

# Sistemas Electronicos De Interfaz -Convertidores-

Miguel Angel Xamie Diaz Fuentes

## 1 Convertidores CC-CA

El convertidor de CC/CA tambien conocido como inversor, es un circuito que convierte una fuente de CC en tension de CA sinusoidal para suministrar cargas de CA, controlar motores de CA o incluso conectar dispositivos de CC conectados a la red. Al igual que un convertidor CC/CC, la entrada de un inversor puede ser una fuente directa como una bateria, una celda solar, o una pila de combustible o puede provenir de un enlace de CC intermedio que puede suministrarse desde una fuente de CA.

Generalmente, los inversores se pueden clasificar segun su salida de CA como monofasicos o trifasicos y tambien como convertidores de puente medio o completo.

De Lorenzo ha diseado dos configuraciones para implementar esta categoria. Una configuracion para cubrir los inversores con control PWM y otra configuracion para explicar las propiedades del circuito convertidor de frecuencia. Respecto al convertidor de frecuencia y porque es dificil cambiar la frecuencia de una onda sinusoidal de CA en modo CA, la primera tarea de un convertidor de frecuencia es convertir la onda a CC ya que es relativamente facil manipular la CC para hacerla parecer como CA. Los tres componentes principales de todos los convertidores de frecuencia son: rectificador, bus de CC e inversor.

El termino "Inversor" tambien se puede utilizar para referirse a un grupo "rectificador-inversor", alimentando por corriente alterna y utilizado para variar el voltaje y la frecuencia de la corriente alterna en la salida en funcion de la corriente de entrada (por ejemplo, para la alimentacion de particulares maquinas de operacion). Los inversores mas comunes utilizados para alimentar cargas de corriente alterna son de tres tipos: inversores de

onda cuadrada (adecuados para cargas puramente resistivas), inversores de sinusoidal modificada (adecuados para cargas resistivas y capacitivas, con cargas inductivas pueden producir ruido) e inversor de onda sinusoidal pura (adecuados para todo tipo de cargas porque reproducen fielmente una onda senoidal igual a la de nuestra red electrica domestica).

## 1.1 De Tension

## 1.2 De Corriente

### 1.2.1 Monofasico

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 senoidal.

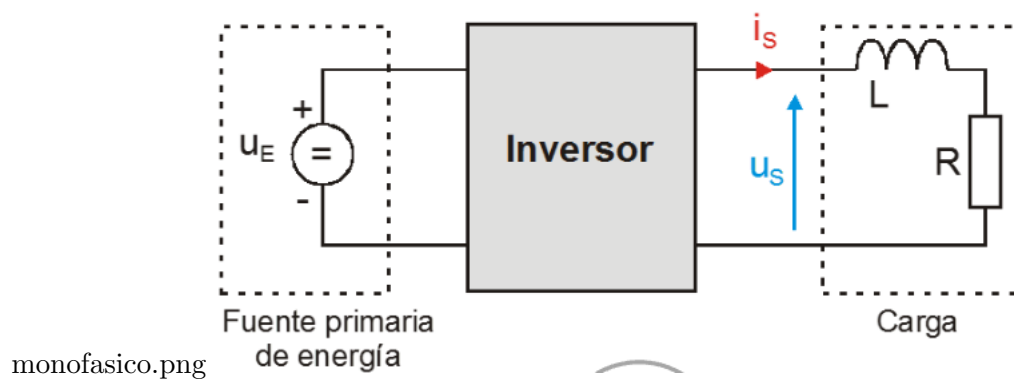


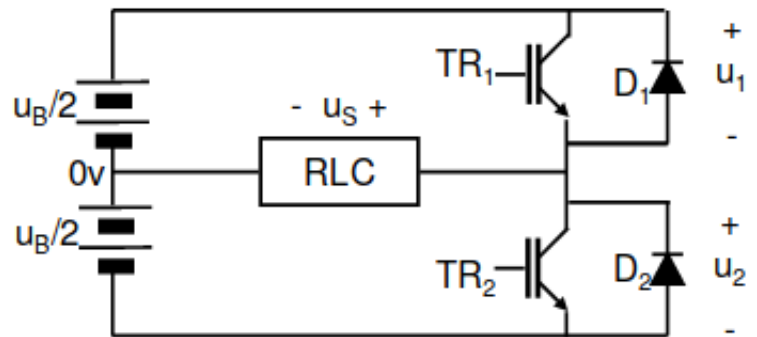
Figure 1: Estructura Monofasica

### 1.2.2 Semi-Puente

Tension máxima que deben soportar los interruptores de potencia:  $U_B$ , más las sobretensiones que originen los circuitos prácticos.

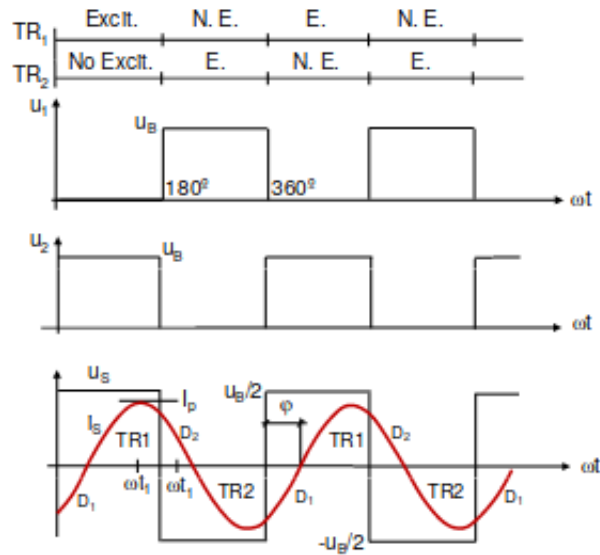
Tension máxima en la carga  $U_B/2$ , por tanto para igual potencia corrientes más elevadas que en el puente completo.

Topología adecuada para tension en la batería alta y potencia en la carga media.



Puente (Half Bridge).png

Figure 2: Medio Puente



Puente (Half Bridge)2.png

Figure 3: Medio Puente

### 1.2.3 Puente Completo

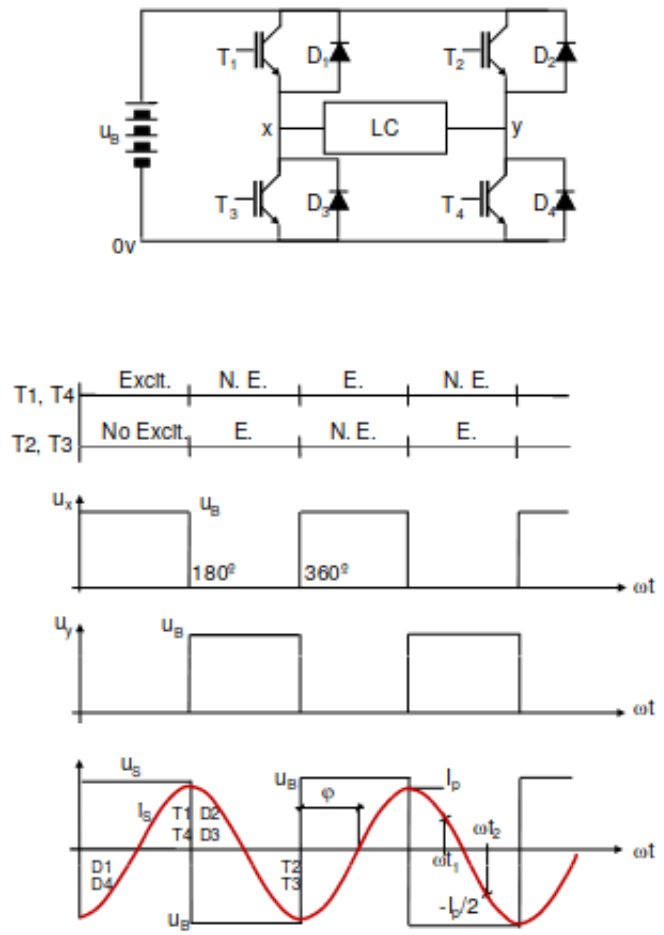
Tension maxima que deben soportar los interruptores de potencia:  $U_B$ , mas las sobretensiones que originen los circuitos practicos.

Tension maxima en la carga  $U_B$ ,por tanto para igual potencia corrientes mas bajas que en el medio puente.

Topologia adecuada para tensin en la bateria alta y potencia en la carga alta.

Doble n de interruptores de potencia que en el medio puente y que en el Push-Pully de gobierno ms complejo por no tener un terminal referido a masa, (T1 y T3).

Completo (Full Bridge).png



Completo (Full Bridge).png

Figure 4: Ponte Completo (Full Bridge)

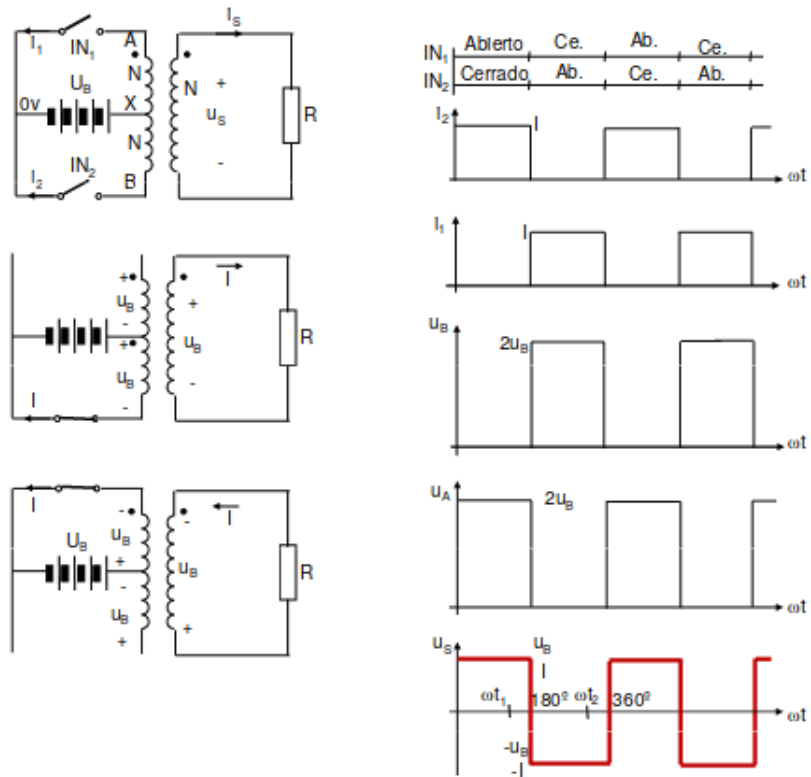
### 1.2.4 Push-Pull

Tension maxima que deben soportar los interruptores de potencia:  $U_B$ , mas las sobretensiones que originen los circuitos practicos, que en este caso seran mayores debido a la inductancia de dispersion del transformador.

Tension maxima en la carga  $U_B \cdot B$

El transformador de toma media tiene un factor de utilizacion bajo en el primario y empeora bastante el rendimiento de los circuitos practicos. No es aconsejable utilizar esta topologia para potencias de mas de 10kVA.

Solo utiliza dos interruptores de potencia y ambos estan referidos a masa y por tanto su gobierno es sencillo.

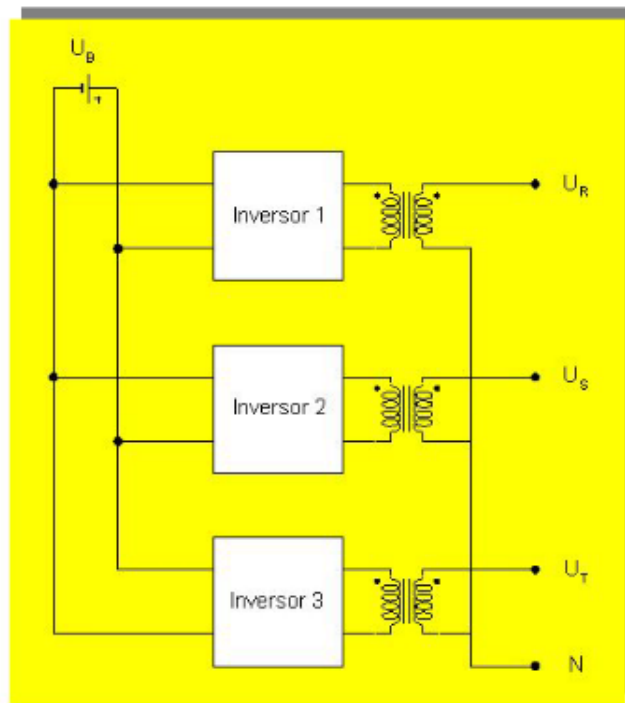


Pull.png

Figure 5: Push Pull

### 1.2.5 Trifasico

- Aplicaciones de Alta Potencia.
- Acoplando tres inversores trifasicos.
- Las seales de disparo deben estar desfasadas 120 (grados) entre si.
- Los secundarios de los transformadores se colocan en estrella debido a que se eliminan los armonicos de triples.



Trifasico.png

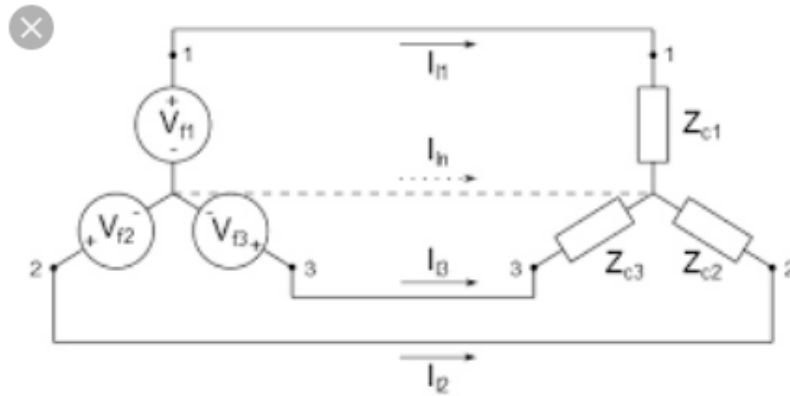
Figure 6: Convertidor Trifasico

### 1.2.6 En Estrella

Si los devanados de fase de un generador o consumidor se conectan de modo que los finales de los devanados se unan en un punto comun, y los comienzos de estos sean conectados a los conductores de la linea, tal conexion se llama

conexion en estrella y se designa con el smbolo Y.

Durante el servicio por el conductor neutro pasa una corriente igual a la suma geometrica de tres corrientes  $I_A$ ,  $I_B$  e  $I_C$  que son las corrientes de fase, es decir:  $I_N$  y el punto neutro se llaman tensiones de fase y se designan con  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  o en forma general con  $U_f$ . A menudo se establecen de antemano las magnitudes de la fuerza electromotriz (fem) en los devanados de fase del generador, designandose estas con  $E_A$ ,  $E_B$ ,  $E_C$  o  $E_f$ . Despreciando la resistencia de los devanados del generador, se puede escribir:  $E_A = U_A$ ;  $E_B = U_B$ ;  $E_C = U_C$ ;  $E_f = U_f$  Las tensiones medidas entre los comienzos de las fases A y B, B y C, C y A del generador o consumidor se llaman tensiones compuestas y se designan por  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$  o en forma general con  $U_{comp}$  o tensin de linea  $U_L$ .



Estrella.png

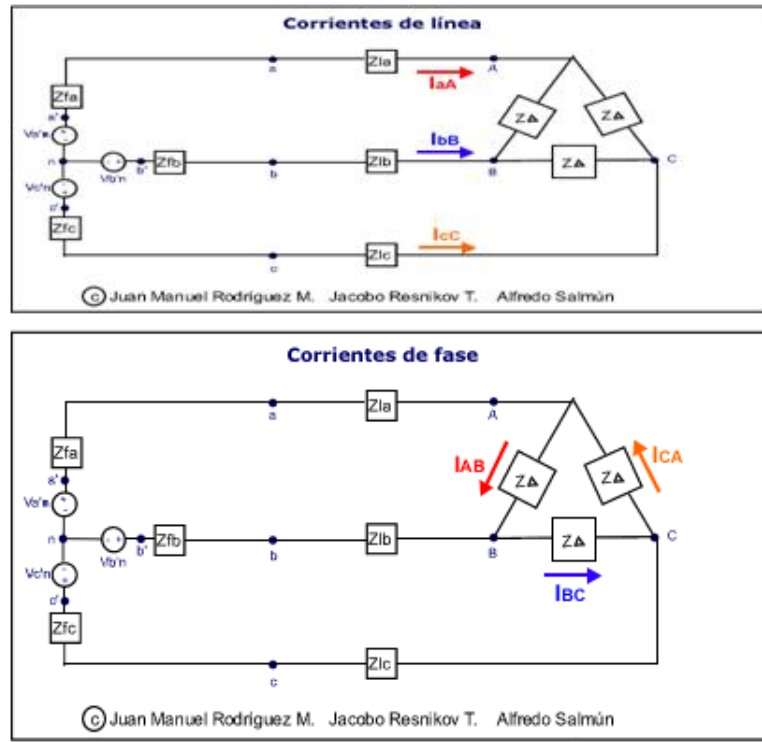
Figure 7: Estrella

### 1.2.7 En Delta

Es de mucha utilidad el poder obtener las corrientes de fase a partir de las corrientes de linea y viceversa en problemas que involucren cargas o fuentes en forma de delta. La razon es que cuando en un circuito trifasico tenemos una carga en forma de delta no podemos obtener un circuito monofasico equivalente ya que no hay linea neutra. Como un circuito monofasico es mas facil de resolver que uno trifasico lo mejor en este caso es transformar la delta utilizando transformaciones delta-Y a una Y, posteriormente ya que se tiene



la carga y la fuente en forma de Y se puede obtener el circuito equivalente monofasico como se explico anteriormente y asi obtener la corriente de linea. Una vez que obtenemos esta corriente de linea es posible saber en base a esta cuanto vale la corriente en cada una de las ramas de la delta y por lo tanto se da respuesta al problema inicial.



delta.png

Figure 8: Delta

### 1.3 Forma de Onda de Salida

#### 1.3.1 Cuadrada y Casi cuadrada

Son mas baratos, pero normalmente generan mas problemas de funcionamiento. Producen armónicos (frecuencias multiples de la frecuencia de red) que generan interferencias. No son aptos para motores de induccion. Se utilizaran unicamente cuando se desea corriente alterna para alimentar un televisor, un ordenador o un aparato electrico.

Se usa principalmente para la generacion de pulsos elctricos que son usados como seales (1 y 0) que permiten ser manipuladas fcilmente, un circuito electrnico que genera ondas cuadradas se conoce como generador de pulsos,

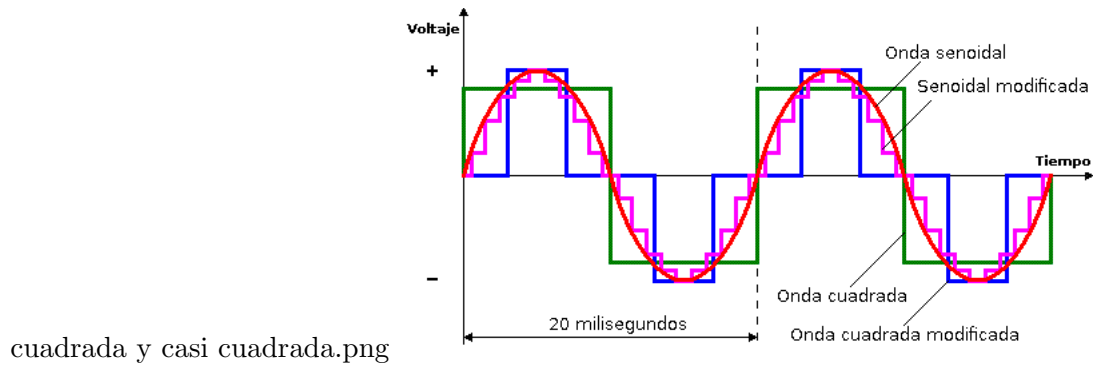


Figure 9: Onda Cuadrada y Casi Cuadrada

### 1.3.2 Moduladas

Señales portadoras: es una forma de onda, que es modulada por una señal que se quiere transmitir.

Al modular una señal desplazamos su contenido en frecuencia, ocupando un cierto ancho de banda alrededor de la frecuencia de la onda portadora, permitiendonos multiplexar en frecuencia varias señales simplemente utilizando diferentes ondas portadoras y conseguir así un uso ms eficiente.

Señal moduladora: Es la señal que contiene la información a transmitir.

La modulación es la adición de información a una señal electrónica u óptica de transmisión principal pudiendo ser aplicada desde una corriente directa como onda principal (apagándola y encendiéndola), a una corriente alterna y a señales ópticas como las usadas en fibra óptica.

Modulación de amplitud: consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

La AM es usada en la radiofonia, en las ondas medias y en las ondas cortas. Permite llegar a mas lugares, pero con una calidad de sonido menor.

Modulación de frecuencia: es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia. La FM permite llegar a menos sitios, pero con menor nitidez de sonido.

Modulación de fase (PM): Es el caso de modulación donde tanto las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas. Es un tipo de modulación exponencial al igual que la modulación de frecuencia. Se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulada.

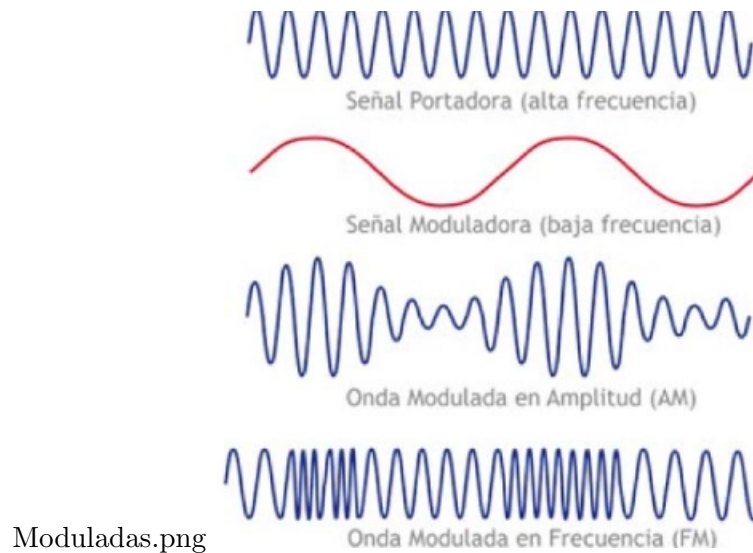


Figure 10: Ondas Moduladas

### 1.3.3 Multi-Nivel

La idea de estos inversores consiste en sumar las ondas cuasi cuadradas de salida obtenidas con varios inversores. Para esto se conectan en serie las salidas de dichos inversores.

Se genera en cada inversor una onda casi cuadrada, con diferentes ángulos de disparo y de conducción y luego se suman dichas ondas en el secundario del transformador, consiguiéndose así una onda resultante más parecida a una onda sinusoidal. Las ondas generadas en los diferentes inversores están centradas en el pico de la onda sinusoidal que se quiere construir. A medida que se aumenta la cantidad de inversores, con sus salidas conectadas en serie,

ira aumentando la cantidad de escalones, consiguiendose una forma de onda cada vez mas semejante a una onda sinusoidal.

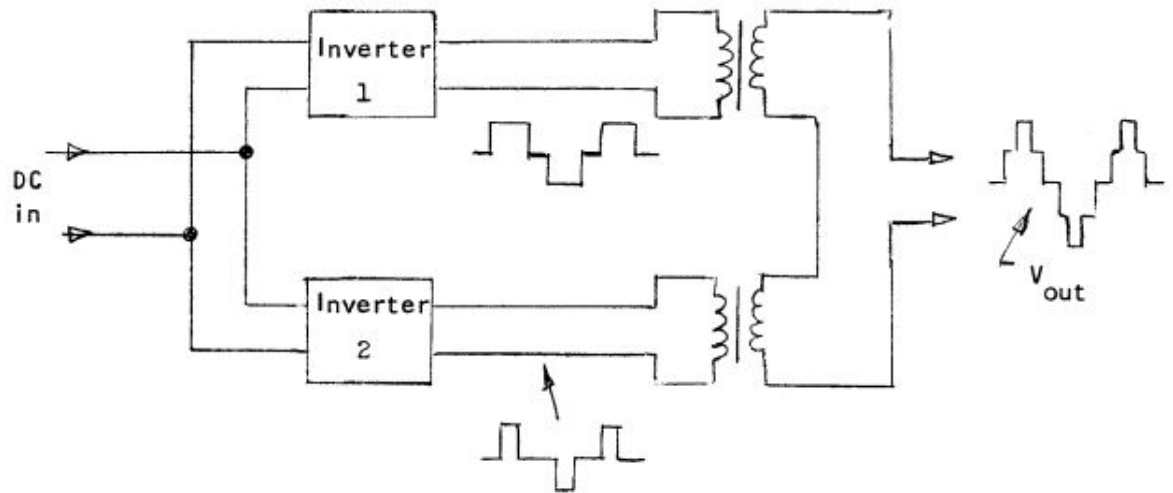


Figure 11: Multinivel

## 2 Convertidores CA-CA

La electronica de potencia ac-ac convertidor de corriente alterna, en forma generica, acepta de energia electrica de un sistema y la convierte para su entrega a otro sistema de corriente alterna con formas de onda de amplitud diferente, frecuencia y fase. Pueden ser de una o tres fases tipos en funcion de sus clasificaciones de poder. La ac -ac convertidores empleados para variar la tension eficaz a traves de la carga constante frecuencia son conocidos como controladores o reguladores de voltaje de ca de ca. El control de voltaje se logra mediante: (i) control de fase en virtud de la conmutacion fisica que utiliza pares de controlado desilicio rectificadores (SCR) o triac, o (ii) por el control de compensacion con arreglo a -forzada conmutacion con conmutadores controlados completamente auto-conmutados como Tiristores Puerta Apagar-(OTG), transistores de potencia, Los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), controlado por MOS Tiristores (MCT), etc ac -convertidores de corriente alterna en la que corriente alterna en una frecuencia se convierte directamente en corriente alterna en otra frecuencia sin

ningn tipo de conversin de corriente continua intermedios enlace se conocen como ciclo convertidores, la mayora de los que utilizan naturalmente conmutados SCR para su funcionamiento cuando la frecuencia de salida mxima se limita a una fraccion del frecuencia de entrada.

### 3 Variadores de CA

Un variador de frecuencia 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 alimentaciOn suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son tambien conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA o microdrivers. Dado que la tension (o voltaje) se hace variar a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

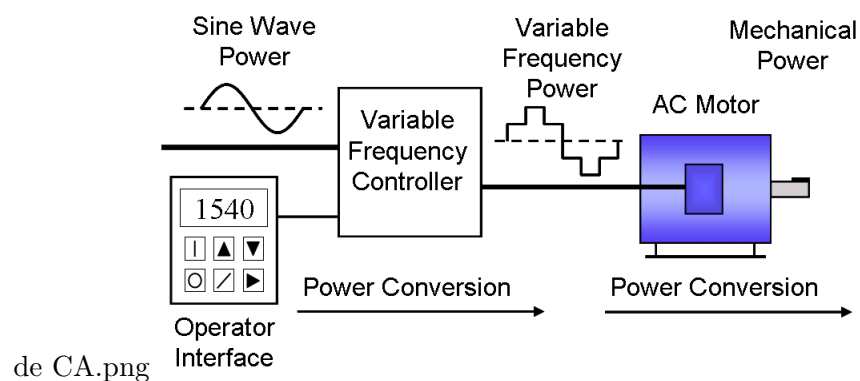


Figure 12: Variador de CA

### 3.1 Ciclo Controladores

SI un conmutador con tiristores se conecta entre la fuente AC y la carga, se puede controlar el flujo de potencia mediante la variacion del voltaje RMS aplicado a la carga; este tipo de circuitos de potencia son conocidos como controladores de voltaje alterno (Controladores AC-AC).

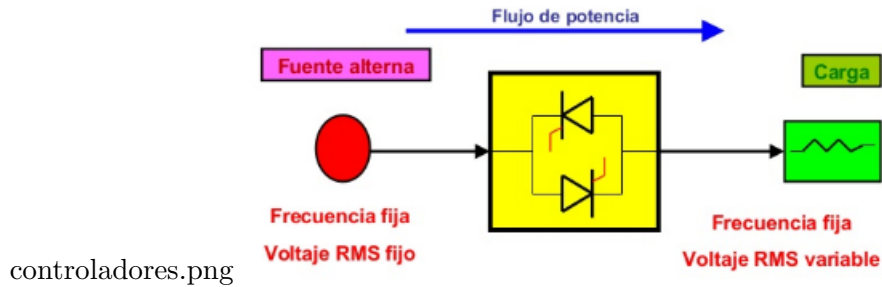


Figure 13: Ciclo Controladores

### 3.2 Convertidores Matriciales

El CM es un convertidor CA-CA trifasico que se considera de la nueva generacion de variadores de velocidad integrados, dado que no requiere de componentes que almacenen energia, como capacitores para bus de CD, lo que permite reducir el volumen del convertidor y alargar la vida util del mismo. Este puede ser implementado de manera modular, haciendolo aun mas compacto. La transferencia de energia es bi-direccional y la conversion de potencia es directa, es decir, no existen etapas intermedias dentro del CM. Las corrientes de entrada son senoidales generando un factor de potencia alto, y que puede ser controlado independientemente de la carga que sea conectada.

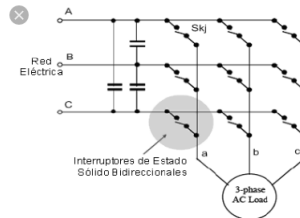


Figura 1. Configuración electrónica de un convertidor matricial trifásico.

Matriciales.png

Figure 14: Controladores Matriciales

## 4 Convertidores CA-CD

Un convertidor de corriente alterna a corriente directa parte de un rectificador de onda completa. Su carga puede ser puramente resistiva, figura 1.1a. La forma de onda de salida del rectificador se muestra en la figura 1.1b. Al agregarle a este rectificador un capacitor en paralelo tal como lo indica la figura 1.2a, el convertidor se comporta como un filtro ya que se produce un voltaje a la salida que es esencialmente continuo, 1.2b.

El convertidor CA-CD nos proporciona una seal de salida rectificada (casi constante) de valor  $V_m$ , donde  $V_m$  es igual al valor pico del voltaje de entrada como se muestra en la figura 1.2b. Este voltaje casi constante presenta una variacin de  $V_0$ . Este valor se puede considerar muy pequeno y de esta manera encontrar el valor del resistor y del capacitor para un valor de voltaje directo deseado.

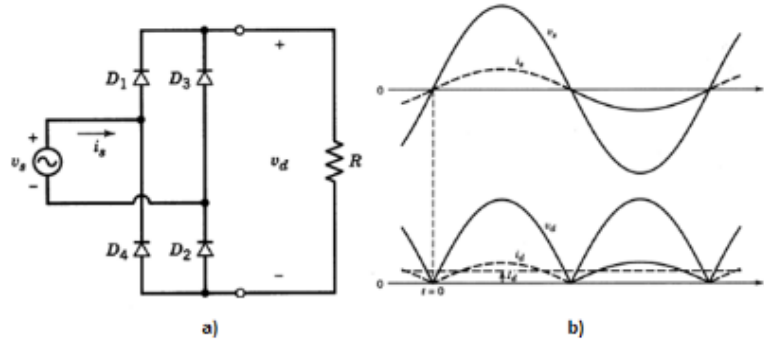


Figura 1.1 a) Convertidor CA-CD carga R. b) Formas de onda de entrada y salida para el convertidor. [11]

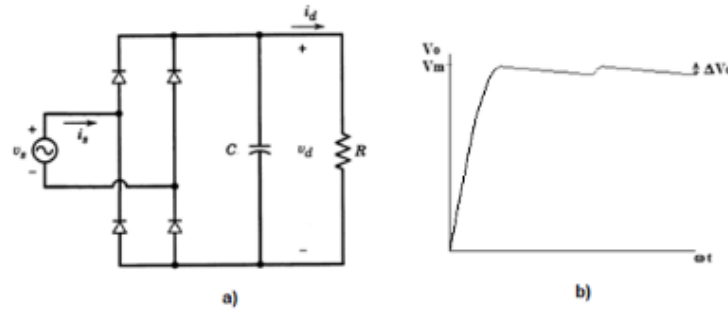


Figura 1.2 (a) Convertidor CA-CD carga R-C. (b) Voltaje de salida [11]

ca-cd.png

Figure 15: Convertidor CA-CD

## 4.1 No controlados

Los rectificadores o convertidores de corriente se caracterizan por transformar la corriente alterna en continua. De esta manera permiten la conversion directa desde un circuito alimentado con voltaje alterno, poder alimentar a la carga con corriente continua. Los rectificadores no controlados estan formados exclusivamente por diodos, no necesitando circuitos de mando, por lo que los diodos conmutan de manera natural forzados por la fuente de alimentacion.

## 4.2 Controlados

Los rectificadores controlados emplean el tiristor o SCR(rectificador controlado de silicio) como dispositivo de control.

El tiristor es un semiconductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro esta en corte(bloqueo directo, bloqueo inverso y conduccion directa).

El objetivo del tiristor es retardar la entrada en conduccion del mismo, ya que como se sabe, un tiristor se hace conductor no solo cuando la tension en sus bornes se hace positiva (tension de nodo mayor que tensin de catodo), sino cuando siendo esta tension positiva, se envia un impulso de cebado a puerta.

El parametro principal de los rectificadores controlados es el angulo de retardo,  $\alpha$ .

En los rectificadores controlados se controla el cebado del tiristor y su bloqueo es normalmente natural.

# 5 Convertidores CD-CD (CC-CC)

Se llama convertidor DC-DC a un dispositivo que transforma corriente continua de una tension a otra. Suelen ser reguladores de conmutacion, dando a su salida una tension regulada y, la mayoria de las veces con limitacin de corriente. Se tiende a utilizar frecuencias de conmutacion cada vez mas elevadas porque permiten reducir la capacidad de los condensadores, con el consiguiente beneficio de volumen, peso y precio.

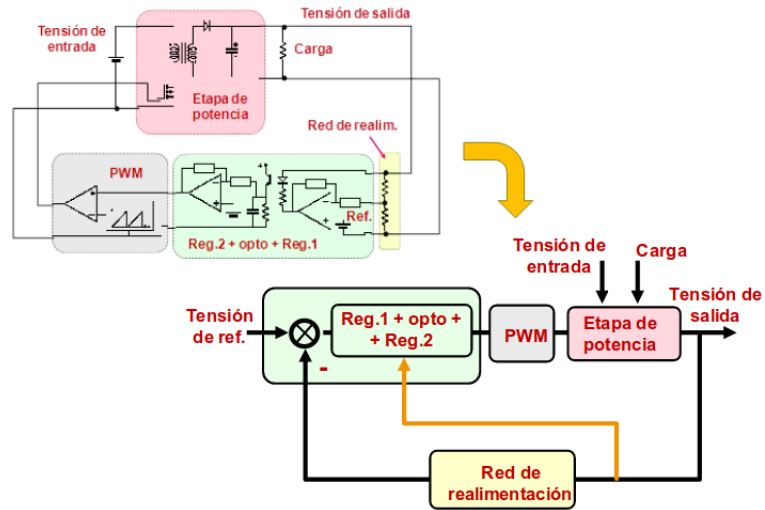
## 5.1 Estructuras Basicas Sin Aislamiento

En cuanto a la corriente galvanica, se produce por contacto entre dos metales, normalmente por el medio ambiente o en ambientes salinos. Existen



medios que reducen este efecto y se puede encontrar abundante informacion al respecto.

Un tipo de corriente que, ademas de continua, es ininterrumpida y de intensidad constante. A esta corriente se la denomina galvanica. En cuanto a sus características físicas, la corriente galvanica es de baja tensión (60-80 V) y baja intensidad, como máximo 200 mA. Se le denomina también constante, porque mantiene su intensidad fija durante el tiempo de aplicacion.



SIn Aislamiento.png

Figure 16: Convertidor CC-CC Sin Aislamiento

## 5.2 Reductor (Buck)

El convertidor Buck (o reductor) es un convertidor de potencia, DC/DC sin aislamiento galvanico, que obtiene a su salida una tensión menor que a su entrada. El diseño es similar a un convertidor elevador o Boost, también es una fuente conmutada con dos dispositivos semiconductores (transistor S y diodo D), un inductor L y opcionalmente un condensador C a la salida.

La forma más simple de reducir una tensión continua (DC) es usar un circuito divisor de tensión, pero los divisores gastan mucha energía en forma de calor. Por otra parte, un convertidor Buck puede tener una alta eficiencia (superior al 95 por ciento) con circuitos integrados) y autoregulación.

El funcionamiento del conversor Buck es sencillo, consta de un inductor con-

trolado por dos dispositivos semiconductores los cuales alternan la conexion del inductor bien a la fuente de alimentacion o bien a la carga.

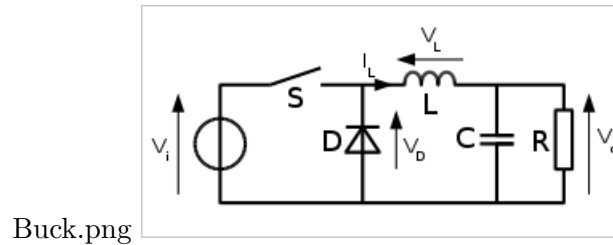


Figure 17: Reductor Buck

### 5.2.1 Directo Forward

Funciona como el convertidor BUCK pero tiene un transformador que realiza las funciones de aislante de la entrada y la salida pudiendo realizar mltiples salida y de mayor tensin que la entrada dependiendo del devanado del secundario del transformador.

### 5.2.2 Directo Forward con 2 interruptores

Este circuito tiene la caracteristica de poseer dos diodos y dos interruptores para conectar y desconectar el devanado primario del transformador a la fuente de entrada, figura 1-7. Este circuito funciona de manera similar al Forward convencional. Cuando los interruptores que funcionan de manera simultanea no conducen, los dos diodos interconectan la fuente de entrada con el primario del transformador, pero con polaridad inversa, restableciendo automaticamente al devanado primario.

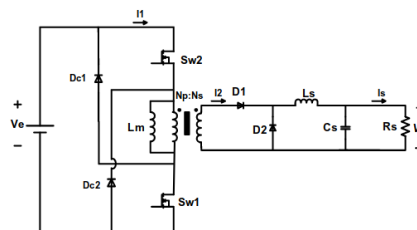


Figura 1-7: Convertidor Forward de dos interruptores.

Figure 18: Diagrama

### 5.2.3 Estructuras de 2 y 4 cuadrantes sin aislamiento

### 5.2.4 Reversible en Corriente

En la aplicacion a una maquina de corriente continua, por ejemplo, la alimentacion con reversibilidad de corriente significaria que la maquina podria trabajar como motor (fase de traccion) o como generador (fase de frenado), sin reversibilidad de velocidad al ser la tension unidireccional, pero con reversibilidad de par al ser la corriente reversible.

### 5.2.5 Puente Completo

La topologia de un Full-Bridge esta representada en la Ilustracion 3. Este convertidor est formado por un inversor de puente completo, un transformador sin aislamiento y un rectificador de salida. La primera etapa del circuito (inversor) transforma la corriente continua en corriente alterna de forma cuadrada. Ademas, dependiendo de las seales recibidas, los interruptores conmutan de forma que entreguen mas o menos potencia. La siguiente etapa (transformador) suministra aislamiento galvanico al circuito ademas de modificar los niveles de tension y corriente en funcion de la relacion de transformacion elegida. La ultima etapa esta compuesta por un rectificador que transforma la corriente alterna en continua y un filtro LC de salida para reducir el rizado resultante.

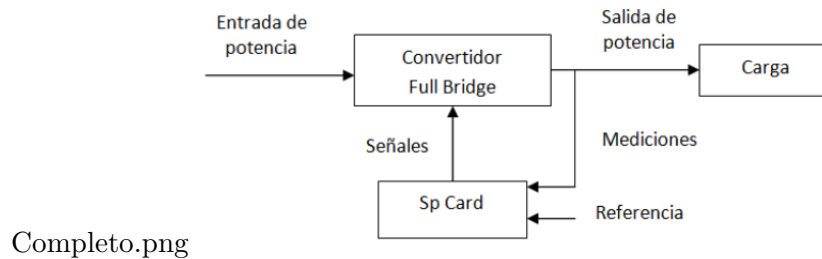


Figure 19: Puente Completo

### 5.2.6 Reversible en Tension

La alimentacion con reversibilidad de tension supondra que la maquina podra girar en ambos sentidos al ser la tension bidireccional, siendo en todo momento el par del mismo signo, al ser la corriente unidireccional.

### 5.2.7 Estructuras con aislamiento de mas de un interruptor controlado

### 5.2.8 Push-Pull

Tiene transistores a la entrada del primario realizando una onda simetrica y diodos en el secundario realizando una rectificacin de doble onda.

### 5.2.9 Half-Bridge

Es una simplificacion del Convertidor Puente teniendo en el primario dos transistores y dos condensadores.

### 5.2.10 Full-Bridge

El funcionamiento es igual en el secundario que en el convertidor de Contrafase y el primario realiza la onda simetrica con cuatro transistores en puente trabajando por parejas.

## 5.3 Elevador Boost

El convertidor Boost (o elevador) es un convertidor DC a DC que obtiene a su salida una tensin continua mayor que a su entrada. Es un tipo de fuente de alimentacin conmutada que contiene al menos dos interruptores semiconductores (diodo y transistor), y al menos un elemento para almacenar energia (condensador, bobina o combinacin de ambos). Frecuentemente se aaden filtros contruidos con inductores y condensadores para mejorar el rendimiento.

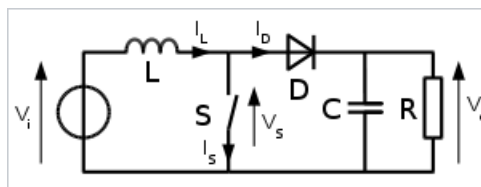


Figure 20: Elevador Boost

## 5.4 Reductor-Elevador

El convertidor reductor-elevador o tambien conocido como buck-boost suministra un voltaje de salida que puede ser mayor o menor al de la entrada,

asi mismo la polaridad del voltaje de salida es inversa a la del voltaje de entrada.

Un convertidor buck-boost se obtiene por medio de la conexion en cascada de los dos convertidores basicos: el convertidor reductor y el convertidor elevador. En estado permanente la relacion de conversion.

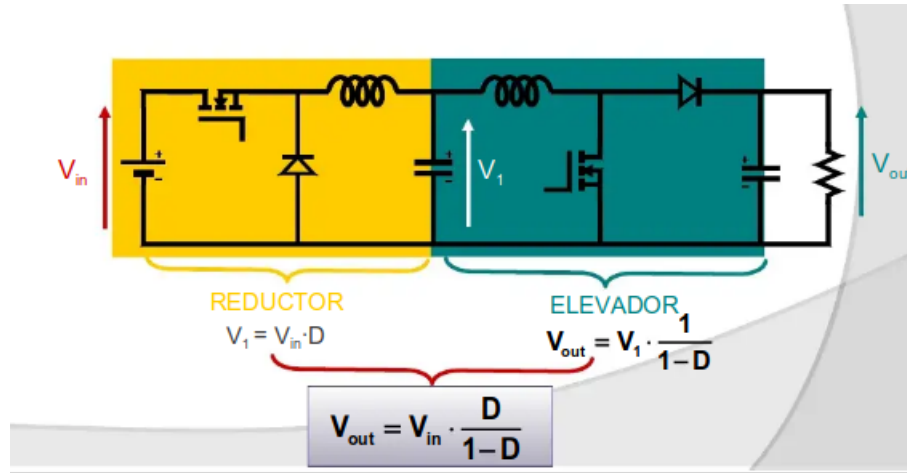
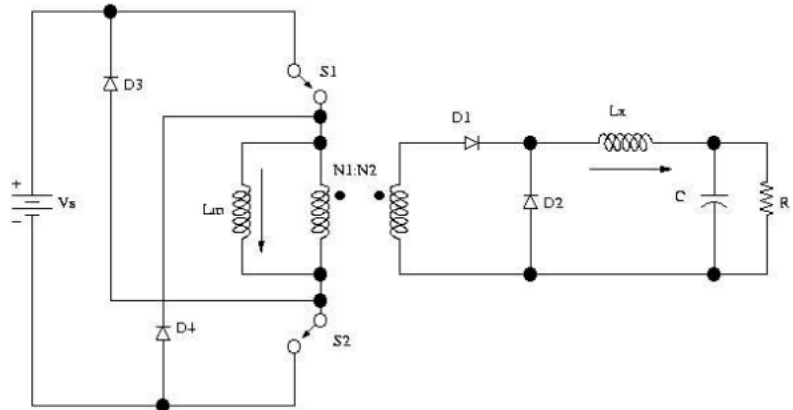


Figure 21: Reductor- Elevador

#### 5.4.1 De Retroceso (Flyback)

La salida puede ser de mayor o menor tension que la de entrada pero con la polaridad invertida. Este tipo de convertidor puede ser de salida aislada de la entrada o no. Y en el modelo que est aislado por medio de un transformador puede ser de varias salidas si el transformador es de multiples secundarios.

### 5.4.2 (Flyback) 2 interruptores



con 2 interruptores.png

Figure 22: Flyback Con 2 Interruptores

## 5.5 Convertidor de Cuk

EL cuk Convert es un conversor de voltaje DC-DC, que trabaja tanto como elevador de voltaje como de reductor de voltaje, esto puede influir o no la corriente de salida, siendo este un conversor muy util, este conversor a diferencia de los explicados anteriormente, acumula la energia en los capacitores en vez de inductores, y posee 2 capacitores y 2 inductores. Para estos sistemas tambien podemos aplicar un control para mejorar su funcionamiento, disminuir el tiempo de respuesta, compensar errores en los voltajes de entrada y eliminar sobre-picos ocasionados por la funcin de transferencia que se utiliza.

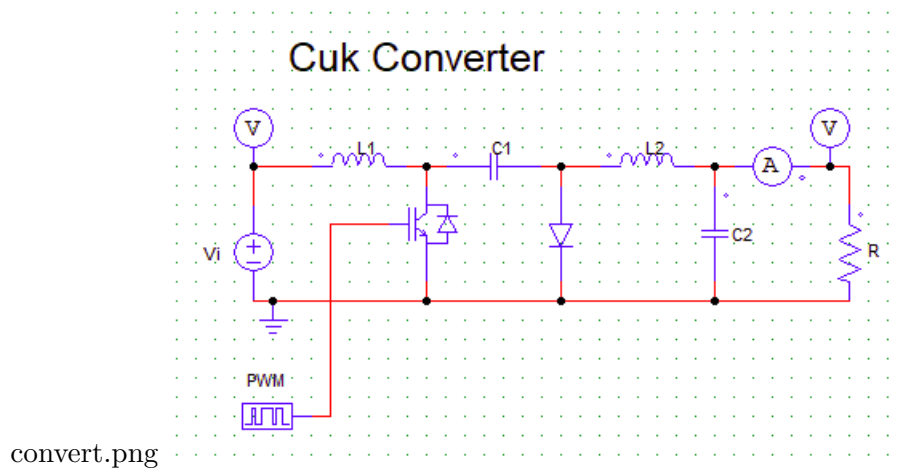


Figure 23: Cuk Convert