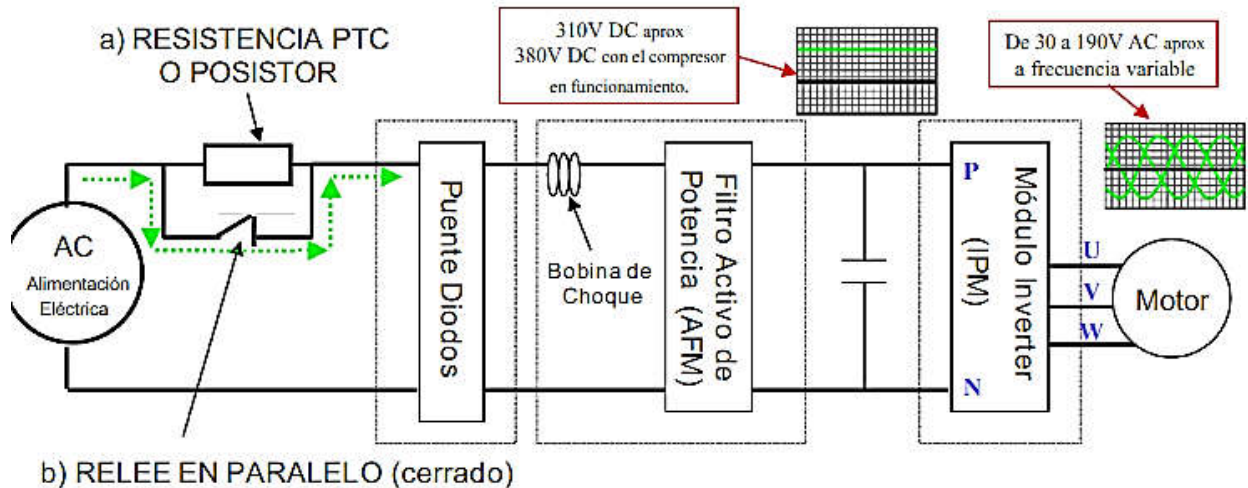


IPM (TR PCB ASSY)



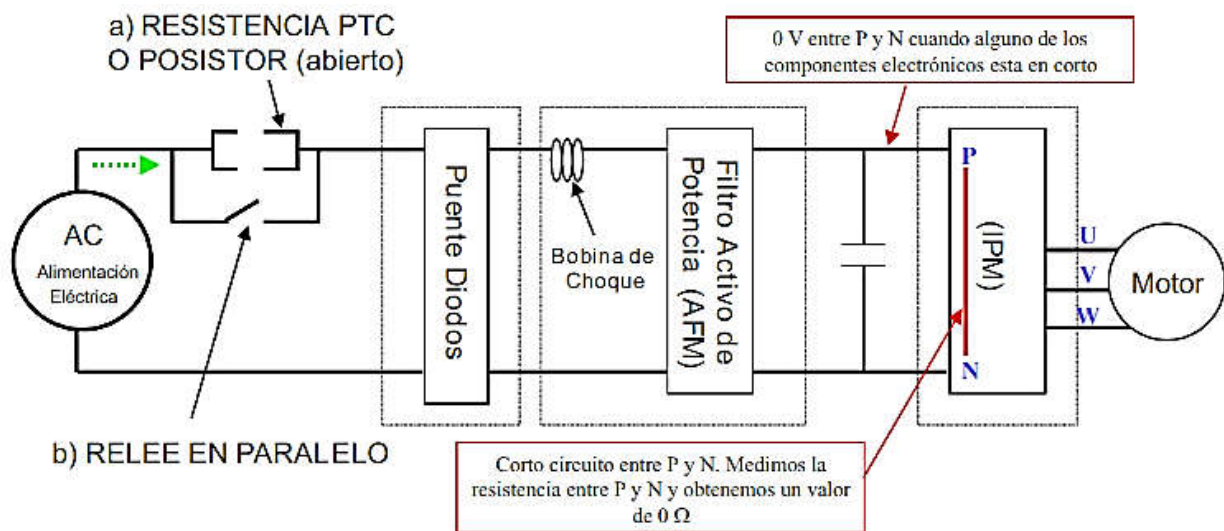
DIODE BRIDGE PCB

Las tarjetas independientes: Controladoras PCB (Panel Control Board) y AFM (Active Filter Module), La IPM y el Puente Rectificador Bridge PCB



Con el compresor parado, cuando le llegan los 230V AC a la unidad exterior, la pequeña intensidad que se consume pasa por el posistor (a). La placa de control detecta los 310V DV entre P y N, y da el OK para que arranque el compresor, por lo que cierra el relé (b).

Por lo tanto, con el compresor en funcionamiento y el relé (b) cerrado, toda la intensidad para por el relé.



Que pasa si el relé no cierra? La intensidad pasará por el posistor. Al calentarse abre y corta la alimentación al puente rectificador de diodos. Dejamos de tener tensión entre P y N. Obtenemos error de comunicación. Obtenemos error de comunicación de unidad exterior a interior.

Que pasa si se ha quemado algún componente electrónico de la unidad exterior, por ejemplo el IPM, y no hay resistencia entre P y N? Cuando llegan los 230V AC a la unidad exterior, se crea una intensidad de cortocircuito. Esta intensidad pasará por el posistor (ya que la máquina todavía no ha dado el Ok y no ha cerrado el relé). Esto provoca que el posistor abra y corte la alimentación de la máquina. No tenemos tensión entre P y N. Obtenemos error de comunicación de unidad exterior a interior.

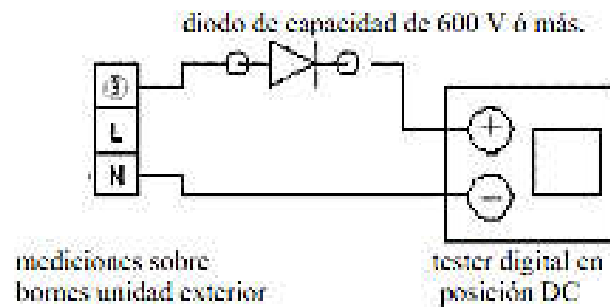
Comprobación de la señal de Comunicación

- Funcionamiento normal entre unidad interior y unidad exterior. (En las unidades alimentadas directamente a la unidad exterior, se puede leer la señal de comunicación sin necesidad de poner la unidad interior en funcionamiento).

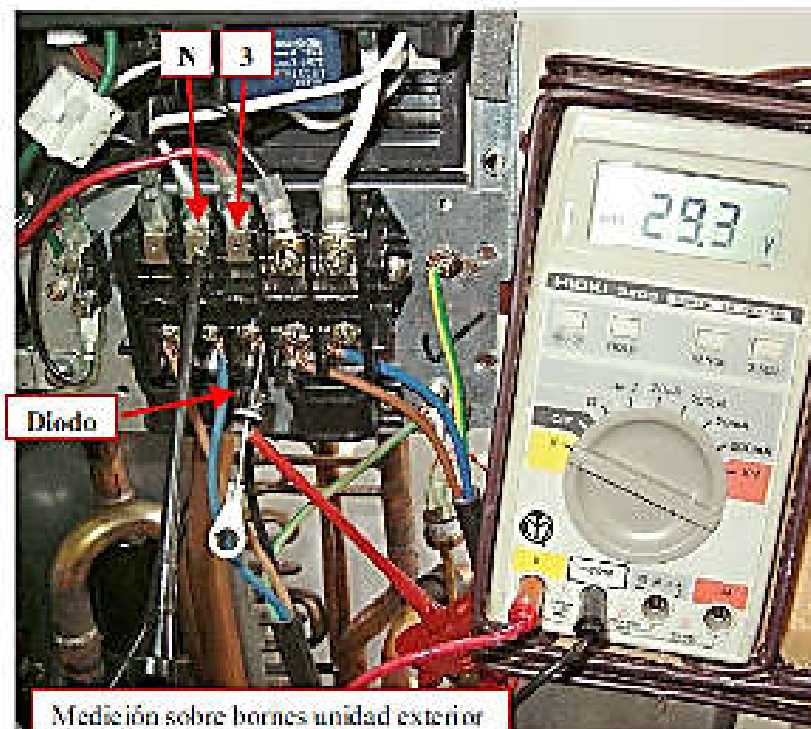
Punto 1 – Medición señal comunicación que la unidad interior envía a la exterior

FORWARD SIGNAL (UD. INTERIOR → UD. EXTERIOR)

1º) Borne 3 a entrada del diodo, + del tester a salida del diodo y – del tester a la borne N



Tenemos que obtener una tensión de 30V a 50V DC (puede dar puntualmente 0V)

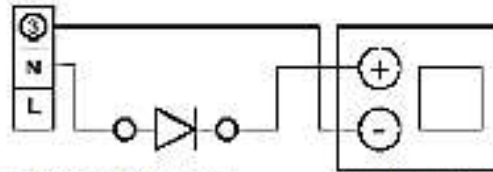


Punto 2 - Medición señal comunicación que la unidad exterior envía a la interior

REVERSE SIGNAL (UD. EXTERIOR → UD. INTERIOR)

2º) Borne N a entrada del diodo, + del tester a salida del diodo y - del tester a la borne 3

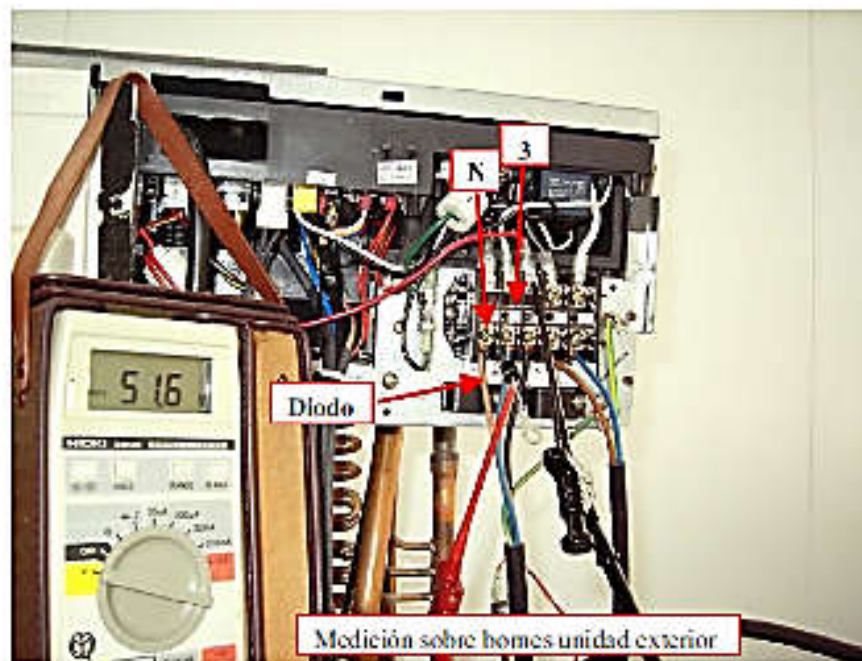
mediciones sobre
bornes unidad exterior



diodo de capacidad de 600 V ó más

tester digital en posición DC

Tenemos que obtener una tensión de 20V a 50V DC



IPM error

Error Protección IPM – Condición anormal del módulo inverter

Cuando la corriente que fluye del módulo inverter es mayor de lo normal, el compresor se parará. Si la misma operación se repite durante 3 veces consecutivamente la reiniciarse el compresor, el compresor se para definitivamente y el led de la unidad interior nos indicará el error.

Puntos a comprobar:

1. Entrada o salida de aire de la batería exterior está bloqueada.
2. Comprobar el estado del ventilador de la unidad exterior.
3. Revisar el módulo inverter o placa de control si ésta lo incluye.
4. Comprobar la resistencia de las bobinas del compresor y estado de las conexiones.
5. Revisar el estado de la EEV y de los sensores de temperatura

Compressor position detection error

Error detección posición del rotor del compresor

La velocidad del compresor no se sincroniza con la señal de control, incluyendo el fallo en el arranque del compresor. Por ejemplo obtendremos este error si intentamos arrancar un compresor que está bloqueado.

Puntos a comprobar:

1. Comprobar que la válvula de 2 vías o 3 vías se haya quedado abierta.
2. Comprobar la resistencia de las bobinas del compresor y estado de las conexiones.
3. Revisar el estado de la EEV y de los sensores de temperatura.
4. Placa de control defectuosa.

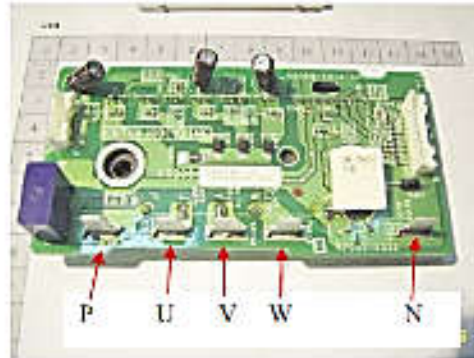
[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

Comprobación del Módulo Inverter IPM

Punto 2 - Medición de los valores del módulo inverter

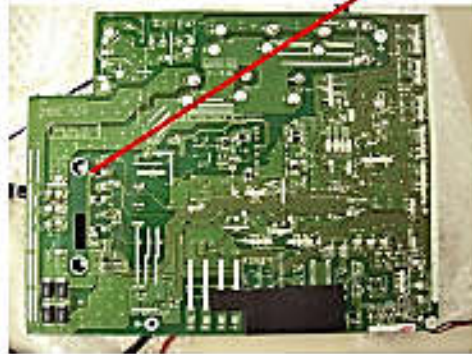
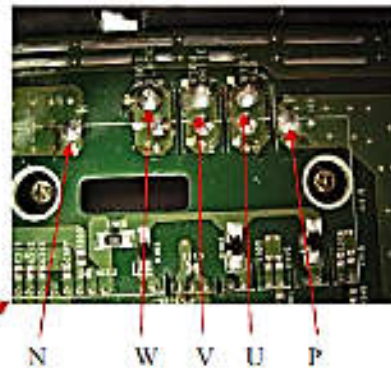
Desconectar todos los cables del módulo inverter, debemos obtener los siguientes valores de resistencia en el módulo inverter:

Multimeter		Resistencia
-	+	
P	U	1M Ohm ó más
	V	
	W	
U	N	
V		
W		



En el caso de las unidades exteriores con una sola placa o con placa de control que incorpora el módulo inverter, para la unidad exterior AOH45LJAYL hemos obtenido los siguientes valores (deseconectado los cables del U-V-W y P-N):

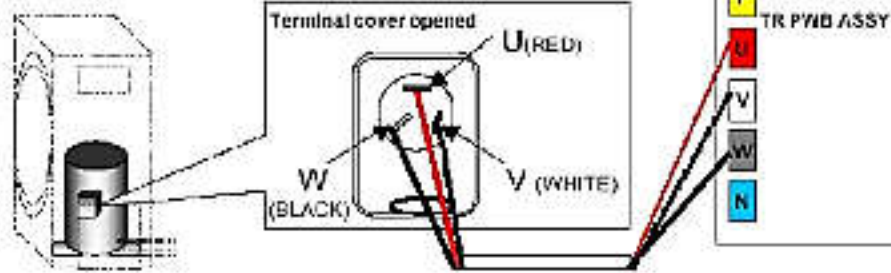
Multimeter		Resistencia
-	+	k Ω
P	U	370
	V	330
	W	373
U	N	368
V		325
W		369



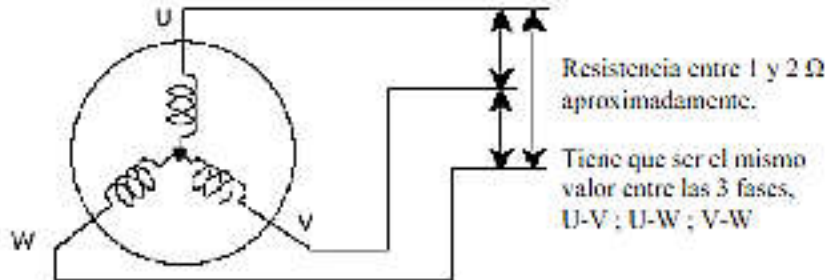
Comprobación del Compresor

Punto 1 - Comprobación de las conexiones

• Check the connection to each terminal.

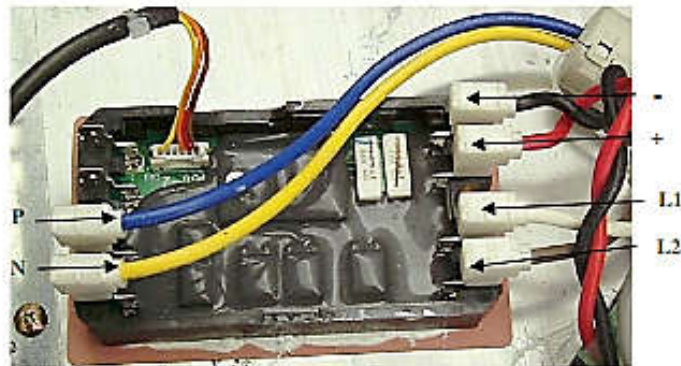


Punto 2 - Comprobación del valor óhmico del bobinado



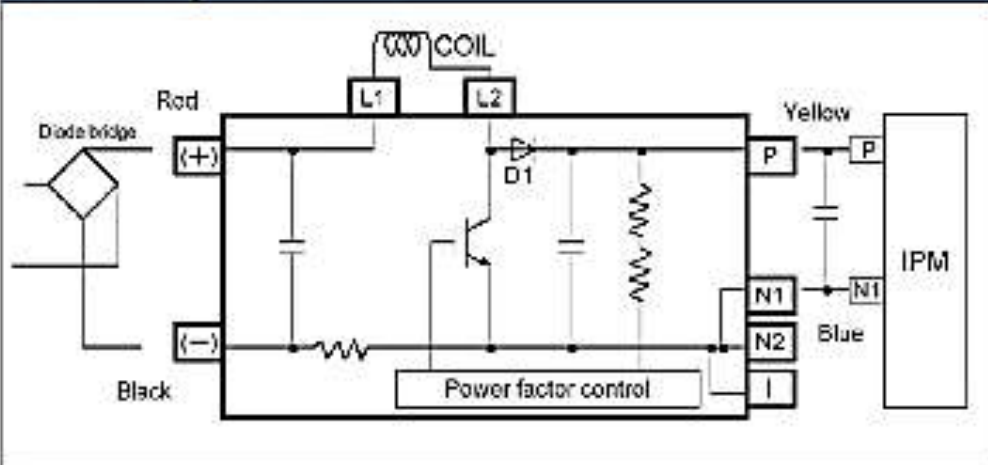
Comprobación del ACTIVE FILTER MODULE (AFM)

(2/2)



-desconectar todos los cables del modulo y medir los valores óhmicos según esquema

Punto 1 - Comprobar conexiones



Punto 2 - Comprobar circuito (abierto/cerrado)

Bornes del AFM	Tester digital		Resistencia
	Rojo (+)	Negro (-)	
Puente	+	-	>350 kΩ
	-	N1	0 Ω
IPM	P	N1	> 350 kΩ
	L2	P	> 1 MΩ

Punto 3- Comprobar de tensiones (PRECAUCIÓN ALTA TENSION)

Condición	Puntos de medición		Normal
Stand-by	+	-	DC 220 V
	P	N1	DC 305 V
Compresor funcionando	+	-	DC 190 V (aprox)
	P	N1	DC 370 V

Modulo del Filtro Activo

Comprobación del ACTIVE FILTER MODULE (AFM) (2/2)



Comprobación del Puente Rectificador de Diodos (1/2)

Punto 1 - Comprobar conexiones

Punto 2 - Comprobar conexiones

Polaridad del tester digital (-) / (+)		Resistencia MΩ
Negro (salida puente) (+)	Gris (entrada puente) (-)	
	Blanco (entrada puente) (-)	
Rojo (salida puente) (-)	Gris (entrada puente) (+)	
	Blanco (entrada puente) (+)	

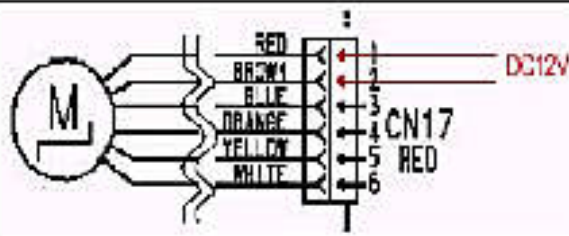
Punto 1 - Tensión alimentación EEV

Tensión de alimentación de la EEV

Entre 1 y tierra: 12 V DC

Entre 2 y tierra: 12 V DC

(La tensión entre 1 y 2 es 0 V)



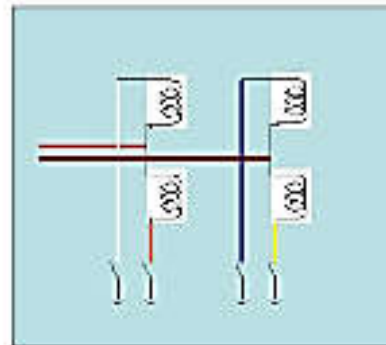
Si no llegan 12 V DC a los terminales 1 y 2 es necesario cambiar la PCB

Punto 2 - Comprobar la resistencia del bobinado de la EEV

Quitar el conector de la EEV y medir los valores de las resistencias de las bobinas.

Aproximadamente tenemos:

Color de cables	Resistencia Ω (aprox)
Rojo - Naranja	43 Ω
Rojo - Blanco	85 Ω
Naranja - Blanco	85 Ω
Marrón - Azul	43 Ω
Marrón - Amarillo	85 Ω
Azul - Amarillo	85 Ω



Si los valores no son los normales es necesario cambiar la EEV.

Punto 3 - Comprobar el sonido de la EEV al dar tensión a la máquina

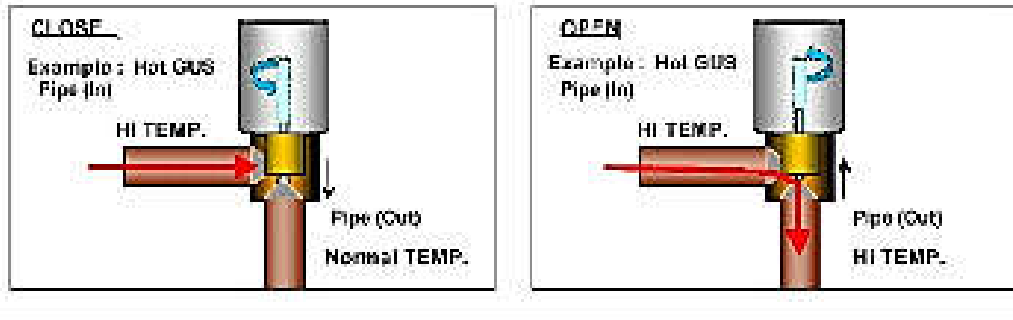
Comprobar que al dar tensión a la máquina se aprecia el ruido de inicialización de la EEV. Si esto no se produce es necesario cambiar la PCB.

Estado de la Válvula de Expansión Electrónica

Comprobación EEV (válvula de expansión electrónica)

(2/2)

Punto 4 - Comprobar el funcionamiento de la EEV



Dos Notas Finales: 1

-Para vuestro conocimiento, también existe la tecnología inverter para el control de velocidades de motores de corriente continua.

DC INVERTER

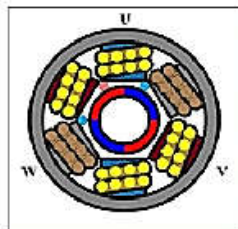
Motor

BLDC Motor (DC Inverter)

El rotor del compresor DC está hecho de imanes permanentes. En el estator del motor se crea un campo magnético giratorio aplicando el voltaje que se obtiene del módulo inverter. La atracción y repulsión entre el campo magnético giratorio y el campo magnético permanente crea el par de giro del compresor.

Se necesita controlar la posición del rotor (campo magnético permanente) para hacerlo coincidir con la polaridad del campo magnético giratorio. Para poder controlar esta posición del rotor, se realiza la detección midiendo la fuerza contra-electromotriz que se origina en el estator por el paso del rotor.

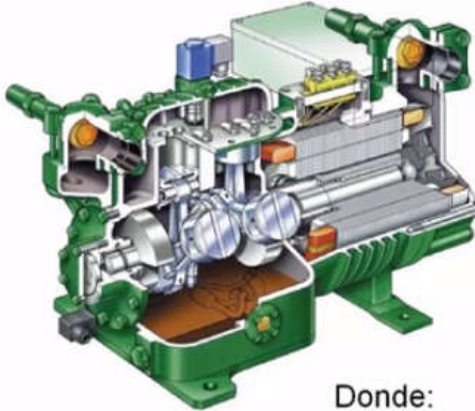
La velocidad de giro del compresor se puede controlar cambiando el voltaje, mediante los métodos de control PAM o PWM .



Es un tipo de motor asincrono.
No hay deslizamiento y la eficiencia es buena.

Dos Notas Finales: 2

COMPRESORES INVERTER: COMO VARIAR LA VELOCIDAD GIRO COMPRESOR

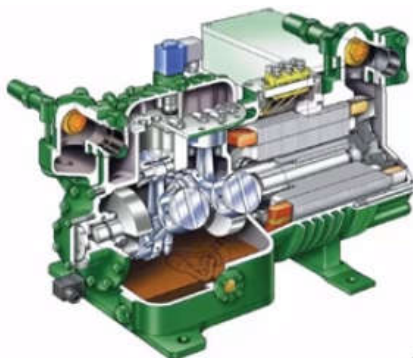


$$N_{campo\ giratorio} = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{rpm}$$

$$N_{rotor} = \frac{60 \cdot f}{p} (1 - s) \quad \text{rpm}$$

Donde:

f: frecuencia en Hertzios de la corriente de alimentación
 p: número de bobinados por fase o pares de polos en el estator
 s=deslizamiento (parámetro adimensional que varía con la carga)



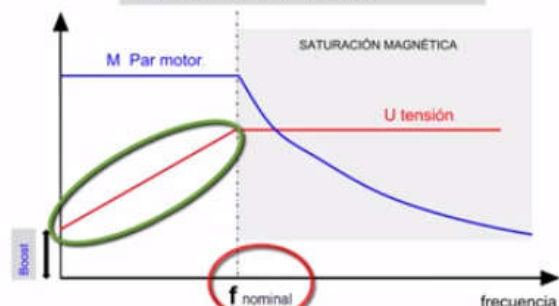
$$N_{giro} = \frac{60 \cdot f}{p} (1 - s) \quad \text{rpm}$$

f: frecuencia de la red alimentación (Hz)
 p: número pares de polos en el estator
 s=deslizamiento

$$\Phi = k \frac{V}{f}$$

$$T = k_1 \Phi I_{rotor} \cos \varphi_{rotor}$$

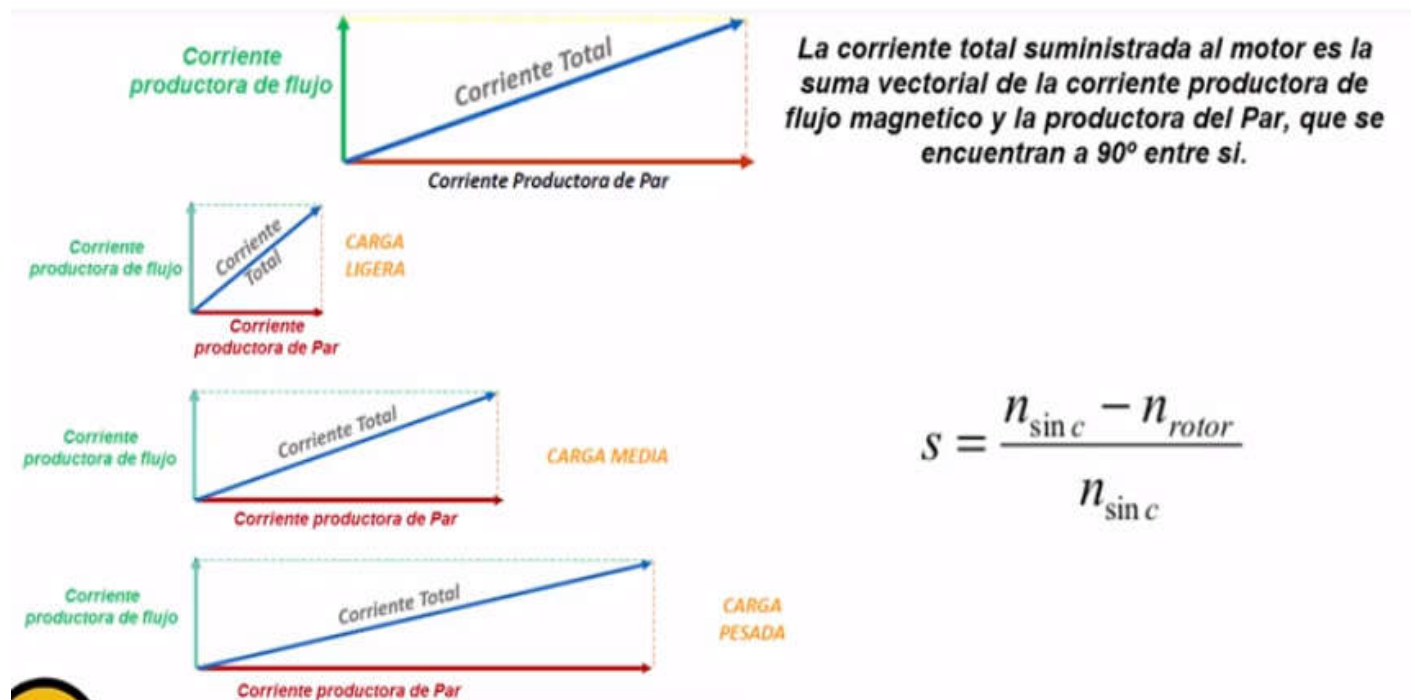
VARIACIÓN PAR MOTOR Y TENSIÓN EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA EN VARIADOR FRECUENCIA.



Para que el flujo sea constante, se debe variar la frecuencia y el voltaje, de manera que el Torque también permanezca constante. Si aumenta la frecuencia más allá de la nominal, el voltaje ya no se podría seguir aumentando, por lo que el motor podría quemarse y el par motor se reduciría, aunque la potencia sería constante. Para mantener esta relación constante, se aplica el control Escalar, cuando no se necesite una variación grande de la velocidad. Su problema es que

el control Escalar no define bien que parte de la corriente de par se utiliza para producirlo y que parte de la productora de flujo es la que lo produce. La corriente Total del motor es la suma vectorial de la corriente productora del par más la corriente productora del flujo y se encuentran desfasadas 90 grados. Notamos que para la variación de cargas, la corriente que produce el par varía, mientras que la corriente del flujo permanece constante. Este problema escalar lo soluciona el control vectorial, el cual regula eficientemente la corriente de par ante una variación de la demanda de carga, comportándose constante en tal rango. En el control escalar a baja velocidad el par se cae por los suelos.

Para llevar a cabo el control vectorial es necesario conocer el deslizamiento **S**



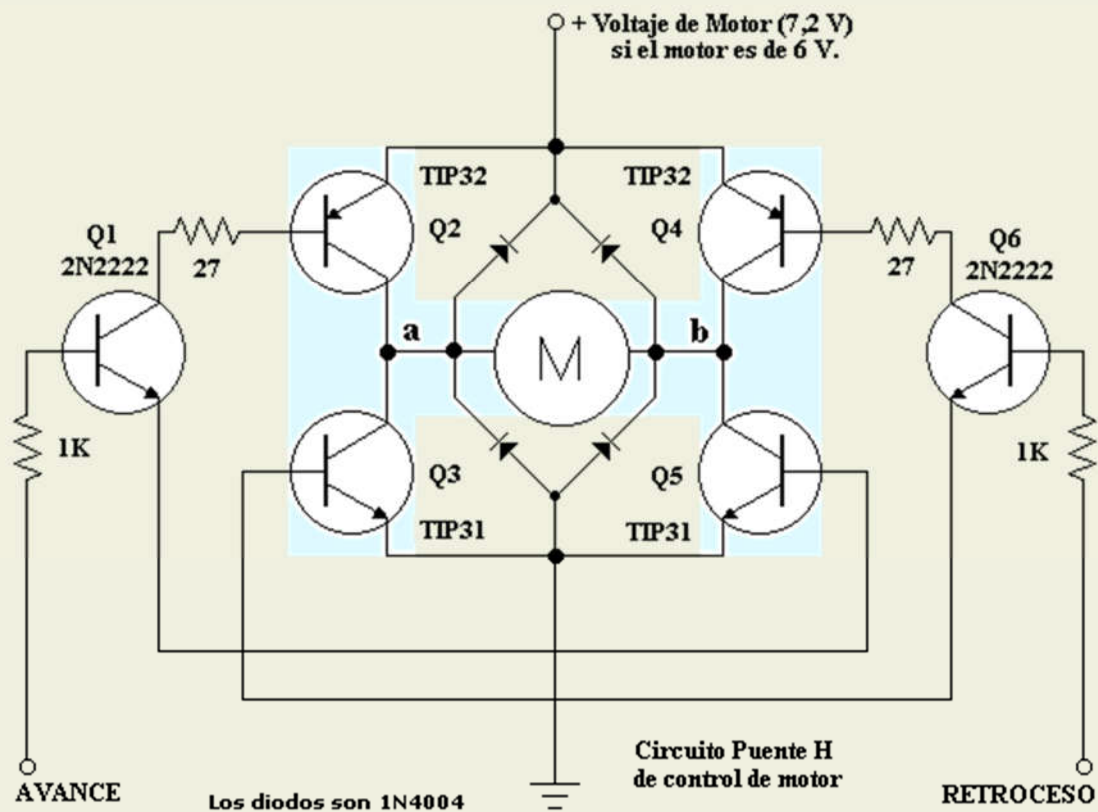
$$S = \frac{n_{\sin c} - n_{rotor}}{n_{\sin c}}$$

Vea pagina

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

D-Control de motores de CC "Puente H"

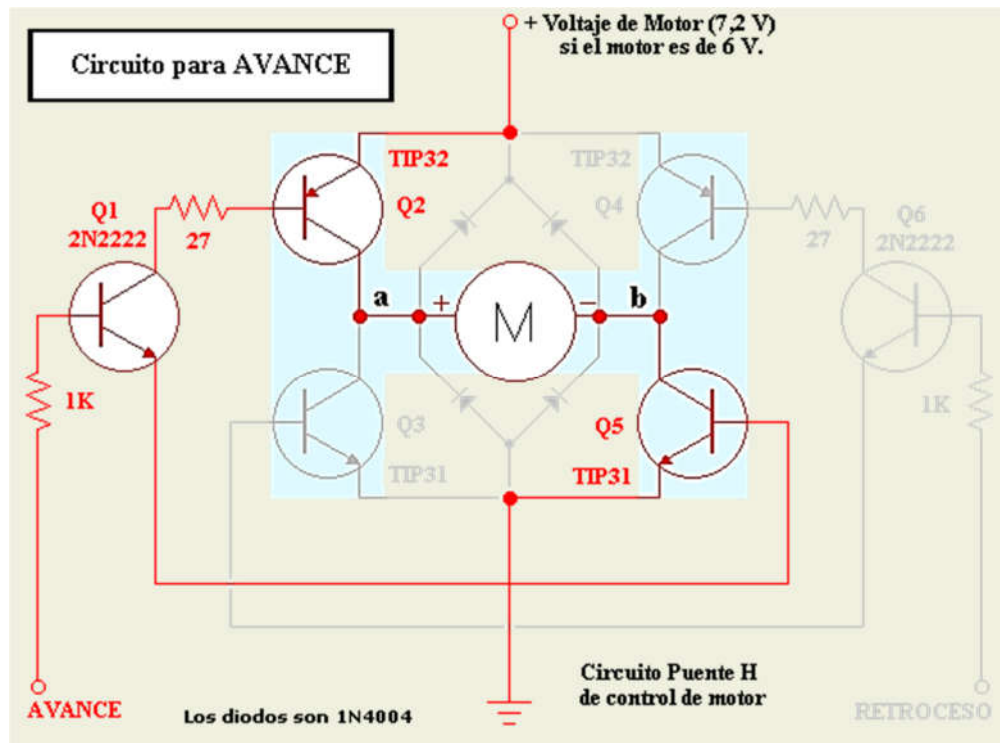
En el circuito de abajo vemos un **Puente H** de **transistores**, nombre que surge, obviamente, de la posición de los **transistores**, en una distribución que recuerda la letra H. Esta configuración es una de las más utilizadas en el control de **motores de CC**, cuando es necesario que se pueda invertir el sentido de giro del motor.



Como Trabaja:

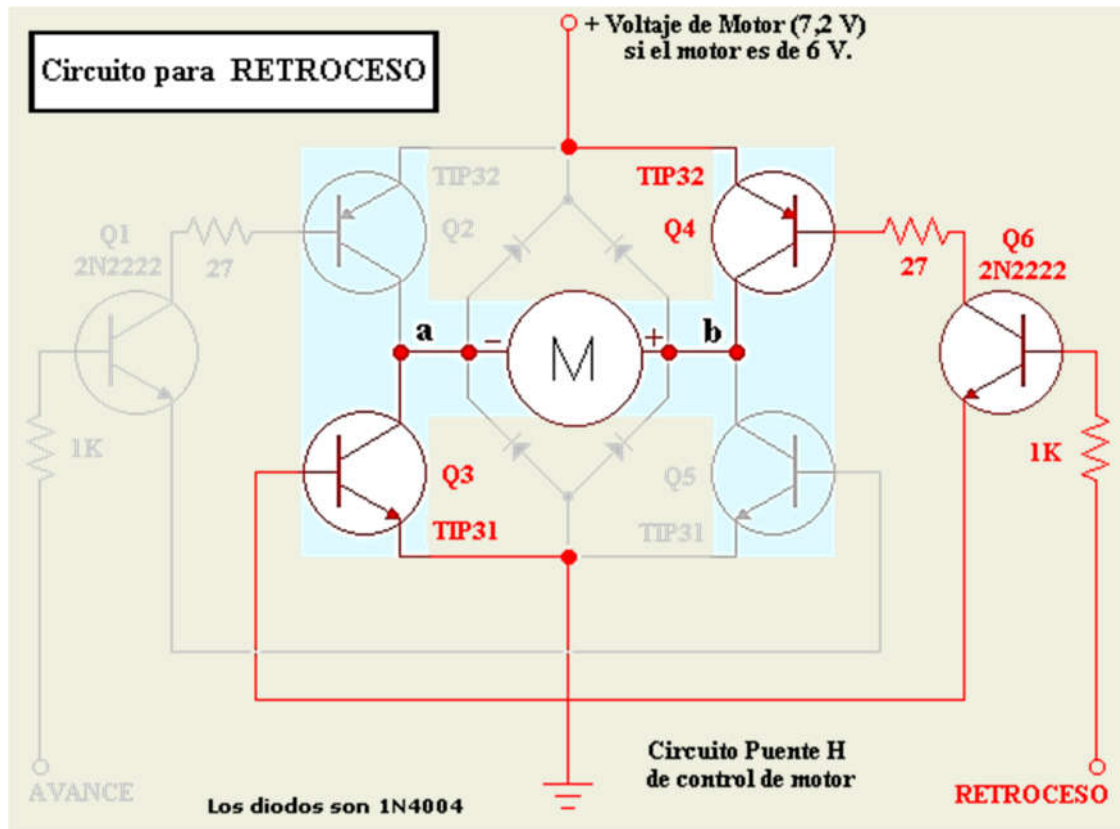
Aplicando una señal positiva en la entrada marcada AVANCE se hace conducir al **transistor** Q1. La corriente de Q1 circula por las **bases**, de

Q2 y Q5, haciendo que el terminal **a** del motor reciba un positivo y el terminal **b** el negativo (tierra).

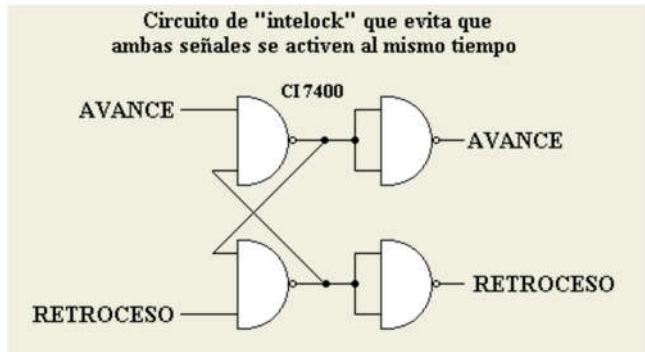


Si en cambio se aplica señal en la entrada RETROCESO, se hace conducir al **transistor** Q6, que cierra su corriente por las **bases**, de Q4 y Q3. En este caso se aplica el positivo al terminal **b** del motor y el negativo (tierra) al terminal **a** del motor.

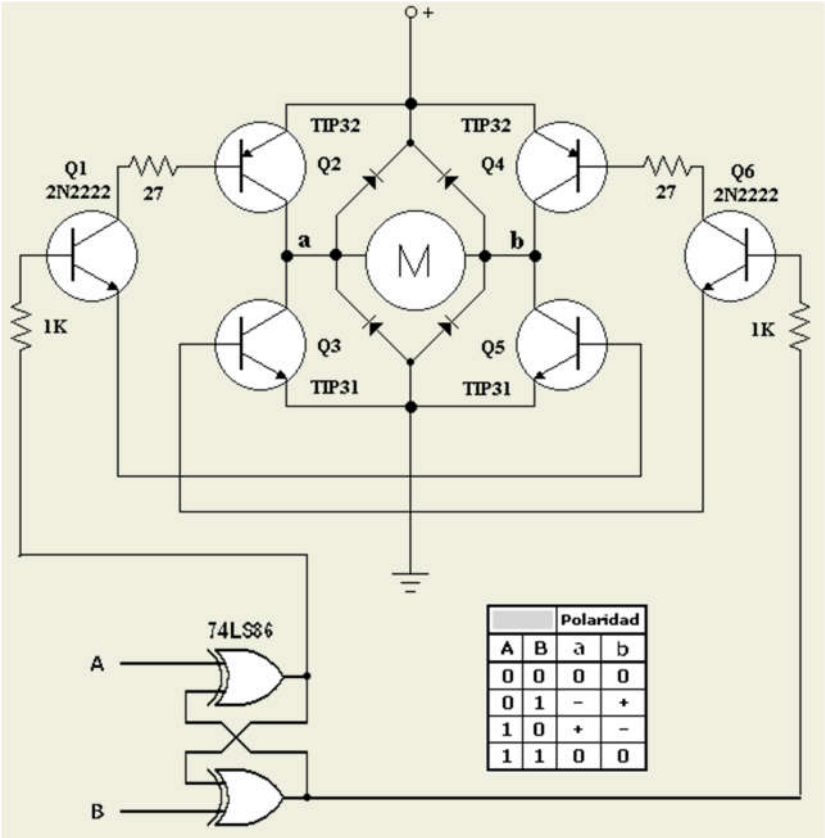
[REGRESAR AL CONTENIDO](#)



Una de las cosas muy importantes que se deben tener en cuenta en el control de este circuito es que las señales AVANCE y RETROCESO jamás deben coincidir. Si esto ocurre los **transistores**, Q2, Q3, Q4 y Q5 cerrarán circuito directamente entre el positivo de la **fuelle de alimentación** y tierra, sin pasar por el motor, de modo que es seguro que se excederá la capacidad de corriente **Emisor-Colector** y los **transistores**, se dañarán para siempre. Y si la **fuelle** no posee protección, también podrá sufrir importantes daños. Al efecto existen varias formas de asegurarse de esto, utilizando circuitos que impiden esta situación (llamados "de **interlock**"), generalmente **digitales**, basados en **compuertas lógicas**. Abajo mostramos un ejemplo.



He aquí otra opción de Puente H y circuito de interlock, con la ventaja de que utiliza menos transistores, (tipo Darlington en este caso) y de tener un circuito de interlock aún más seguro. En el circuito anterior, si se presentan las dos señales activas simultáneamente se habilita uno de los sentidos de marcha, sin que se pueda prever cuál será. Si las señales llegan con una leve diferencia de tiempo, se habilita la orden que ha llegado primero, pero si ambas señales llegan al mismo tiempo no se puede prever cuál comando (AVANCE o RETROCESO) será habilitado. En este segundo circuito no se habilita ninguno:



El circuito [Puentes H](#) sólo permite un funcionamiento SÍ-NO del motor, a plena potencia en un sentido o en el otro (además del estado de detención, por supuesto), pero no ofrece un modo de controlar la velocidad. Si es necesario hacerlo, se puede apelar a la regulación del voltaje de la [fuente de alimentación](#), variando su potencial de 7,2 V hacia abajo para reducir la velocidad. Esta variación de tensión de [fuente](#) produce la necesaria variación de corriente en el motor y, por consiguiente, de su velocidad de giro. Es una solución que puede funcionar en muchos casos, pero se trata de una regulación primitiva, que podría no funcionar en aquellas situaciones en las que el motor está sujeto a variaciones de carga mecánica, es decir que debe moverse aplicando fuerzas diferentes. En este caso es muy difícil lograr la velocidad deseada cambiando la corriente que circula por el motor, ya que ésta también será función —además de serlo de la tensión eléctrica de la [fuente de alimentación](#)— de la carga mecánica que se le aplica (es decir, de la fuerza que debe hacer para girar).

Una de las maneras de lograr un control de la velocidad es tener algún tipo de realimentación, es decir, algún artefacto que permita medir a qué velocidad está girando el motor y entonces, en base a lo medido, regular la corriente en más o en menos. Este tipo de circuito requiere algún [artefacto de senseo \(sensor\)](#) montado sobre el eje del motor. A este elemento se le llama [tacómetro](#) y suele ser un [generador de CC](#) (otro motor de CC cumple perfectamente la función, aunque podrá ser uno de mucho menor potencia), un sistema de [tacómetro digital óptico](#), con un disco de ranuras o bandas blancas y negras montado sobre el eje, u otros sistemas, como los de [pickups magnéticos](#). Ver más en [Control de motores de CC con realimentación](#).

Existe una solución menos mecánica y más electrónica, que es, en lugar de aplicar una corriente continua, producir un corte de la señal en pulsos, a los que se les regula el ancho. Este sistema ya lo conocemos como control por [Regulación de Ancho de Pulso](#) (PWM, Pulse-Width-Modulated).

E-Glosario Técnico Inglés-Español

A

-AC: Alternating Current

-Acceleration: Aceleración

-AFM: Active Filter Module- Modulo de Filtro Activo.

B

-Brushless: Sin Escobillas.

C

-Caution: Precaución

-Charge: Cargar

-Compressor: Compresor

-Condenser: Condensador

-Control Transformer: Transformador de Control

-Cotton: Algodón

D

-Danger: Peligro

-DC: Direct Current

-Dead Time: Tiempo muerto.

-Deceleration: Desaceleración.

-Defrost: Descongelamiento

-Discharge: Descarga

-Duty Cycle: Ciclo de Trabajo

E

-Electromechanical Relay: Relé Electromecánico

-Evaporator: Evaporador

-External Breaking Resistor: Resistencia Frenado Externa.

F

-FET: Field Effect Transistor-Transistor de Efecto de Campo

-Frequency: Frecuencia

-Freeze: Congelar

-Freezer: Congelador

G

-Gate: Puerta, Compuerta

-Goggles: Gafas

H

-Hard Cap: Casco

I

-IDU = Inside Drive Unit- Unidad Manejadora Interna

-IEEE [Institute of Electrical & Electronics Engineers] “ Instituto de Ingenieros Eléctricos & Electrónicos”.

-IGBT: Integrated Gate Bipolar Transistor: Transistor Integrado de Compuerta Bipolar.

-Indoor: Interior, Dentro.

-Input: Entrada de Datos

-Interlock: Seguro interno. Cuando se asegura una retro-acción

-IPM: Integrated Power Module, Módulo de Potencia Integrada

J

- JFET: Junction Field Effect Transistor-Transistor de juntura efecto de campo.

K

-KW:Kilowatt

L

- LDR:Light Dependent Resistor- Resistencia Dependiente de la Luz.

-Lock: Cerrar

M

-Magnetic Coil: Bobinado Magnético

-Magnetic Starter: Arrancador Magnético

-MOSFET: Metal Oxide Semiconductor Field Efect Transistor-Transistor semiconductor de efecto de Campo.

-Motor Controller: Controles del Motor

-Motor Disconnecting Mean: Medios de desconexión del Motor.

-Motor Feeder: Alimentador del Motor

-Motor Overload Conductors: Conductores de sobre carga del motor.

-Motor Thermal Protection: Protección Térmico del Motor

N

-NEC [National Electrical] “Código Nacional Eléctrico”

-NEMA [National Electrical Manufactures Association] “Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos”.

-NFPA [National Fire Protection Asociation] “Asociacion National para la Protección de Incendios”.

-Normally Open, Closed: Normalmente abierto, cerrado.

O

-ODU: Outside Drive Unit-Unidad Manejadora Externa

-Off: Apagado

-On: Encendido

-OSHA [Occupational Safety Health Administration] “Administracion de la Seguridad y Salud Ocupacional”.

-Outdoor: Exterior, Intemperie, Afuera

-Output: Salida de Datos

-Overload: Sobrecarga

-Over Temperature: Sobre Temperatura

P

-PCB: Panel Control Board- Tablero de Control

- PID: Proporcional-Integral-Derivative-Proporcional-Integral-Derivativo**
- **PLC: Programmable Logic Controller-Controlador Lógico Programable**
- Poison: Veneno**
- Port: Puerto**
- Power Circuit: Circuito de poder**
- Power Electronic: Potencia Electrónica- todo lo concerniente a fuentes de poder**
- Power Supply: Fuente de Poder**
- PWM: Pulse Width Modulation- Modulación por Ancho de Pulsos.**
- Push Button: Botón de presionamiento**

R

- Regenerative: Regenerador, Regenerativo**
- Reactor: Reactor- Bobina de Choque**
- Ramp-down: Tiempo de rampa del inversor en aumentar la frecuencia de 0 Hz a la máxima de operación.**
- Ramp-up: Tiempo de rampa del Inversor en disminuir la frecuencia desde el máximo hasta 0 Hz.**
- Relay: Relé**
- Ring: Anillo**
- Rotary: Rotario**
- RPM: (Revolution Per Minutes) Revoluciones por minuto**

S

- Safety: Seguridad
- Sensing Bulb: Sensor de Bulbo
- Service Factor: Factor de Servicio
- Shield:Blindaje de protección.
- Single Phase Load: Carga de una fase
- Speed: Velocidad
- Squirrel Cage Motor: Motor Jaula de Ardilla.
- Stability: Estabilidad
- Step Down Transformer: Transformador de bajada.
- SVPWM: Space Vector Pulse With Modulation-Modulación por vector de espacio por pulsos.
- Stepper Motor: Motor Paso a Paso (PaP)
- Step Up Transformer: Transformador de subida
- Switch: Interruptor

T

- Tachometer: Tacómetro
- Thermal Relay: Rele Térmico.
- Thermistor: Termistor
- Thermostat: Termostato
- Thermostatic Expansion Valve: Válvula de Expansión Termostática

-Three Phase Load: Carga Trifásica

-Timer: Temporizador

-Trigger: Gatillo

U

-UPS; Uninterrupter Power Supply- Fuente de poder continua

V

-VFD: Variable Frequency Drive-Manejadora de Frecuencia Variable.

-Valve: Válvula

W

-Warning: Advertencia.

-Width: Anchura

[**REGRESAR AL CONTENIDO**](#)

F-REFERENCIAS Y AYUDAS EN INTERNET

-Ley de Faraday-Lenz

<https://www.youtube.com/watch?v=NVAcTSFbxog>

-Ley de Ampere

<http://elfisicoloco.blogspot.com/2013/02/ley-de-ampere.html>

-Diodos y Transistores BJT

https://books.google.com.do/books?id=hHVWXmr_RcYC&pg=PA64&lpg=PA64&dq=entradas+con+diodos&source=bl&ots=6GdMHdl3xv&sig=M8J6dxygYV2WrZ0KBVapktguaMc&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiG7pXOzZzbAhUFulMKHZixCOYQ6AEIXjAl#v=onepage&q=entradas%20con%20diodos&f=false

-SCR y Tiristores para Frigoristas

<https://www.youtube.com/watch?v=kIDN6Slq36E>

-Tecnología Inverter (Visión General)

<https://www.scribd.com/doc/236837805/Manual-Tecnico-Inverter>

<https://www.youtube.com/watch?v=585VCMO3P6s>

<https://www.youtube.com/watch?v=a4DwHLfu0es&t=396s>

-Fundamentos de AA

<https://www.youtube.com/watch?v=0H8QDsHUZYc>

-Cursos Básicos de Refrigeración:

<https://www.youtube.com/watch?v=d1FpW64SNc> #1

<https://www.youtube.com/watch?v=BSRypJp9gHA&t=3017s> #2

https://www.youtube.com/watch?v=OHLQJ_QB15Y #3

<https://www.youtube.com/watch?v=rtttWzCuR9E&t=3694s> #4

-Curso sobre Tecnología Inverter:

<https://www.youtube.com/watch?v=plTViWFxwFw&t=356s> #1 (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=3bhCnLkHmw8> #2 (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=s0KPEPA3t8Q&t=14s> #3 (OjO)

-Curso de Gases Refrigerantes

<https://www.youtube.com/watch?v=Au12iM002WE>

<https://www.youtube.com/watch?v=Zz2CpeqwYE>

-Sistemas Inverter y/o Averías

<https://www.youtube.com/watch?v=a4DwHLfu0es> (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=KhW0EiC7xCE> #1 (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=SMq6QET9wbA&t=27> #2 (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=rVi5YBFijus>

<https://www.youtube.com/watch?v=uC5Oa4taRoM&t=143s>

<https://www.youtube.com/watch?v=UUaECdacySA&t=36s>

<https://www.remle.com/public/files/sat/inverter%20442,443%20Y%20444%20ASDG14AYIRDC.pdf>

<https://www.youtube.com/watch?v=9EGfm8gcN4E>

-Averías en Compresores Inverter (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=UUaECdacySA&t=113s>

-Motores Fan Inverter

https://www.youtube.com/watch?v=woi_xu0rOyE (OjO)

<https://www.youtube.com/watch?v=9EGfm8gcN4E> (Códigos de Errores)

-Compresor no Inverter

<https://www.youtube.com/watch?v=EQm6GIBMgFE>

-LRA y RLA : Que son?

<https://www.youtube.com/watch?v=EQm6GIBMgFE>

-Comparadores

<https://www.youtube.com/watch?v=SDhXqP-YuGc>

<https://www.youtube.com/watch?v=EbobLluwmp4>

-Diseño de Inversores

http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/331/unr_inversor

-Válvulas de Expansión

https://www.youtube.com/results?search_query=valvula+de+expansion+controlada+por+PWM

<https://www.youtube.com/watch?v=5gvoLHkuJiY>

<http://www.monografias.com/trabajos101/control-velocidad-motores-corriente-alterna/control-velocidad-motores-corriente-alterna.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=oSLOHCOw3yg>

-Modulación

<http://www.monografias.com/trabajos10/modul/modul.shtml>

<https://www.youtube.com/watch?v=qVeERT4nyz8> (OjO)

Averías:

<https://www.youtube.com/watch?v=a4DwHLfu0es&t=1s>

<https://www.0grados.com/fallas-soluciones-en-equipos-residenciales/>

-Como con dos transistores en paralelo, aumentamos la potencia:

<https://www.youtube.com/watch?v=l27cdyEeFe0>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZiUDgfX94pE>

Timer Temporizador) :

<http://2jjrefrigeracion.blogspot.com/2010/12/revision-del-timer-o-reloj-en-un.html>

-Controles on-off, PWM, PID (Opcional)

<http://www.quieroapuntes.com/inversor-pwm.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=k2AVb3TynR0&t=63s>

<https://www.youtube.com/watch?v=uIBble7IcW4>

<https://www.youtube.com/watch?v=QACz0cZyjiU&t=56s>

<https://www.youtube.com/watch?v=Y8IP1Vn9qgw>

-Tarjetas Universales

<https://www.youtube.com/watch?v=ucbylXrVbdM>

https://www.youtube.com/watch?v=iXk_WV-pe1I

https://www.youtube.com/watch?v=iXk_WV-pe1I&t=337s

-Válvula de 4 Vías

<https://www.youtube.com/watch?v=k31lxGKaVVk>

<https://www.youtube.com/watch?v=SHyJJFRSL4M&t=84s>

-Fuentes de Poder (Power Supply)

http://www.askix.com/hacer-una-fuente-de-alimentacion-simple-de-12-voltios_4.html

-Fuentes Conmutadas

<https://es.slideshare.net/Jomicast/las-fuentes-de-alimentacin-conmutadas-switching>

<https://www.youtube.com/watch?v=sZALnU0AHC0>

-El Factor de Potencia:

<https://www.youtube.com/watch?v=nHcqTR3rryw>

-Temperatura y Presión en el Ciclo de Refrigeración

<https://www.youtube.com/watch?v=RXnTs7mEUy0>

-Control de Velocidades de Motores

<http://www.monografias.com/trabajos101/control-velocidad-motores-corriente-alterna/control-velocidad-motores-corriente-alterna.shtml>

-Separador de Aceite

<https://www.youtube.com/watch?v=wu9w2NgBTKg>

-Control Motores PID (Opcional)

<https://www.youtube.com/watch?v=7NdQOtbPSyk>

<https://www.youtube.com/watch?v=ps8KLVg5uiM&t=369s>

<https://www.youtube.com/watch?v=rLs0Xfh2c6Y&t=11s>

-Microchip AN889-Modulo IPM

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00889b.pdf>

-Variable Frequency Drive (VFD).

https://www.youtube.com/results?search_query=Curso+variadores+de+Velocidad+para+motores+de+AC+02+Conceptos+b%C3%A1sicos

<https://www.youtube.com/watch?v=jzKRfxBjwLk>

<https://www.youtube.com/watch?v=ADiYhynGvnE> Parte 1

<https://www.youtube.com/watch?v=ADiYhynGvnE> Parte 2

<https://www.youtube.com/watch?v=UxyEhbwd3z0>

<https://joliettech.com/products/variable-frequency-drive-systems-and-controls/what-is-a-variable-frequency-drive-part-1/>

<https://www.youtube.com/watch?v=vSKauQIK8uc&list=PL4lwPVaTAIgg6DP0HkrmeNTONdEptC1jV>

https://www.youtube.com/watch?v=5_S5SQXYM20

-Programar VFD

<https://www.youtube.com/watch?v=gKhwFnEeTrY>

-Variador de Frecuencia para Sistemas de Presión

<https://www.youtube.com/watch?v=MXUxD9xmXAM>

-Conexiones Básicas del VFD

<https://www.youtube.com/watch?v=CKrn9rZoOrU>

-Curso VFD

<https://www.youtube.com/watch?v=LtaZCer1kGY> (Ejemplo Practico)

<https://www.youtube.com/watch?v=vSKauQIK8uc> #1

<https://www.youtube.com/watch?v=pQGfCdGghbw> #2

<https://www.youtube.com/watch?v=BQeyx2FMLdo> #3

<https://www.youtube.com/watch?v=kFQVlSr4elo> #4

<https://www.youtube.com/watch?v=tA6ES-lwcMI> #5

-Variadores de Frecuencia para Compresores, Ventiladores, Etc

[https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/jjts-2017/presentaciones-peru/\(trina-salazar\)-uso-de-variadores-de-velocidad-para-la-mejora-de-la-eficiencia-energetica-en-compresores.pdf?sfvrsn=2](https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/jjts-2017/presentaciones-peru/(trina-salazar)-uso-de-variadores-de-velocidad-para-la-mejora-de-la-eficiencia-energetica-en-compresores.pdf?sfvrsn=2)

<http://sporlanonline.com/literature/international/s1/100-80.pdf>

-Aceleración y Frenado

<https://www.youtube.com/watch?v=0LUvhU7J>To>

-Ciclo de Refrigeración

https://www.youtube.com/watch?v=1x4QoT_abt4&t=2s

-Vehículos Inverter

<https://www.youtube.com/watch?v=6KcgH-kOuJQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=qVeERT4nyz8>

<https://www.youtube.com/watch?v=3SAxXUIre28>

-Soldadura Inverter (Opcional)

<http://www.ventageneradores.net/blog/diferencias-soldadores-inverter-soldadores-tradicionales/>

<http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/tecnologia-inversora-inverter-para-soldadura>

-Smart TV Inverter

https://www.reparacionlcd.com/articulos/Como_reparar_un_inverter_de_LCD--18#

-UPS

https://es.slideshare.net/g_corp/curso-ups-67481414

-Revista Técnica de Refrigeración y Aire Acondicionado

<https://www.mundohvacr.com.mx/author/editorial/>

<https://www.mundohvacr.com.mx/2009/09/control-electronico-un-conocimiento-invaluable-para-el-tecnico/>

MODULACION: SVPWM

http://www.unicauca.edu.co/ai/publicaciones/ISAShow_Diaz.pdf

-Fabricantes de VFD

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/variador-frecuencia-motor-103567.html>

<https://spanish.alibaba.com/g/vfd.html>

<https://spanish.alibaba.com/trade/search?SearchText=vfd+teco&selectedTab=products&viewType=GALLERY>

-Selección de VFD

<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-variadores-de-velocidad-articulo-tecnico-espanol.pdf>

-Electricidad y Seguridad.

<https://profesormelky.jimdo.com/septimo/primer-periodo/>

-Sensores Temperatura

<https://www.youtube.com/watch?v=uYQuC5phOmA&t=54s>

-Conceptos Básicos de Electricidad para Técnicos en Refrigeración.

<https://www.youtube.com/watch?v=ewFkAMPW9dY>

-Termostatos Electrónicos

<https://www.youtube.com/watch?v=rrPzdC3yYi0>

-Ventajas del Sistema Inverter

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn253.html>

-Arrancadores Suaves (NO VFD) <https://www.youtube.com/watch?v=Lf8IrJtg4OI> **REGRESAR AL**

CONTENIDO

G-CODIGOS DE SEGURIDAD ELECTRICOS y ESTANDARES

-Es importante que los Técnicos e Ingenieros en sus trabajos conozcan y tengan en cuenta las reglas y seguridad de los códigos eléctricos y electrónicos, de manera que puedan entregar un trabajo con los estándares de garantía y seguridad digno de un buen técnico y por otra parte tener en cuenta que los equipos a reparar estén localizados en áreas accesibles y que cumplan todas las normas de seguridad de manera que puedas cubrir tu cuidado personal.

A- Seguridad Primero:

Lo primero es tu seguridad. Nada de riesgos



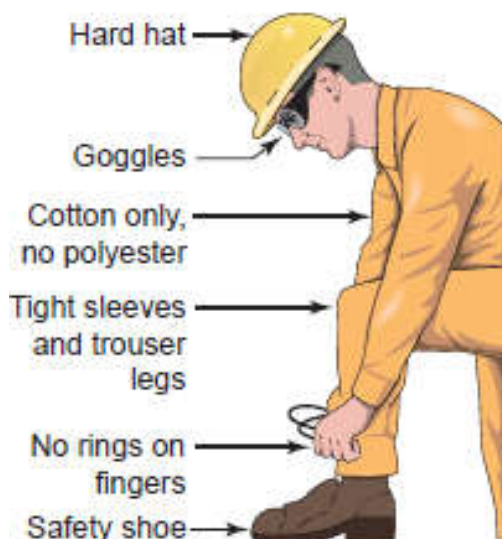
Usa todos los mecanismos de seguridad, según te lo imponga el tipo de trabajo. Cascos, Guantes aislantes, Etc.

-Obedece los siguientes avisos de peligro. No te creas el Superman de hoy.



-Si vas a realizar un trabajo industrial en una área de muchos riesgos, ármate de lo necesario por tu seguridad.

-Casco duro, Gafas protectoras. Siempre usar ropa de algodón, nunca polyester. Camisa y pantalón ajustables. Nada de anillos, reloj, ni cualquier otra prenda de vestir. Zapatos de trabajo. Estas son normas sencillas pero que se convierten en un inminente peligro cuando no se toman en cuenta.



B- También es necesario que el Técnico e Ingeniero conozca las compañías que

proporcionan las normas y regulaciones en las instalaciones de equipos eléctricos y electrónicos, de forma que pueda realizar una reparación o instalación segura.

-OSHA [Occupational Safety Health Administration] “Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional”. Su propósito es de asegurar la seguridad en los trabajadores con sus reglas y estándares. Se ocupa de la inspección de las compañías para asegurarse de que sigan todas las regulaciones de seguridad.

-NEC [National Electrical] “Código Nacional Eléctrico” Prescribe una serie de normas, reglas y códigos para todas las instalaciones eléctricas, diagramas eléctricos, equipos. En RD no tenemos un **código**, pero estas la aplicamos.

-NFPA [National Fire Protection Association] “Asociación Nacional para la Protección de Incendios”. Desarrolla todas las reglas y normas generalmente sobre la prevención de incendios para la protección de vidas humanas y propiedades. Como ejemplos básicos tenemos los tipos de fuegos y como extinguirlos:

CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS

			
CLASE "A" CLASE "B" CLASE "C" CLASE "D"	Sólidos comunes Líquidos y gases	Equipo eléctrico energizado	Brasa y llamas Llama Electrocución Altas Temperaturas

CLASIFICACIÓN DE EXTINTORES

LOS ANUNCIOS INDICAN LA CLASE DE COMBUSTIBLE PARA LA CUAL EL EXTINTOR SERÁ MAS EFECTIVO



-NEMA:

[National


SÓLIDOS
COMUNES


LÍQUIDOS
Y GASES
INFLAMABLES


INSTALACIONES
BAJO TENSION

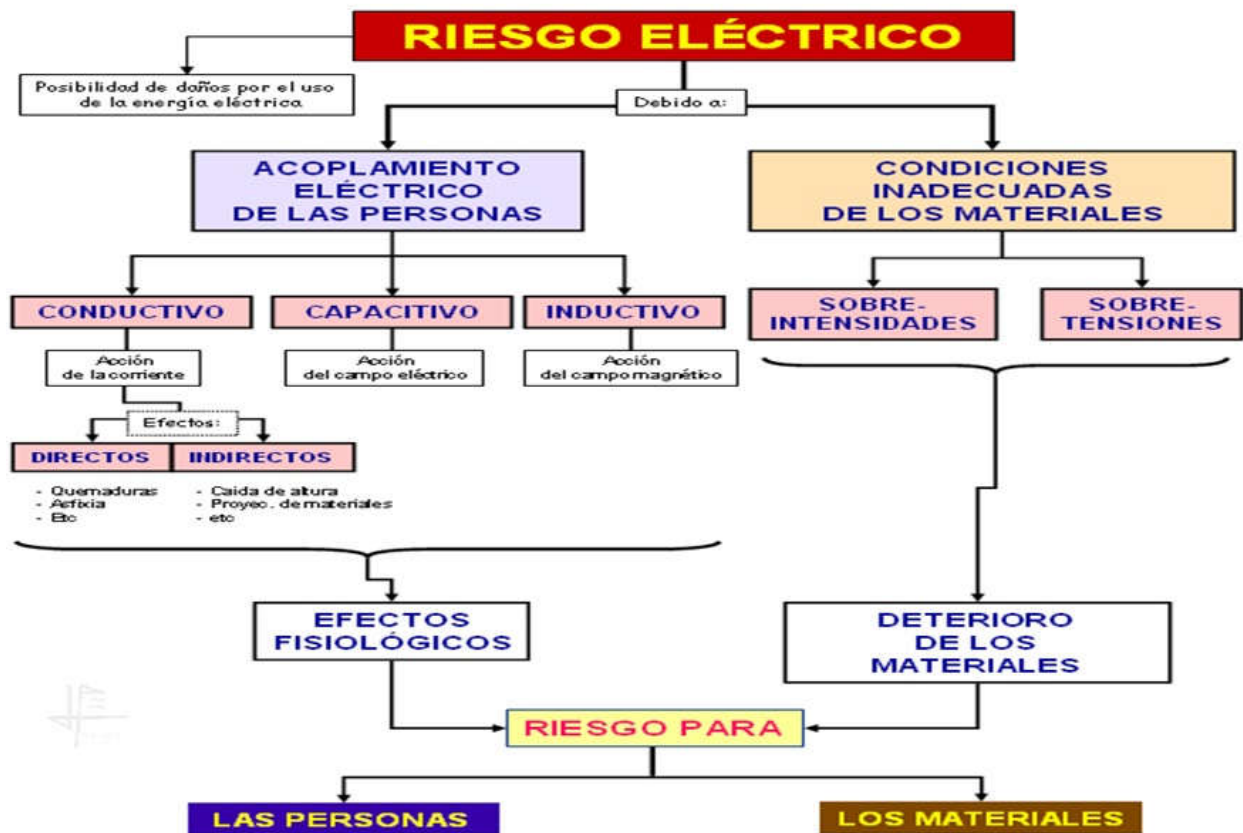

METALES
COMBUSTIBLES

**Electrical
Manufactures**

Association] “Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos”. Es un grupo que define y recomienda equipos eléctricos, como caja de breakers, motores, Etc.

-IEEE [Institute of Electrical & Electronics Engineers] “ Instituto de Ingenieros Eléctricos & Electrónicos”. Es una asociación de entidades técnicas y profesionales, creadas para patrocinar y establecer los avances y desarrollos de las tecnologías en avance.

NORMAS DE SEGURIDAD ELECTRICA





EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD

EFECTOS FISIOLÓGICOS

- Paro cardiaco
- Fibrilación ventricular
- Tetanización (contra. Musc.)
- Dificultad respiratoria, asfixia
- Quemaduras
- Pérdida del conocimiento
- Aumento presión sanguínea
- Otros

Factores relacionados con el riesgo del **choque eléctrico**

- Intensidad
- Tiempo de contacto
- Recorrido de la corriente a través del cuerpo.
- Impedancia del cuerpo humano
- Tipo de corriente y frecuencia
- Capacidad de reacción del organismo

EFECTOS MATERIALES

CALOR + INCENDIO

Debido a:

- SOBREINTENSIDADES:**
 - ◆ Sobrecargas
 - ◆ Cortocircuitos
- SOBRETENSIONES:**
 - ◆ Externas
 - ◆ Internas

Factores relacionados con el riesgo de **incendio**

- Valor de la intensidad
- Tensión de alimentación
- Aislamiento del material



[REGRESAR AL CONTENIDO](#)

H-DIDATRONICA: OTROS CURSOS IMPORTANTES PARA ESTUDIANTES, TECNICOS E INGENIEROS

<i>NO.</i>	<i>CODIGO</i>	<i>CATEGORIA</i>	<i>TITULO DEL MODULO</i>
1	DT-001PE	Power Electronic	“Tecnología Inverter y Aplicaciones”
2	DT-002PE	Power Electronic	“Fuentes de Poder Interrumpibles” (UPS) y Aplicaciones.
3	DT-003PE	Power Electronic	“PLC (Programmable Logic Controller)” En la Tecnología Inverter.
4	DT-004CS	Computer Systems	“Circuitos Digitales, Microprocesadores y Aplicaciones”
5	DT-005MC	Motor Control	“Tecnología Electro-Digital en los Controles de Motores”
6	DT-006ACS	Automatic Control Systems	“Sistemas Automáticos de Controles: 1- Convencionales 2- ON-OFF 3- PID”
7	DT-007SE	Science Earth	“Mecánica de los Desastres Naturales: Meteorología, Geología y Sismología”
8	DT-008ACS	Automatic Control Systems	“Sistemas Automáticos de Controles en Mecánica de Fluidos”.
9	DT-009EC	Elect-Electrónica & Communicat.	7-“Electricidad, Electrónica y Comunicaciones para Técnicos”
10	DT-010M	Microcontrolers	“Microcontroladores: Arduino, Pi, Etc”
11	DT-011MT	Math	“Cálculo y Física Teórica para los Técnicos e Ingenieros de hoy”
12	DT-012T	Thermodynamic	“Tecnología Análogo-Digital en los Procesos de Termodinámica y Tránsito de Calor: Aplicaciones”
13	DT-013PE	Power Electronic	“Tecnología Electrónica-Digital en las Energías Alternativas: Solar, Eólica, Etc”.
14	DT-014MT	Math	“Diseño de Modelos Matemáticos Aplicados a la Vida Diaria”
15	DT-015Mc	Music	“Música y Matemáticas”

Una nota final a los Estudiantes, Técnicos e Ingenieros:

No se detengan, cada día traten de renovar sus conocimientos para estar al día en los procesos de superación en la vanguardia de la tecnología moderna, de esto dependerán su cultura técnica y sus ingresos.



**Muchas Bendiciones y Gracias
por su asistencia y les
esperamos en el próximo
Módulo.**

Para más detalles: Didatrónica: didalutron@gmail.com ; www.didalutron.org

Fredy Marius: Cel. (849)655-1057

[REGRESAR AL CONTENIDO](#)