

# **CONTROL INDUSTRIAL**

Manual de asignatura

## **Sistema de Universidades Tecnológicas**

**ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

Programa 2004

## Créditos

**Elaboró:** M.I. Aurelio Hernández Rodríguez

**Revisó:**

**Colaboradores:**

**Autorizó:**

## Contenido

### Objetivo general

Aplicar la teoría de control lineal en sistemas industriales.

### Habilidades por desarrollar en general

Escribir la habilidad propuesta que se debe desarrollar en esta asignatura.

		Teoría	Horas Práctica	Total	Página
I	Conceptos generales y terminología De los sistemas de control	5	0	15	3
II	Control Electromagnético	5	15	20	8
III	Control PID	5	10	15	15
IV	Control de Motores Eléctricos	5	15	20	23
V	Variadores de Velocidad	5	10	15	46
	Guía de practicas				62

## I

# CONCEPTOS GENERALES Y TERMINOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

## Objetivo particular de la unidad

Conocer la importancia y características de los sistemas de control en los procesos industriales

## Habilidades por desarrollar en la unidad

Analizar la importancia de los sistemas de control. Incorporar al lenguaje términos relacionados al control industrial.

### 1.1 Introducción.

#### Saber en la Teoría (1.75)

Importancia de los medios de control.

Analizar la importancia del control con ejemplos prácticos (temperatura del cuerpo, conducir un auto, robots, elevadores, computadoras de viaje de automóviles, etc.)

Definir un control automático.

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. El control automático no solo se ve en los sistemas de vehículos espaciales, de guiado de misiles, robóticas y similares, el control automático se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales y de manufactura. Existen múltiples ejemplos como las máquinas de control numérico, el control de motores, el control de temperaturas, presiones, fuerzas, etc. en diversos procesos industriales

El control se comenzó a aplicar a nivel industrial en el siglo XVIII (1700-1799) con éxito, cuando se logró el control de velocidad de una máquina a vapor.

Con el tiempo, se hizo necesario unificar todas las experiencias en una sola teoría que permitiera generalizar los fenómenos para así poder analizar y diseñar (espadas samurai, vidrio, acero para rieles de ferrocarril, etc.). El resultado es la teoría de control, que se inició a principios del siglo XIX, gracias a esto, ya no fue necesario operar procesos a prueba y error, incrementando la eficiencia y la seguridad.

La teoría de control se aplica a sistemas biológicos, biomédicos, económicos, eléctricos, mecánicos, etc.; la ventaja es que el análisis por este medio hace indistinguible un sistema de otro, ya que se generaliza.

Actualmente, existen dos enfoques de la teoría de control: el control clásico y el control moderno.

*Control clásico.* Sistemas de una sola entrada y una sola salida (SISO).

*Control moderno.* Sistemas de múltiples entradas y salidas (MIMO, SIMO y MISO)

En todas las industrias se deben mantener variables en un estado deseado de forma estable, ya sea: presión, humedad, temperatura, iluminación, torque, etc. para esto es necesario implementar un sistema que pueda mantener una variable en un estado estable de forma automática. En el pasado (y aún se hace en nuestros días) se dedicaba a una persona para monitorear el estado de las variables, si estas se salían del rango apropiado, la persona realizaba los ajustes necesarios para que la variable volviera al estado requerido; esto representaba para la empresa costo y tiempo, que repercutía directamente en la calidad de su producto. En la actualidad existen formas de realizar el control de variables de manera automática, esto es ya no se requiere de la supervisión de una persona para que se obtenga el resultado deseado. Existen varias técnicas de control que varían dependiendo de la complejidad del sistema a controlar.

Se considera que se tiene un control manual cuando se asigna a un operador para que esté pendiente de los cambios que experimenta una variable y que él mismo sea el encargado de modificar las variables para que se tenga un comportamiento deseado. Un control automático es aquél en donde un dispositivo eléctrico, electrónico, etc. sustituye al operador en la tarea de manipular alguna variable con la finalidad de tener un comportamiento adecuado en un proceso.

## **Saber Hacer en la practica (0)**

### **1.2 Términos básicos de control.**

#### **Saber en la Teoría(0.75)**

Incorporar al lenguaje términos como variable manipulada y controlada, valores de consigna, control y automatización, perturbaciones y plantas mediante ejemplos prácticos tanto industriales como de la vida diaria.

#### *Objetivos de la teoría de control.*

El objetivo principal de la teoría de control es obtener un desempeño óptimo de un sistema, economizando recursos, reduciendo tiempos de operación y logrando mejor calidad. El control que se realiza en nuestros días utiliza medios eléctricos o electrónicos, ya que estos han demostrado proporcionar una alta certidumbre en su funcionamiento,

son más fáciles de implementar y diseñar que otros medios como los mecánicos y se ocupa menos espacio para su implementación.

Los sistemas de control están íntimamente relacionados con la instrumentación, ya que se deben medir variables físicas de una planta (variables industriales), desde el punto de vista práctico, control es la aplicación de la electrónica (generadores de señal, amplificadores operacionales, semiconductores de potencia, instrumentación electrónica, diseño electrónico, microprocesadores y microcontroladores, hardware DSP, sistemas computacionales, sistemas digitales, etc.) y desde el punto de vista general, es la aplicación de herramientas matemáticas a la solución de problemas del mundo físico.

*Automatización.* Es la sustitución de operaciones humanas por algún medio mecánico, eléctrico, neumático, electro neumático, electro hidráulico, electrónico, etc.

*Controlador.* Es el que provee la excitación para la planta, se diseña para controlar todo el comportamiento del sistema.

*Controlar:* significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado.

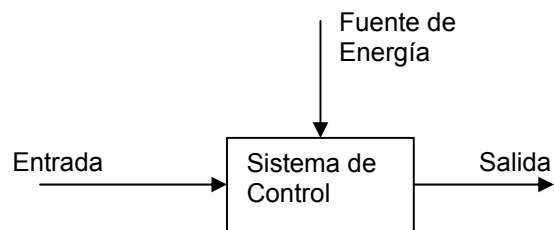
*Perturbaciones:* es una señal que puede afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Las perturbaciones pueden ser internas o externas, las internas se producen dentro del sistema, por ejemplo fricciones en rodamientos en motores, perturbaciones de voltaje debido a apertura y cierre de dispositivos electromecánicos.

Las externas se producen fuera del sistema y son entradas al mismo, por ejemplo: cambios bruscos de temperatura ambiente en cuartos fríos, sobrecargas mecánicas en flechas de servomotores.

*Planta:* parte de un equipo o conjunto de partes de una máquina que funcionan juntas, cuyo propósito es ejecutar una operación particular. Es cualquier objeto físico que se va a controlar.

*Proceso:* es una serie de operaciones o desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden uno al otro en una forma relativamente fija y conducen a un resultado. En resumen proceso es cualquier operación que se va a controlar.

*Sistema:* es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado



Los aspectos de gran importancia son:

- Objetivo de Control.
- Componentes del sistema.
- Comportamiento de las salidas.

*Variable controlada:* es la cantidad o condición que se mide y se controla. La variable controlada es por lo general la variable de salida del sistema. Es la variable que se desea mantener en un rango adecuado (que se desea controlar)

*Variable manipulada:* es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Es la variable a través de la cual se logra el gobierno de la variable controlada

## Saber Hacer en la practica (0)

### 1.3 Sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado.

#### Saber en la Teoría (5)

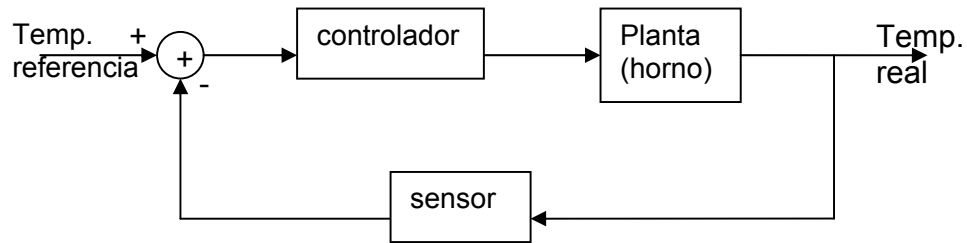
Definir que es un sistema de control de lazo abierto y que es un sistema de control de lazo cerrado.

Definir que es realimentación.

Elementos primarios de medición, elementos finales de control, etc.

*Sistema de Control en lazo abierto:* son sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control. En pocas palabras no se tiene control de la salida.

*Sistema de Control en Lazo Cerrado:* son sistemas retroalimentados, es decir el controlador se alimenta con la señal de error del sistema.



Sistema en lazo Cerrado

*Control retroalimentado.* es una operación que en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia.

Realizar el diagrama de bloques del sistema de control de nivel en un tinaco.

Realizar el diagrama de bloques para el sistema de control de una máquina expendedora de refrescos.

En los hogares se encuentran muchos sistemas de control en lazo abierto y en lazo cerrado. De 3 ejemplos, descríbalos y dibuje su diagrama de bloques.

Mencione 2 ejemplos de sistemas de control retroalimentado en los cuales una persona actúe como controlador.

Saber Hacer en la practica (0



**II****CONTROL ELECTROMAGNÉTICO****Objetivo particular de la unidad**

Conocer y aplicar los diferentes elementos eléctricos del control electromagnético

**Habilidades por desarrollar en la unidad**

Conocer el concepto de control eléctrico, representación y elementos que lo componen.

**2.1 Control Eléctrico.****Saber en la Teoría (5)**

Definición de control eléctrico.

Partes y funcionamiento de los elementos principales que intervienen en el control eléctrico: contactores, relevadores, temporizadores, botoneras, diferentes tipos de interruptores, lámparas indicadoras, etc.

Simbología: diagramas de control americano y europeo.

**CONTROL ELÉCTRICO DE MOTORES.**

Una parte importante del estudio del control eléctrico, lo constituye los tópicos de los llamados circuitos de fuerza o de potencia y el circuito de control. El llamado circuito de control contiene los dispositivos de control que inician el funcionamiento de una máquina.

El concepto de control eléctrico en su sentido más amplio comprende todos los métodos usados par el control de un sistema eléctrico.

El control eléctrico se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos eléctricos que intervienen para cumplir con las funciones específicas de los equipos o maquinarias; sin embargo, en la actualidad el concepto de control eléctrico no solo se refiere a los dispositivos eléctricos convencionales, sino también a dispositivos electrónicos cuyo estudio se relaciona con la electrónica de potencia, lo cual da un mayor grado de complejidad a los circuitos de control.

**CARACTERÍSTICAS DE OPERACION DEL CONTROLADOR**

El trabajo fundamental de un controlador, es el de arrancar y parar el motor, así como el de dar protección al motor, máquina y operador.

El controlador podría ser aprovechado para proporcionar funciones suplementarias que pudieran incluir movimientos reversibles de pulsaciones e inversiones rápidas, operando a diversas velocidades o a niveles reducidos de corriente y par del motor.

### **CONTROLADOR PARA MOTORES**

Un controlador cubriera algunas o todas de las siguientes funciones: arranque, paro, protección de sobrecarga, protección de sobrecorriente, movimientos reversibles, cambios de velocidad, pulsaciones, inversión rápida, control de secuencia, indicador de lámpara piloto. El controlador puede también servir de control para un equipo auxiliar, como por ejemplo; frenos, embragues, solenoides, calentadores y señales. Un controlador puede ser usado para control de un motor o grupo de motores.

### **ARRANCADOR**

Los terminos de “arrancador” y “controlador” significan practicamente lo misma. Estrictamente hablando, un arrancador es la forma más simple de un controlador y es capaz de arrancar y parar el motor y darle protección de sobrecarga.

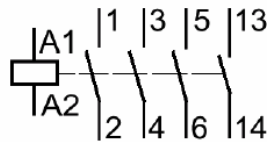
### **EL CONTACTOR**

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

*Aspecto físico:*



*Símbolo:*

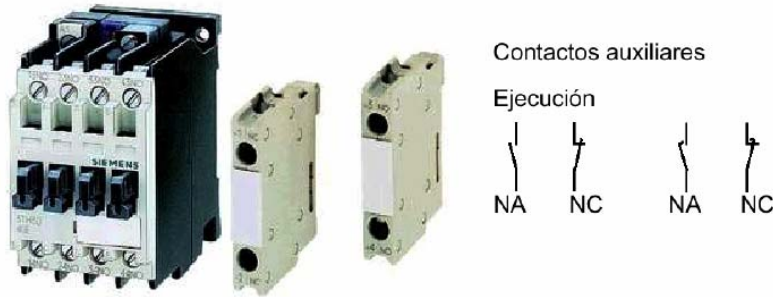


*Contactos auxiliares:*

Para poder disponer de más contactos auxiliares y según el modelo de contactor, se le puede acoplar a este una cámara de contactos auxiliares o módulos independientes, normalmente abiertos (NO), o normalmente cerrados (NC).

*Aspecto Físico:*

*Símbolo*



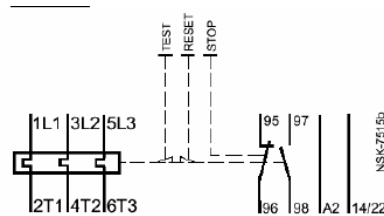
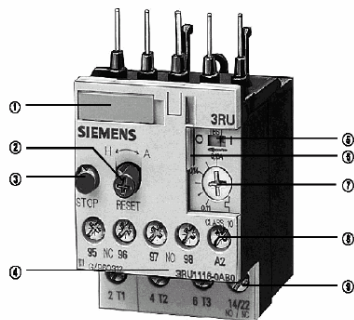
**EL RELÉ DE SOBRECARGA TÉRMICO**

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado se queme. Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetálico y la apertura del relé.

La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor termomagnético.

*Aspecto Físico:*

*Símbolo:*



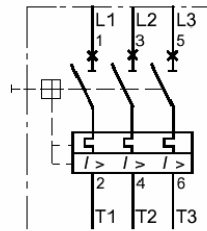
**EL INTERRUPTOR AUTOMÁTICO TERMOMAGNÉTICO .-**

Su misión es la de proteger a la instalación Y al motor, abriendo el circuito en los siguientes casos:

- *Cortocircuito:* En cualquier punto de la instalación.
- *Sobrecarga:* Cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que está calibrada.

*Aspecto Físico:*

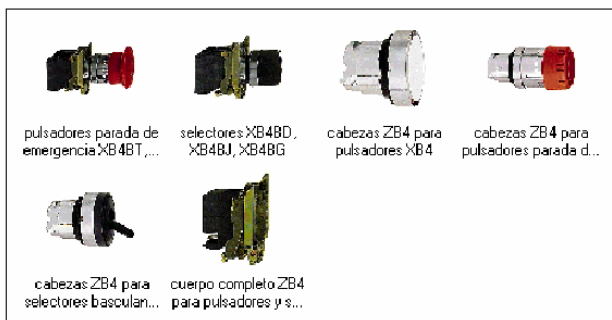
*Símbolo:*



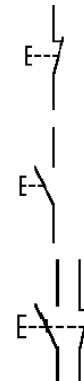
### PULSADORES

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos.

#### Aspecto físico:



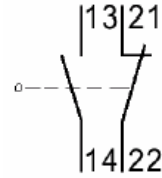
#### Símbolo:



### INTERRUPTORES DE POSICIÓN O FINALES DE CARRERA.-

Este elemento es un interruptor de posición que se utiliza en apertura automática de puertas, como elemento de seguridad, para invertir el sentido de giro de un motor o para pararlo.

#### Aspecto Físico:



**Símbolo:**

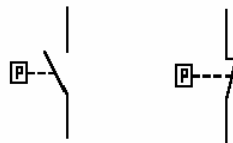
Como se puede observar, el final de carrera está compuesto por un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Cuando se presiona sobre el vástago, cambian los contactos de posición, cerrándose el abierto y viceversa.

**PRESOSTATOS**

El presostato es un mecanismo que abre o cierra unos contactos que posee, en función de la presión que detecta. Esta presión puede ser provocada por aire, aceite o agua, dependiendo del tipo de presostato. Se suelen usar en grupos de presión de agua, poniendo en marcha un motor-bomba cuando la presión de la red no es suficiente.

**Aspecto Físico:**

**Símbolo:**



**DETECTORES INDUCTIVOS.-**

El Detector Inductivo es un fin de carrera que trabaja exento de roces y sin contactos, no está expuesto a desgastes mecánicos y en general es resistente a los efectos del clima. Su empleo es especialmente indicado allí donde se requieren elevadas exigencias, precisión en el punto de conexión, duración, frecuencia de maniobras, y velocidad de accionamiento.

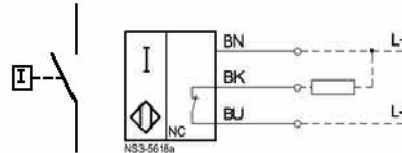
**Funcionamiento:**

El DI es excitado por un campo alterno de alta frecuencia, el cual se origina en la "superficie activa" del DI, la magnitud de este campo alterno determina el "alcance" del aparato. Cuando se aproxima un *material buen conductor eléctrico o magnético*, el campo

se amortigua. Ambos estados (campo amortiguado o no amortiguado) son valorados por el DI y conducen a un cambio de la señal en la salida.

*Aspecto Físico:*

*Símbolo:*



**SENSORES CAPACITIVOS.-**

Estos detectores de proximidad capacitivos son interruptores de límite, que trabajan sin roces ni contactos. Pueden detectar materiales de conducción o no conducción eléctrica, que se encuentran en estado sólido, líquido o polvoriento, entre otros: vidrio, cerámica, plástico, madera, aceite, agua, cartón y papel. El sensor se conecta cuando él y el material se encuentran uno enfrente del otro a una determinada distancia.

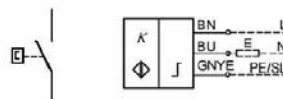
**APLICACIONES:**

- Señalización del nivel de llenado en recipientes de material plástico o vidrio
- Control del nivel de llenado con embalajes transparentes
- Aviso de roturas de hilo en bobinas
- Aviso de rotura de cinta transportadora
- Cuenta de botellas
- Regulación del bobinado y de los esfuerzos de tracción de cintas
- Cuenta de todo tipo de objetos

La superficie activa de un sensor está formada por dos electrodos metálicos dispuestos concéntricamente, éstos se pueden considerar como los electrodos de un condensador. Al acercarse un objeto a la superficie activa del sensor, se origina un campo eléctrico delante de la superficie del electrodo. Esto se traduce con una elevación de la capacidad y el oscilador comienza a oscilar.

*Aspecto Físico:*

*Símbolo*



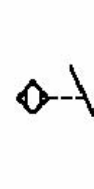
**DETECTORES FOTOELÉCTRICOS.-**

Los DF reaccionan a cambios de la cantidad de luz recibida. El objeto a detectar interrumpe o refleja el haz luminoso emitido por el diodo emisor. Según el tipo de aparato, se evalúa o bien la reflexión del haz luminoso o la interrupción del mismo.

La luz del emisor da en un objeto. Ésta se refleja de forma difusa y una parte de la luz alcanza la parte receptora del aparato. Si la intensidad de luz es suficiente, se conecta la salida. La distancia de reflexión depende del tamaño y del color del objeto así como del acabado de la superficie. La distancia de reflexión se puede modificar entre amplios límites mediante un potenciómetro incorporado.

*Aspecto Físico:*

*Símbolo:*



### **Saber Hacer en la practica (15)**

Conocer físicamente los elementos que intervienen en el control eléctrico, además de sus características eléctricas: contactores, relevadores, temporizadores, botoneras, interruptores, etc.

Utilizar la simbología eléctrica para realizar diagramas de control eléctrico e implementarlos en el laboratorio

Se desarrollará explicativamente la actividad de la práctica. Esto será un ejercicio o una práctica resueltos. Es importante que en esta parte el profesor enseñe a los alumnos como hacer o resolver la parte practica. Usar el mismo tipo de letra, tamaño y párrafo.<sup>1</sup>

**Resolver las prácticas de la Guía de Prácticas de la asignatura.**

---

<sup>1</sup> De esta forma se harán las referencias bibliográficas.

**III****CONTROL PID****Objetivo particular de la unidad**

Aplicar el control PID a los procesos industriales

**Habilidades por desarrollar en la unidad**

Diferenciar los diferentes tipos de controladores industriales.

**3.1 Tipos de controladores.****Saber en la Teoría (3.5)**

Conocer los diferentes tipos de controladores: lógica cableada, hidráulica, neumática, eléctrica, electrónica y lógica programada en PLC, computadora.

***CARACTERÍSTICAS Y LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL CONTROLADOR ON-OFF***

La acción ON-OFF es la forma más básica de control, esta acción tiene las siguientes características:

- 1) Cambia automáticamente si la variable controlada cruza el setpoint.
- 2) Esta acción sólo puede ser usada en aplicaciones que no sean críticas, debido a que la variable controlada nunca se estabiliza en el valor deseado debido a la inercia.
- 3) Es una acción sencilla y fácil de diseñar e implementar.

En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, en muchos casos, son simplemente encendido y apagado (on / off). El control de dos posiciones o de encendido y apagado es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

***Características y la función de transferencia del controlador P***



Para un controlador con acción de control proporcional, la relación entre la salida del controlador  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  es:

$$U(t) = K_p e(t)$$

o bien en cantidades transformadas por el método de Laplace,

$$U(s) / E(s) = K_p$$

en donde  $K_p$  se considera la ganancia proporcional.

La característica de la acción proporcional es que el error de estado estable se reduce pero si se aumenta  $K$  (constante de proporcionalidad), la respuesta del sistema se hace oscilatoria.

### LA ACCIÓN DE CONTROL INTEGRADORA I

#### *Características y la función de transferencia del controlador I*

La acción de control de un controlador integral (I) se define mediante:

$$u(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

o la función de transferencia del controlador es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1}{T_i s}$$

en donde  $T_i$  se denomina *tiempo integral*.  $T_i$  es ajustable. El inverso del tiempo integral  $T_i$  se denomina *velocidad de reajuste*. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto.

La acción integral elimina o reduce el error en estado estable.

### LA ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL PI

#### *Características y la función de transferencia del controlador PI*

La acción de control de un controlador proporcional – integral (PI) se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

o la función de transferencia del controlador es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional Y  $T_i$  se denomina *tiempo integral*. Tanto  $K_p$  como  $T_i$  son ajustables. El tiempo integral ajusta la acción de control integral, mientras que un cambio en el valor de  $K_p$  afecta las partes proporcional e integral de la acción de control. El inverso del tiempo integral  $T_i$  se denomina *velocidad de reajuste*. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto.

La acción derivativa se anticipa o predice el error. El término diferencial ayuda a mejorar la respuesta y la estabilidad.

### LA ACCIÓN DE CONTROL PD

#### *Características y la función de transferencia del controlador PD*

La acción de control de un controlador proporcional – derivativa (PD) se define mediante:

$$U(t) = K_p e(t) + K_p T_d (de(t) / dt)$$

y la función de transferencia es

$$U(s) / E(s) = K_p (1 + T_d s)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional y  $T_d$  es una constante denominada *tiempo derivativo*. Tanto  $K_p$  como  $T_d$  son ajustables. La acción de control derivativa, en ocasiones denominada *control de velocidad*, ocurre donde la magnitud de salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo derivativo  $T_d$  es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción de control proporcional. La acción de control derivativa tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control derivativa nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.

La acción proporcional-derivativa combina la reducción del error de estado estable con la estabilidad de la respuesta.

---

---

**PRACTICA: “CONTROLADORES DE TEMPERATURA ON-OFF”.**

**OBJETIVO:**

- Conocer las características de un controlador de temperatura ON-OFF. Conectar y operar un controlador ON- OFF

**MARCO TEORICO:**

- El controlador de temperatura ON-OFF es el más simple de los controladores. Su señal de salida estará en los estados encendido (ON) o apagado (OFF) pero no en estados intermedios.
- Este tipo de controlador switchea a encendido cuando la temperatura del proceso esta por debajo del punto deseado (setpoint) y cambia a apagado cuando sube por arriba del setpoint.
- 
- Este tipo de controlador es muy usado en procesos térmicos en los cuales la variación de las señales de control son muy lentamente.
- Para prevenir un rápido daño a los contactos producido por la conmutación, se debe considerar una zona de histéresis o zona muerta. Esta zona permite una amortiguación en la variación de la temperatura sin que se produzca la conmutación.
- 

**RECURSOS MATERIALES UTILIZADOS (consumibles):**

**HERRAMIENTAS Y EQUIPO:**

- Interruptor de seguridad 3φ
- Transformador de control 220/127 V
- Controlador de temperatura analógico
- Relevador electromecánico
- Tanque para almacenamiento y calentamiento de líquidos.
- Resistencia calefactora 220 V xxx watts
- Termopar tipo j
- 20 cables con banana varias medidas.
- Multímetro

**DESARROLLO O PROCEDIMIENTO:**

- Monte todos los componentes en banco de trabajo.
- Conecte todos los elementos eléctricos observando cuidadosamente la correcta conexión.
- Confirme sus conexiones con su instructor
- Encienda el interruptor de seguridad
- Asegurese que todos los elementos funcionen adecuadamente.
- Observe que la temperatura se incremente gradualmente
- Ajuste el controlador a una temperatura de 25 C

**ANEXOS (figuras, diagramas, esquemas)**

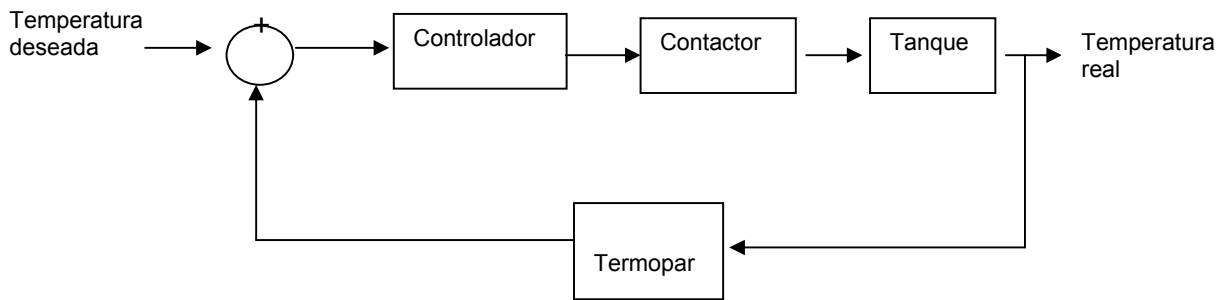


Fig. 1 Diagrama de bloques del sistema de control de temperatura de un tanque

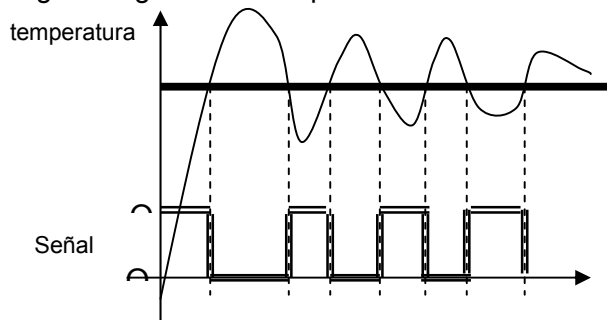


Fig. 2 Variable de salida y señal de control

t

**RECOMENDACIONES Y CUESTIONARIO (incluyendo medidas de seguridad):**  
 Tener cuidado al conectar las líneas de alimentación para evitar una descarga eléctrica o un corto circuito. Arranque hasta que su instructor haya revisado las conexiones

## PRACTICA CONTROLADORES ON- OFF

### OBJETIVO:

Se elaborará un circuito basándose en amplificadores operacionales para la obtención de un circuito controlador de dos posiciones on / off.

### MARCO TEÓRICO

#### ACCIÓN DEL CONTROL DE DOS POSICIONES (on / off)

En un sistema de control de dos posiciones, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, en muchos casos, son simplemente encendido y apagado (on / off). El control de dos posiciones o de encendido y apagado es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

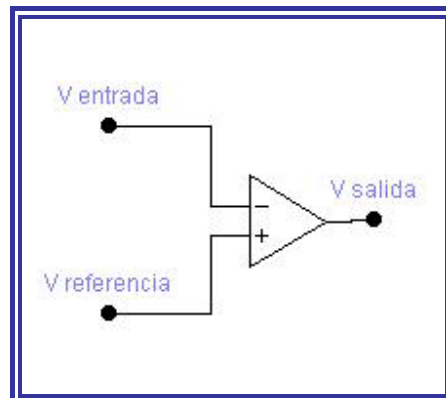
En el control de dos posiciones, la señal de  $E_{out}$  permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de la señal ya sea esta positiva o negativa. El controlador on / off nos ofrece una salida positiva cuando el voltaje de entrada es mayor a  $V_{ref}$  mientras que ofrece un voltaje de 0 o  $-V$  cuando el voltaje de entrada es inferior a  $V_{ref}$ , esto puede ser fácilmente interpretado al no encontrar una repuesta en el Led indicador.

### MATERIALES.

Cantidad	Descripción

### DESARROLLO:

#### CIRCUITO DEL CONTROL DE DOS POSICIONES (on / off)



### 3.2 Controladores PID.

#### Saber en la Teoría (1.5)

Conocer el control PID

#### LA ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL- INTEGRAL- DERIVATIVA. PID

##### Características y la función de transferencia del controlador PID

La combinación de una acción de control proporcional, una acción de control integral y una acción de control derivativa se denomina acción de control proporcional – integral – derivativa (PID). Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

o la función de transferencia es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional,  $T_i$  el tiempo integral y  $T_d$  es el tiempo derivativo.

##### Características de las acciones P, I y D.

La acción proporcional ( $K_p$ ) tendrá el efecto de reducir el tiempo de crecida pero nunca lo eliminará. La acción integral ( $K_i$ ) tendrá el efecto de eliminar el error de estado estable pero puede que empeore la respuesta transitoria. La acción derivativa ( $K_d$ ) tendrá el efecto de incrementar la estabilidad del sistema, reduciendo el sobretiro y mejorando la respuesta transitoria.

Los efectos de cada acción sobre un sistema a lazo cerrado se resumen en la siguiente tabla:

Acción	Tiempo de elevación	Sobretiro	Tiempo de establecimiento	Error de estado estable
$K_p$	Decremento	Incrementa	Cambio pequeño	Decremento
$K_i$	Decremento	Incrementa	Incrementa	Eliminado
$K_d$	Cambio pequeño	Decremento	Decremento	Cambio pequeño

Es necesario hacer notar que las correlaciones anteriores pueden no ser exactas, debido a que las acciones dependen unas de otras, de hecho si cambia una variable, lo hacen las otras dos. Por esta razón, la tabla anterior debe usarse sólo como referencia para determinar los valores para  $K_i$ ,  $K_p$  y  $K_d$ .

En un PID, la acción integral es más efectiva a bajas frecuencias, la proporcional a frecuencias moderadas y el diferencial a altas frecuencias; las frecuencias son relativas al ancho de banda del proceso.

### **Saber Hacer en la practica (4)**

Realizar el control PID de temperatura, presión, flujo, nivel

---

# IV

## CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

### Objetivo particular de la unidad

Aplicar el control eléctrico a los diferentes tipos de motores eléctricos

### Habilidades por desarrollar en la unidad

Desarrollar sistemas de control eléctrico para motores.

#### 4.1 Motor eléctrico .

##### Saber en la Teoría (0.5)

Conocer los diferentes tipos de motores eléctricos de CA y CD.

Conocer sus características eléctricas de arranque, trabajo a plena carga y sobre tensión.

##### Motores de corriente continua

En general, los motores de corriente continua son similares en su construcción a los generadores. De hecho podrían describirse como generadores que funcionan al revés. Cuando la corriente pasa a través de la armadura de un motor de corriente continua, se genera un par de fuerzas por la reacción magnética, y la armadura gira (véase Momento de una fuerza). La acción del conmutador y de las conexiones de las bobinas del campo de los motores son exactamente las mismas que usan los generadores. La revolución de la armadura induce un voltaje en las bobinas de ésta. Este voltaje es opuesto en la dirección al voltaje exterior que se aplica a la armadura, y de ahí que se conozca como voltaje inducido o fuerza contraelectromotriz. Cuando el motor gira más rápido, el voltaje inducido aumenta hasta que es casi igual al aplicado. La corriente entonces es pequeña, y la velocidad del motor permanecerá constante siempre que el motor no esté bajo carga y tenga que realizar otro trabajo mecánico que no sea el requerido para mover la armadura. Bajo carga, la armadura gira más lentamente, reduciendo el voltaje inducido y permitiendo que fluya una corriente mayor en la armadura. El motor puede así recibir más potencia eléctrica de la fuente, suministrándola y haciendo más trabajo mecánico.

Debido a que la velocidad de rotación controla el flujo de la corriente en la armadura, deben usarse aparatos especiales para arrancar los motores de corriente continua. Cuando la armadura está parada, ésta no tiene realmente resistencia, y si se aplica el voltaje de funcionamiento normal, se producirá una gran corriente, que podría dañar el conmutador y las bobinas de la armadura. El medio normal de prevenir estos daños es el uso de una resistencia de encendido conectada en serie a la armadura, para



disminuir la corriente antes de que el motor consiga desarrollar el voltaje inducido adecuado. Cuando el motor acelera, la resistencia se reduce gradualmente, tanto de forma manual como automática.

La velocidad a la que funciona un motor depende de la intensidad del campo magnético que actúa sobre la armadura, así como de la corriente de ésta. Cuanto más fuerte es el campo, más bajo es el grado de rotación necesario para generar un voltaje inducido lo bastante grande como para contrarrestar el voltaje aplicado. Por esta razón, la velocidad de los motores de corriente continua puede controlarse mediante la variación de la corriente del campo.

### **Motores de corriente alterna**

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna. La velocidad constante de un motor síncrono es ventajosa en ciertos aparatos. Sin embargo, no pueden utilizarse este tipo de motores en aplicaciones en las que la carga mecánica sobre el motor llega a ser muy grande, ya que si el motor reduce su velocidad cuando está bajo carga puede quedar fuera de fase con la frecuencia de la corriente y llegar a pararse. Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor de la flecha y paralelos a él. Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas de la armadura fija genera un campo magnético rotatorio, y éste induce una corriente en los conductores de la jaula. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor que transportan la corriente hace que éste gire. Si el rotor da vueltas exactamente a la misma velocidad que el campo magnético, no habrá en él corrientes inducidas, y, por tanto, el rotor no debería girar a una velocidad síncrona. En funcionamiento, la velocidad de rotación del rotor y la del campo difieren entre sí de un 2 a un 5%. Esta diferencia de velocidad se conoce como caída.

Los motores con rotores del tipo jaula de ardilla se pueden usar con corriente alterna monofásica utilizando varios dispositivos de inductancia y capacitancia, que alteren las características del voltaje monofásico y lo hagan parecido al bifásico. Este tipo de motores se denominan motores multifásicos o motores de condensador (o de capacidad), según los dispositivos que usen. Los motores de jaula de ardilla monofásicos no tienen un par de arranque grande, y se utilizan motores de repulsión-inducción para las aplicaciones en las que se requiere el par. Este tipo de motores pueden ser multifásicos o de condensador, pero disponen de un interruptor manual o automático que permite que fluya la corriente entre las escobillas del conmutador

cuando se arranca el motor, y los circuitos cortos de todos los segmentos del conmutador, después de que el motor alcance una velocidad crítica. Los motores de repulsión-inducción se denominan así debido a que su par de arranque depende de la repulsión entre el rotor y el estátor, y su par, mientras está en funcionamiento, depende de la inducción. Los motores de baterías en serie con conmutadores, que funcionan tanto con corriente continua como con corriente alterna, se denominan motores universales. Éstos se fabrican en tamaños pequeños y se utilizan en aparatos domésticos.

### Arranque directo de motores trifasicos

Es el sistema de arranque mas simple obtenido en un solo tiempo, pues consiste en conectar directamente a la red, a través de un interruptor, contactor, etc, de un motor,

Con este sistema el motor absorbe una corriente de arranque que oscila de 3 a 7 veces la intensidad nominal, el par de arranque es siempre superior al par nominal y permite el arranque rápido de una maquina a plena carga.

La ventaja que tiene es la simplicidad del material necesario para la puesta en marcha y un par de arranque muy energético. El inconveniente es la elevada corriente de arranque, que por lo tanto, puede provocar una caída de tensión, la cual deberá tenerse en cuenta, pues se debe limitara un 5 % con objeto de tener un buen cierre de los elementos de conexión ( interruptores, contactores, etc) y no disminuir el par de arranque.

Las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos deben soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor.

El campo de aplicación de este tipo de arranque es para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red y para maquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

Cuando llegan a igualarse el par del motor y el resistente, la velocidad se estabiliza junto con la corriente de la línea.

Normalmente este sistema de arranque está limitado para la apuesta en marcha de motores con una potencia no superior a 4 o 5 caballos aproximadamente, así la intensidad de arranque puede ser absorbida por la línea de distribución.

### Inversión del sentido de giro de un motor trifasico

Cuando la maquina accionada tenga que girar en dos sentidos, bastará con cambiar dos de las tres fases de alimentación del motor para que invierta el sentido, que se consigue porque se cambia el sentido del campo giratorio del estator y por consiguiente el de inducido.

En las maquinas herramientas, como torno, fresadores, etc, que la inversión se realiza con cierta frecuencia, esta maniobra se realiza mediante contactores cuyo control se consigue por medio de pulsadores, finales de carrera, temporizadores, etc.

No es conveniente hacer la inversión bruscamente sino esperar a que el motor este parado y luego invertir el sentido de giro.

Los inversores constan de un equipo de dos contactores enclavados entre si de tal manera que si funciona uno el otro no funcione, o sea que exista un enclavamiento entre

ellos, pues si pudiese conectar los dos contactores a la vez al estar cambiadas dos de las tres fases se produciría un cortocircuito.

### Arranque de un motor trifasico en Estrella - Triángulo

Los motores trifasicos absorben en el momento de arranque más intensidad de la nominal. Este aumento de intensidad en el arranque provoca una sobrecarga en la línea que a su vez origina una caída de tensión pudiendo ser perjudicial para otros receptores. En los motores de jaula de ardilla, la intensidad de arranque supera de 3 a 7 veces la nominal.

Para evitar este aumento de intensidad se utiliza el arranque estrella - triángulo, que consiste en conectar el motor en estrella a la tensión correspondiente a triángulo, transcurrido unos segundos, cuando el motor casi ha alcanzado su velocidad nominal, se pasa a triángulo.

Para que se pueda efectuar el arranque estrella - triángulo, la tensión de la línea debe ser igual a la correspondiente a la tensión en triangulo del motor, o sea la menor de la indicada en la placa de características del motor.

El conmutador estrella - triángulo es el aparato utilizado para este tipo de arranque, que permite el arranque del motor en estrella y luego en triángulo. Estos conmutadores pueden ser:

Manuales: de cuchillas y rotativos.  
Automáticos: por medio de contactores.

### Conexion de motores trifasicos en estrella - triángulo

Conexión en triángulo

Conexión en estrella

### Arranque de motores a tensión reducida

#### *Arranque por eliminación de resistencias estatoricas*

Este procedimiento consiste en intercalar durante el periodo de arranque unas resistencias en serie entre la línea y el estator del motor, limitando así la punta de intensidad en el arranque, la misma proporción que la tensión en bornes del motor y el par de arranque en la razón del cuadrado de esta reducción.

La eliminación de estas resistencias se realiza manual o automáticamente en uno o mas puntos según la potencia del motor y las características de la maquina accionada.

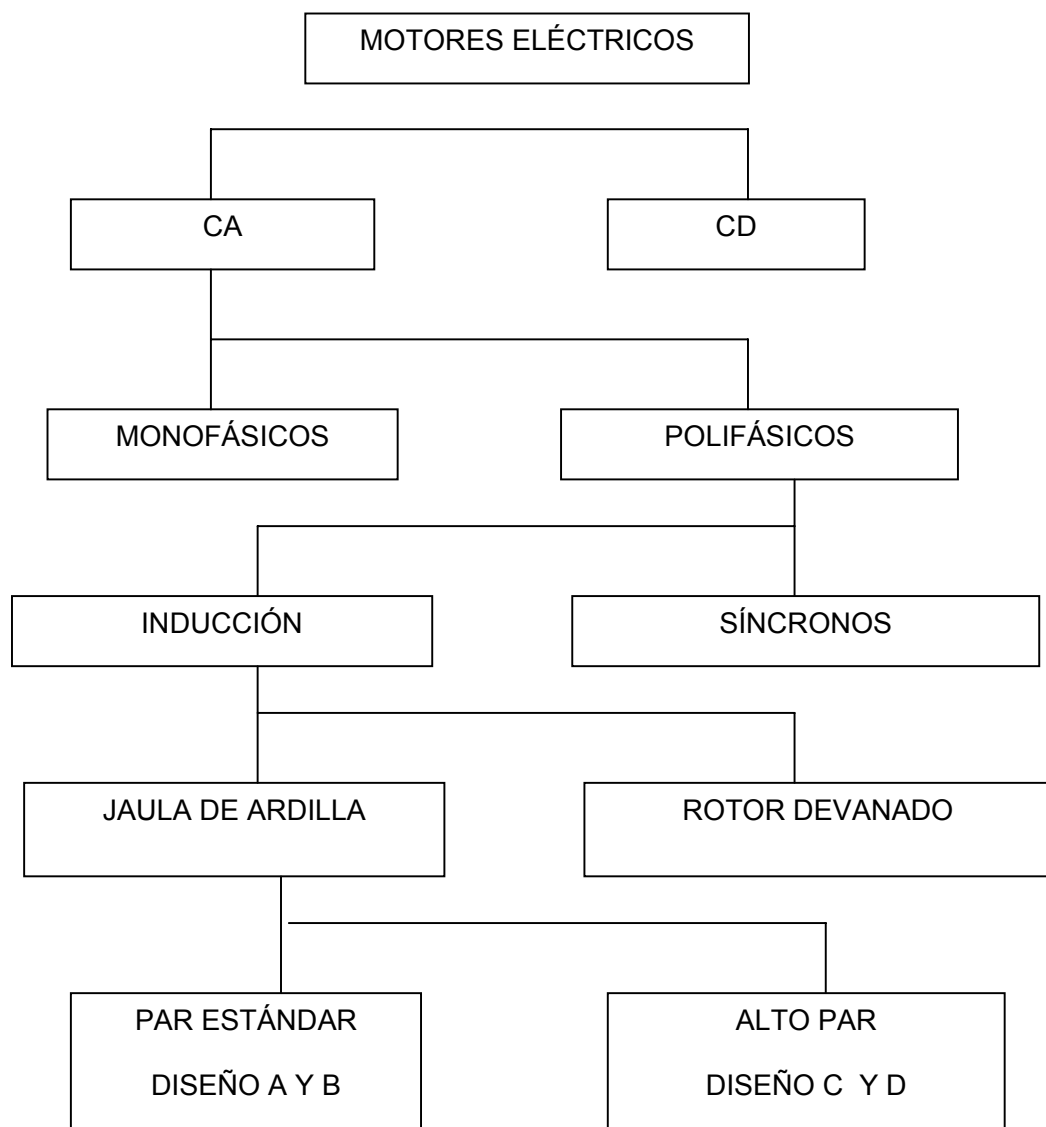
Normalmente se realiza en dos tiempos, aunque podría hacerse en mas pero los resultados obtenidos no lo justifican.

Durante el primer tiempo ( eliminación de la primera mitad de las resistencias) se obtienen las características reseñadas anteriormente, o sea para un par de arranque igual al conseguido en un estrella - triángulo, la punta de intensidad será mas elevada.

En el segundo tiempo se cortocircuitan las resistencias y el motor queda conectado a plena tensión. La punta de intensidad y el par de arranque queda al comienzo de este tiempo son más débiles que en el arranque estrella - triángulo, ya que se realiza a una velocidad superior.

en este tipo de arranque y debido a que en el paso a plena tensión del motor no se desconecta de la red, no se produce ningún fenómeno transitorio. Se utiliza para el accionamiento de máquinas centrifugas y cuyo par resistente es bajo durante periodo de arranque, aunque se pueda aumentar en velocidad, su utilidad principal está en máquinas como: bombas, compresores. Las resistencias de arranque deben dimensionarse correctamente.

### TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS

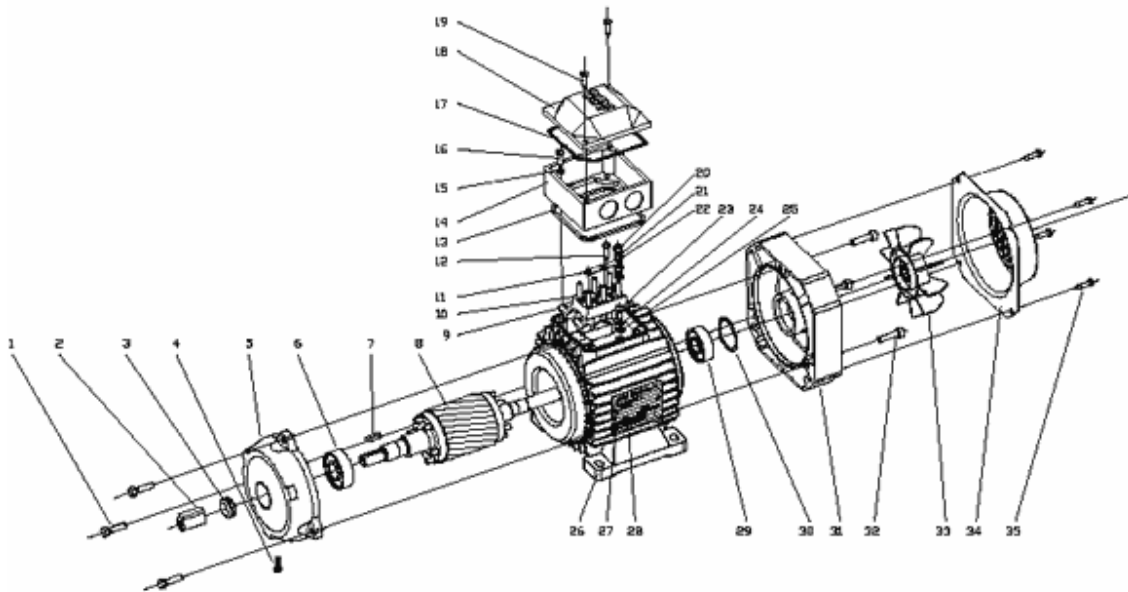


### Saber Hacer en la practica (3)

Identificar físicamente los diferentes tipos de motores.

Identificar los motores de rotor de jaula de ardilla de nueve y seis puntas.

Conexiones estrella y triangulo.



## 4.2 Protección de motores eléctricos. .

### Saber en la Teoría (1.5)

Conocer los diferentes dispositivos de protección contra sobrecarga y corto circuito de los motores eléctricos.

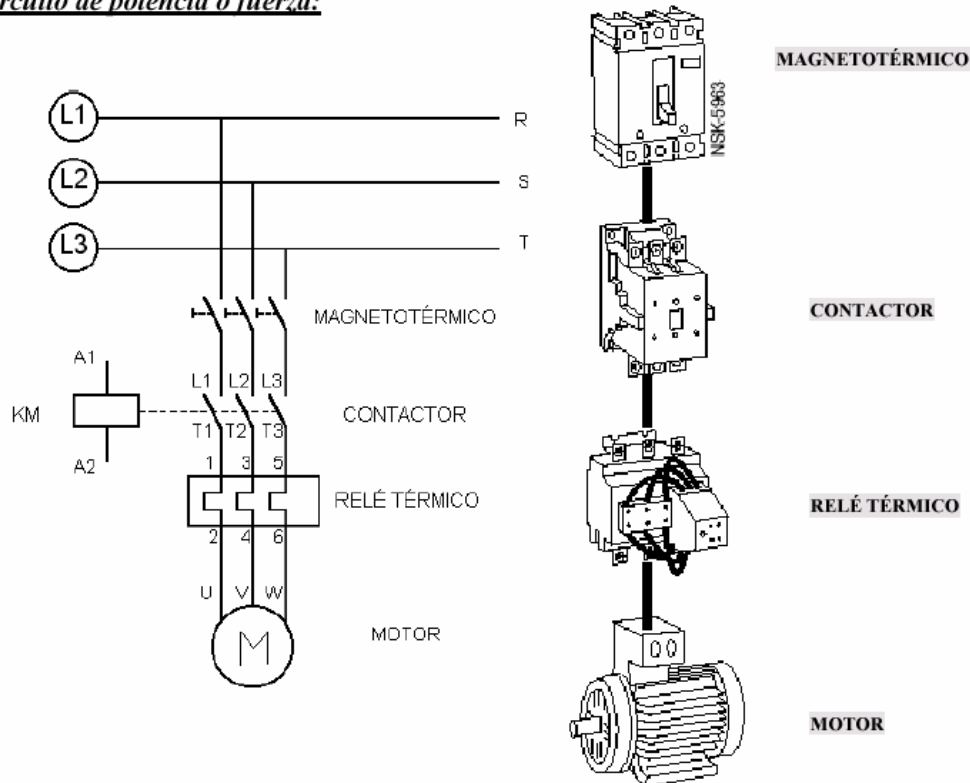
Simbología

#### **CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN UNA INSTALACIÓN.-**

En una instalación eléctrica se distinguen tres tipos de circuitos:

**Circuito de potencia o fuerza.**

**Circuito de control.**

**Circuito de potencia o fuerza:**

L1, L2 y L3 corresponden con las tres fases R, S y T de la corriente alterna trifásica que alimenta el circuito.

En cuanto al motor se trata de un motor de inducción trifásico, que deberá estar conectado en “estrella” o “triángulo”, según sea necesario.

Es conveniente indicar las letras o números correspondientes a los terminales de cada mecanismo.

**Saber Hacer en la practica (0.5)**

Identificar los diferentes tipos de protecciones.

Se desarrollará explicativamente la actividad de la práctica. Esto será un ejercicio o una práctica resueltos. Es importante que en esta parte el profesor enseñe a los alumnos como hacer o resolver la parte practica. Usar el mismo tipo de letra, tamaño y párrafo.<sup>2</sup>

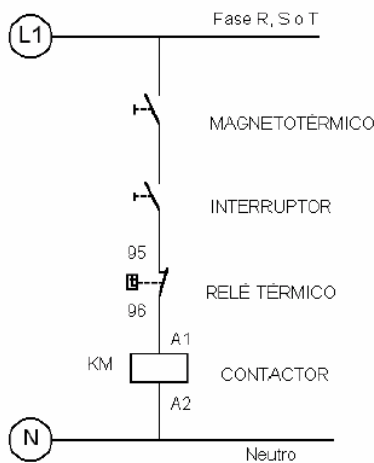
**Resolver las prácticas de la Guía de Prácticas de la asignatura.****4.3 Control Eléctrico de Motores .****Saber en la Teoría (2)**

<sup>2</sup> De esta forma se harán las referencias bibliográficas.

Aplicar los diferentes elementos eléctricos al control de motores eléctricos.

**Circuito de Control:**

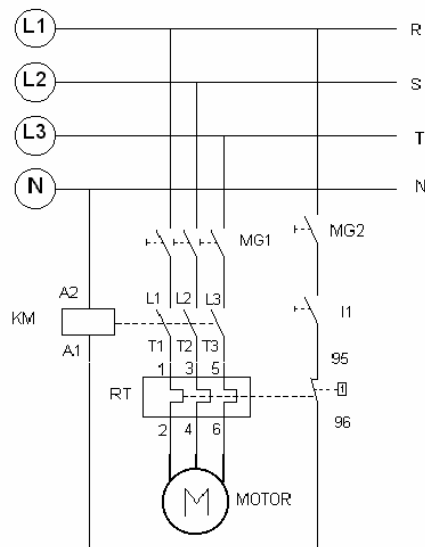
El circuito de control es el que estará sometido a la *menor tensión posible*. Teniendo en cuenta que el receptor de este circuito es la bobina (A1-A2) del contactor, la intensidad que circulará por él será muy inferior a la del circuito de fuerza, por lo tanto la *sección* de los conductores puede ser *inferior* a la del circuito anterior.



**Diagrama de conexiones:**

Uniendo en un solo diagrama el **circuito de fuerza** y el de **control**, obtenemos el **circuito de conexiones**. En él podemos ver con claridad como se conectan todos los elementos de la instalación.

Circuito de conexiones:



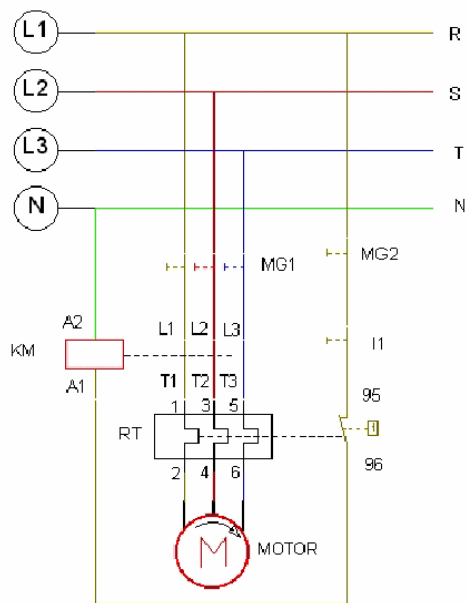
**Funcionamiento del circuito:**

Una vez realizado el montaje del circuito, para comprobar su funcionamiento, seguiremos los siguientes pasos:

1. Cerramos el termomagnético del circuito de fuerza MG1.
2. Cerramos el termomagnético del circuito de maniobras MG2.
3. Por último cerramos el interruptor I1.

La corriente circulará hacia la bobina del contactor KM, apareciendo entre los terminales A1 y A2 una tensión de 220 V. La bobina al tener un núcleo de hierro se convierte en un electroimán, atrayendo los contactos del contactor que se cierran, permitiendo el paso de la corriente hacia el motor.

Cuando esté funcionando el motor, el circuito de conexiones quedará de la siguiente forma:



## DIAGRAMA DE ALAMBRADO

El diagrama de alambrado muestra tan cerca como es posible, la localización real de todas las partes componentes del arrancador. Como se indican las conexiones y marcas terminales, éste tipo de diagramas resulta de mucha ayuda cuando se trate de alambrear el arrancador ó de localizar los alambres cuando se trata de algún problema.

Convencionalmente en equipos magnéticos de corriente alterna, los alambres en negro se usan en circuitos de potencia y el alambrado en rojo se usa para los circuitos de control.

Un diagrama de alambrado sin embargo, está limitado en su capacidad para convertir un esquema en un detalle de la secuencia de operación de un controlador. Cuando se



desee una ilustración del circuito en su forma más simple, se utiliza el diagrama elemental.

### **DIAGRAMA ELEMENTAL**

El diagrama elemental proporciona una delineación del circuito en forma rápida y fácilmente entendible. No se indican en él los dispositivos y componentes en sus posiciones reales. Todos los componentes del circuito de control, se indican tan directamente como son posibles, entre un par de líneas verticales que representan el control del suministro de energía. El arreglo de los componentes se diseña para mostrar la secuencia de operación de los dispositivos y ayuda a entender la forma en que opera el circuito. El efecto de operar varios dispositivos de control entrelazados con contactos auxiliares puede ser fácilmente observado; esto ayuda en el acto a encontrar los problemas que se presenten, particularmente con los controladores más complejos. Esta forma de diagrama algunas veces se le da el nombre de diagrama lineal o esquemático.

### **PULSACION (JOGGING)**

Esta acción describe arranque y paro repetidos de un motor, a intervalos frecuentes por periodos de tiempos cortos. Un motor podría ser sometido a estas condiciones de trabajo cuando una pieza de carga movida debe ser colocada en una posición adecuada de acercamiento; por ejemplo, cuando se pone en posición la mesa o tanto de una cilindreadora o rectificadora horizontal durante su colocación. Si este movimiento debe ocurrir más de 5 veces por minuto, los estándares NEMA requieren que el arrancador sea reclasificado, disminuyendo los valores de sus características eléctricas nominales.

Un arrancador tamaño NEMA 1 tiene un rango normal de trabajo de 7 1/2 HP a 220 V, polifásico. En aplicaciones de movimiento pulsatorio, este mismo arrancador tiene una capacidad máxima de 3 HP.

### **PARO DEL MOTOR POR INVERSION DEL PAR ELECTRICO (PLUGGING)**

Cuando un motor esta operando en una dirección y momentaneamente se reconecta para invertir la dirección de rotación, el motor rápidamente cesa su marcha. Si un motor se opera así más de 5 veces por minuto, será necesario reclasificar el controlador, debido al calentamiento de los contactos.

El cambio de par puede hacerse si la máquina movida y su carga no se vieran danadas por la inversion del par del motor.

### **CONTACTO DE CIRCUITO DE RETENCIÓN.**

El circuito de retención es un contacto auxiliar normalmente abierto que se encuentra en los arrancadores magnéticos normales y en los contactores. Se cierra cuando la bobina está excitada para formar un circuito sostenido en el arrancador, después de que el botón de "arranque" haya sido liberado. Los contactores de acción vertical. (Arrancadores de tamaño NEMA más pequeño tamaño 0, tamaño 1) tienen un contacto auxiliar que es físicamente del mismo tamaño que el de los contactores de energía.

## **CONTACTOS AUXILIARES ELÉCTRICOS.**

En adición a los contactos principales o contactos de energía que llevan la corriente del motor, y el contacto de circuito sostenido, a un arrancador puede agregársele varios contactos auxiliares externos, comúnmente llamados contactos auxiliares eléctricos; estos contactos están clasificados para llevar sólo corrientes de circuito de control, y no corrientes del motor. Se dispone de las versiones normalmente abiertos (N. A.) y normalmente cerrados (N. C.).

Entre una amplia variedad de aplicaciones, los contactos auxiliares pueden ser usados para controlar otros dispositivos magnéticos donde se desee una operación de secuencia, o para prevenir en forma eléctrica que otro controlador sea excitado al mismo tiempo y para cerrar e interrumpir circuitos de indicación o dispositivos de alarma, tales como lámparas piloto, campanas u otras señales.

## **DISPOSITIVO DE CONTROL. DISPOSITIVO PILOTO.**

Un dispositivo que es operado por algún medio no eléctrico (tal como el movimiento de una palanca) y que tiene contactos en el circuito de control de un arrancador, es llamado "Dispositivo de Control". La operación del dispositivo de control, controlará el arrancador y éste al motor. Los dispositivos de control típicos son las estaciones de control, interruptores de límite, interruptores de pie, interruptores de presión e interruptores de flotador. El dispositivo de control puede ser de contacto mantenido o de contacto momentáneo. Algunos dispositivos de control tienen designación de rango de potencia y se usan para controlar directamente pequeños motores a través de la operación de sus contactos. Cuando se usa en esta forma, normalmente deberá ser provista una protección por separado de sobrecarga (tal como un arrancador manual) ya que el dispositivo de control usualmente no incorpora una protección de sobrecarga.

## **CONTACTO SOSTENIDO**

Un dispositivo de control de contacto sostenido es el que al operarse hará que un juego de contactos se abran o se cierren y permanezcan abiertos o cerrados hasta que ocurra deliberadamente una operación inversa. Un termostato convencional es un dispositivo típico de contacto mantenido. Los dispositivos de control mantenido se usan con el control de dos hilos.

## **CONTACTO MOMENTÁNEO.**

Una estación de botones es un dispositivo de control de contacto momentáneo. Al empujar el botón motivará que los contactos NO se cierren y que los contactos NC se abran. Cuando el botón queda libre, los contactos vuelven a su estado original. Los dispositivos de contacto momentáneo se usan con el control de tres hilos o servicio con pulsaciones.

## **ARRANCADOR A TENSIÓN PLENA.**

Como su nombre lo indica, un arrancador de tensión plena o a través de la línea, directamente conecta al motor a las líneas. El arrancador puede ser manual o magnético.

Un motor conectado en esta forma, demanda una corriente alta transitoria de arranque y desarrolla un máximo par de arranque que acelera la carga a pleno velocidad en el tiempo más corto posible.

Con algunas cargas, el alto par de arranque podría dañar las bandas, engranes y coples, así como el material que esté en proceso. Una alta corriente transitoria puede repetir altas y bajas de tensión en la línea, lo que causaría centelleos y disturbios a otras cargas. Las corrientes de arranque más bajas y los pares de torsión son por lo tanto, requeridas a menudo y se lleva a cabo con arranque a tensión reducida

El arranque a través de la línea puede ser usado donde esta corriente elevada transitoria y el par de arranque no sean objetables.

### **CONTROL COMÚN.**

El circuito de la bobina de un arrancador magnético o contactor, es distinto del circuito de energía. El circuito de la bobina podría ser conectado a cualquier fuente de energía monofásica y el controlador podría funcionar, si la tensión y la frecuencia de la fuente de alimentación, corresponden a las de datos de la placa de la bobina. Cuando el circuito de control está conectado a las líneas 1 y 2 del arrancador, el voltaje del circuito de control es siempre el mismo que el voltaje del circuito de potencia y el término "Control Común" es usado para describir esta relación. Las otras variaciones incluyen un control separado y a través de un transformador de control.

### **TRANSFORMADOR DE CONTROL.**

Algunas veces es necesario operar el botón operador u otro dispositivo del circuito de control a cierto voltaje menor que el voltaje del motor. En el diagrama A, un transformador de control monofásico (con voltaje dual de 220-440 volts primarios, 120 volts secundarios) tiene sus 440 volts primarios en el arrancador, con circuito de control de tres hilos.

Sin embargo, nótese que el circuito de control se conecta ahora a los 120 volts secundarios del transformador, en vez de que sea conectado a las líneas 1 y 2 como en el control común.

La tensión de la bobina es por lo tanto de 120 volts y la estación de botones u otros dispositivos de control, operan a este mismo voltaje. A menudo se usa un fusible para proteger el circuito de control y es una práctica común poner a tierra un lado del secundario del transformador.

### **CONTROL SEPARADO.**

El control de un circuito de potencia por medio de una tensión más baja en el circuito de control, puede también obtenerse conectando el circuito de la bobina a una fuente de tensión separada, en vez de un transformador secundario.

El término usado para describir este arreglo en el alambrado, es de "Control Separado". Como resulta evidente del diagrama B, la tensión y frecuencia nominales de la bobina deben ser iguales a las de la fuente separada de control; pero el circuito de potencia puede ser de cualquier tensión (hasta de 600 Volts máximos).

### **CONTACTOR.**

La clasificación general de "Contactor" cubre un tipo de aparato electromagnético diseñado para manejar corrientes relativamente altas.

El contactor convencional es idéntico en apariencia, construcción y capacidad de llevar la corriente, equivalente en tamaño NEMA del arrancador magnético. El ensamble del magneto y la bobina, los contactos, el contacto auxiliar del circuito de sostén y otras características estructurales son las mismas.

La diferencia significativa es de que el contactor no proporciona protección de sobrecarga. Los contactores se usan por lo tanto, para interrumpir corrientes elevadas, sin carga de motores y si se usan con éstas la protección de sobrecarga deberá proporcionarse separadamente. Una aplicación típica de esto último se encuentra en un arrancador reversible.

### **CONTACTORES ELÉCTRICAMENTE SOSTENIDOS.**

En un contactor convencional la corriente fluye a través de la bobina creando una fuerza magnética que sella la armadura y mantiene los contactos en posición de operados (los contactos normalmente abiertos se mantendrán cerrados y los contactos normalmente cerrados se mantendrán abiertos): Debido a que la acción del contactor es dependiente del flujo de corriente que pasa a través de la bobina, al contactor se le describe como "eléctricamente sostenido". Tan pronto como la bobina es desenergizada, los contactos vuelven a su posición inicial. La versión de contactores mecánicamente sostenidos también se encuentra disponible. La acción se lleva a cabo por el uso de dos bobinas y un mecanismo de sostén. Energizando la bobina (bobina de sostén) a través de una señal momentánea, hará que los contactos cierren ó abran y un sostén mecánico mantiene a los contactos en esta posición, aun cuando la señal inicial sea interrumpida y desenergizado la bobina. Para restaurar los contactos a su posición inicial, una segunda bobina (sin sostén mecánico) es momentáneamente energizada.

Los contactores y relevadores mecánicamente sostenidos se usan en donde sería objetable el zumbido ó ruido de un dispositivo eléctricamente sostenido, como en auditorios, hospitales, iglesias, etc.

### **ARRANCADOR MAGNÉTICO COMBINADO.**

Se llama así al arrancador magnético combinado con un dispositivo de protección de cortocircuito, ambos en un solo gabinete.

Comparando separadamente el dispositivo (interruptor de fusibles o interruptor termomagnético) de protección de cortocircuito y el arrancador magnético, la unidad combinada ocupa menos espacio, requiere menos tiempo de instalación y alambrado y proporciona mayor seguridad.

La seguridad al personal es confiable, porque la puerta está mecánicamente trabada, así que no puede ser abierta si no se desconecta primeramente el interruptor de fusibles o termomagnético. Los arrancadores magnéticos combinados pueden proporcionarse en versiones reversibles y no reversibles.

### **RELEVADORES DE CONTROL Y CONTACTORES.**

Un relevador de control es un dispositivo electromagnético similar en sus características de operación a un contactor. Sin embargo, el contactor se emplea generalmente para interrumpir los circuitos de potencia o las cargas de corriente elevadas.

Los relevadores con muy pocas excepciones, se usan en circuitos de control y consecuentemente, los rangos más bajos (15 amperes máximos a 600 volts) reflejan los niveles de corriente al cual ellos operan.

Los contactores tienen generalmente de uno a cinco polos. Aunque pueden suministrarse con contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, la gran mayoría de aplicaciones usan la configuración de contactos normalmente abiertos, y existe poca si la hay, conversión de operación de contactos en el campo de trabajo.

Comparados con los contactores, es común encontrar relevadores que se empleen en aplicaciones que requieran de 10 a 12 polos por dispositivo, con varias combinaciones de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados. Además, algunos relevadores tienen contactos convertibles, lo que permite cambios en el campo de operación de NO. a N.C. o viceversa, sin requerir equipos o componentes adicionales.

## **RELEVADORES DE CONTROL.**

Un relevador es un dispositivo electromagnético cuyos contactos se usan en los circuitos de control de los arrancadores magnéticos, contactores, solenoides reguladores de tiempo y otros relevadores. Los relevadores se usan generalmente para amplificar la capacidad de contacto o multiplicar las funciones de interrupción y cierre de un dispositivo piloto.

### **RELEVADORES DE CONTROL DE TIEMPO (TEMPORIZADORES)**

Cuando en un proceso se requiere controlar el tiempo, dar una cierta secuencia o cumplir con funciones a intervalos de tiempo, se usan estos dispositivos.

El Principio de operación puede ser neumático, eléctrico o electrónico.

El relevador de tiempo neumático, basa su principio de operación en la transferencia de aire a través de un orificio. La cantidad de aire es controlada por una válvula de aguja ajustable, permitiendo los cambios que deban hacerse en el periodo de tiempo.

Los temporizadores a base un motor eléctrico se usan en operaciones de control que son cíclicas, es decir que se repiten y son en principio pequeños motores en cuyo eje se monta un conjunto de levas que se pueden ajustar de manera tal que sean capaces de proporcionar movimiento cuando accionan o actúan sobre un micro interruptores.

Existen temporizadores con retardo a la conexión (TON), esto es que cierran sus contactos después de un cierto tiempo programado.

También los temporizadores con retardo a la desconexión (TOFF) esto es que después de un tiempo programado abrirán sus contactos normalmente cerrados.

Una función programada en base de tiempo es útil en diversas aplicaciones industriales.

## **CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TEMPORIZADORES**

---

Tipo de función a realizar:

Temporizadores con un solo modo de operación (On delay u Off delay)

Temporizadores con 4 o hasta 8 modos de operación.

**On Delay (Retardo a la conexión):**

Cuando una señal de inicio es aplicada, comienza el ciclo de operación. Los contactos de salida cambian de estado después de haberse completado el ciclo (Tiempo de retardo). Los contactos regresaran a su estado normal una vez que se le aplica una señal de reset o que la potencia de entrada se elimina.

**Off Delay (Retardo a la desconexión):**

Cuando una señal de inicio es aplicada, los contactos de salida cambian inmediatamente. Cuando la señal de inicio se elimina, el conteo inicia. Los contactos regresan a su estado normal una vez que el tiempo de retardo sea completado.

**One shot:**

Cuando la señal de inicio es aplicada, los contactos cambian inmediatamente y el ciclo de conteo inicia. Los contactos regresan a su estado normal una vez que el ciclo se ha completado.

**Flicker (Ciclo repetitivo):**

Cuando una señal de inicio se aplica, el ciclo de conteo inicia. Una vez que el ciclo se ha completado, los contactos cambian de estado, y el siguiente ciclo de conteo inicia. Esto se puede repetir indefinidamente hasta que una señal de reset se aplique.

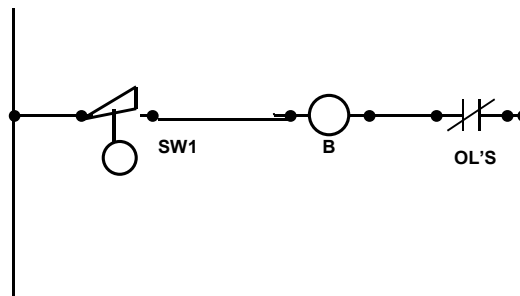
## Saber Hacer en la practica (10)

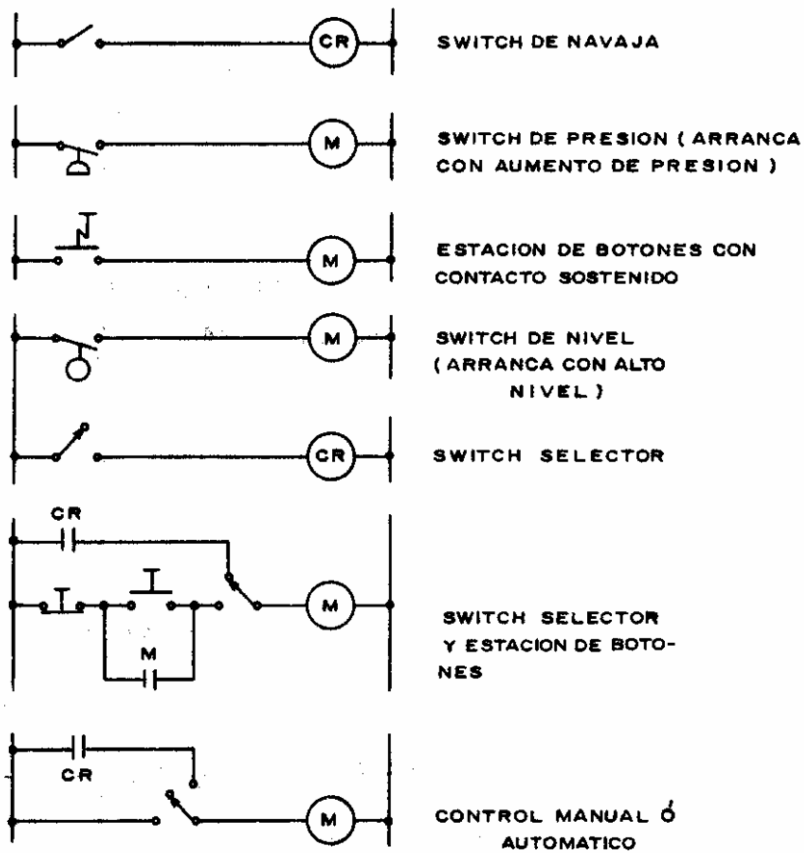
### DIAGRAMAS ELEMENTALES DE CIRCUITOS DE CONTROL.

Los siguientes circuitos de control quizá no incluyan dispositivos de protección de sobrecorriente, los cuales tal vez sean requeridos por los códigos eléctricos.

### CONTROL A 2 HILOS .

Este esquema es un “control a 2 hilos”, usando un dispositivo piloto con contacto sostenido, conectado en serie con la bobina del arrancador. Este esquema es usado cuando un arrancador es requerido para funcionar automáticamente sin la atención de un operador. Si ocurriera una falla en el circuito de fuerza mientras que los contactos del dispositivo piloto están cerrados, el arrancador abrirá. Cuando el circuito de fuerza es restaurado, el arrancador cerrará automáticamente a través de los contactos cerrados del dispositivo piloto. El término “control a 2 hilos” surge de la realidad que en un circuito básico, únicamente son requeridos dos hilos para conectar el dispositivo piloto al arrancador.



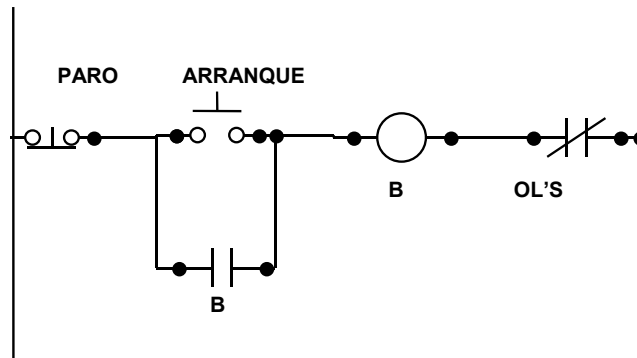


**METODOS TIPICOS DE CONTROL INDUSTRIAL**



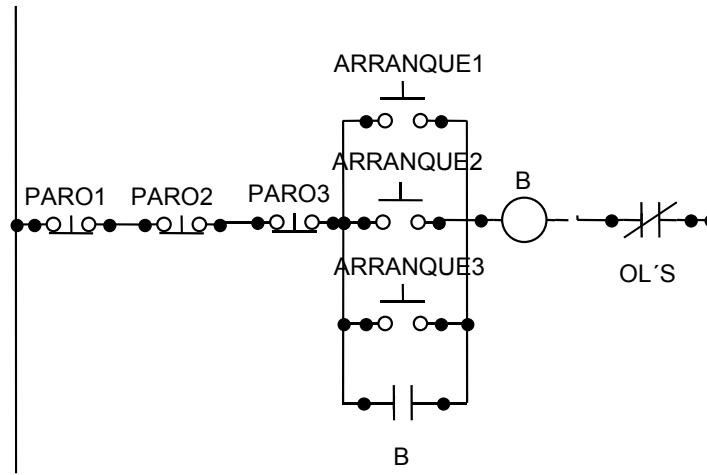
### CONTROL A 3 HILOS.

Este esquema es un control a 3 hilos usando una estación de botones con contacto momentáneo o dispositivos pilotos similares, para energizar la bobina del arrancador. Este esquema es usado para prevenir el inesperado arranque de los motores, pudiendo resultar un posible daño a los operadores de las máquinas o peligro para el manejo de la maquinaria. El arrancador es energizado por presión del botón de arrancar. Un contacto auxiliar para el circuito de retención se monta sobre el arrancador formando un circuito paralelo alrededor de los contactos del botón de arranque, sosteniendo el arrancador energizado después de que el botón se suelta. Si ocurriera una falla en el circuito de fuerza, el arrancador se abrirá y por consiguiente se abrirá también el contacto auxiliar de retención. En la restauración del circuito de fuerza, el botón de arrancar debe ser operado otra vez para que el motor opere nuevamente. El término "control a 3 hilos" surge de la realidad que un circuito básico son requeridos al menos 3 hilos para conectar los dispositivos piloto al arrancador.



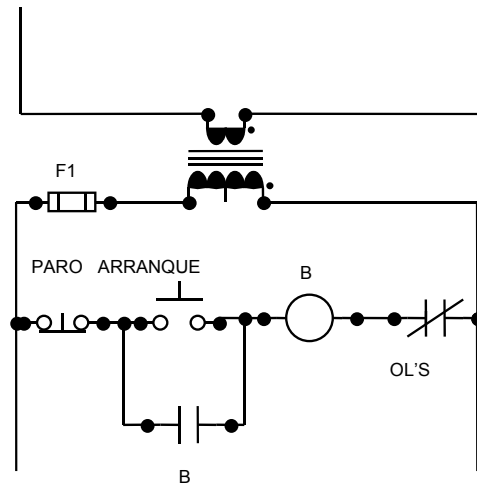
**CONTROL A TRES HILOS CON ESTACIÓN DE BOTONES MULTIPLE DE CONTACTO MOMENTANEO.**

Cuando un motor debe ser arrancado y parado desde más de una localización, cualquier número de botones "ARRANCAR-PARAR" puedan ser alambrados unidos, tantos como se requieran. Es también posible el usar únicamente una estación "ARRANCAR-PARAR" y tener varios botones de "PARAR" en diferentes lugares, para el servicio de paro de emergencia.



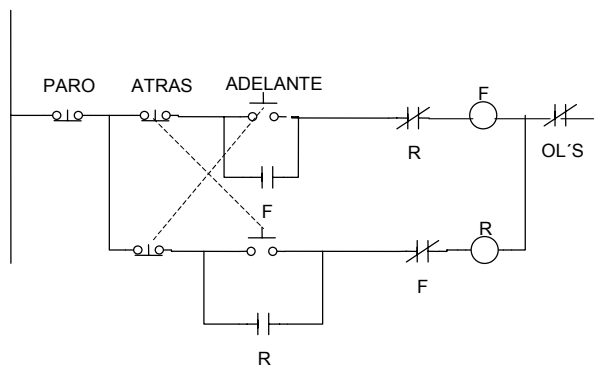
**CONTROL A TRES HILOS CON TRANSFORMADOR DE CONTROL Y FUSIBLE SECUNDARIO.**

Un transformador de control puede ser usado para proporcionar un circuito de control de bajo voltaje con el objeto de dar seguridad al operador. Este esquema muestra uno de los requisitos de protección contra sobrecarga, que deben ser provistos para los circuitos de control.



**CONTROL A TRES HILOS ARRANCADOR REVERSIBLE.**

El control a tres hilos de un arrancador reversible puede ser realizado por una estación de botones “adelante-atrás-parar”, como se indica en el diagrama. Los interruptores de límite pueden ser adicionados para parar el motor en un punto límite de cualquier dirección.



**Resolver las prácticas de la Guía de Prácticas de la asignatura.****4.4 Problemas de control .****Saber en la Teoría (1)**

Aplicar el motor eléctrico a procesos reales.

**Saber Hacer en la practica (1.5)**

Aplicar el control de motores a problemas reales de control.

Se desarrollará explicativamente la actividad de la práctica. Esto será un ejercicio o una práctica resueltos. Es importante que en esta parte el profesor enseñe a los alumnos como hacer o resolver la parte practica. Usar el mismo tipo de letra, tamaño y párrafo.<sup>3</sup>

**Resolver las prácticas de la Guía de Prácticas de la asignatura.**

---

<sup>3</sup> De esta forma se harán las referencias bibliográficas.



**V****CONCEPTOS GENERALES Y TERMINOLOGÍA  
DE LOS SISTEMAS DE CONTROL****Objetivo particular de la unidad**

Seleccionar y aplicar las características de los diferentes tipos de controladores industriales de acuerdo a las de la planta a controlar.

**Habilidades por desarrollar en la unidad**

Conocer las aplicaciones de los variadores de velocidad y su programación.

**5.1 Variadores de velocidad.****Saber en la Teoría (3)**

Principios de funcionamiento de los variadores de velocidad

***INVERSORES DE MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO***

Introducción:

Los convertidores de CD a CA se conocen como *inversores*. La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de CD a un voltaje simétrico de salida de CA, con la magnitud y frecuencia deseadas. Tanto el voltaje de salida como la frecuencia pueden ser fijos o variables. Si se modifica el voltaje de entrada de CD y la ganancia del inversor se mantiene constante, es posible obtener un voltaje variable de salida. Por otra parte, si el voltaje de entrada en CD es fijo y no es controlable, se puede obtener un voltaje de salida variable si se varía la ganancia del inversor; esto por lo general se hace controlando la modulación del ancho de pulso (PWM) dentro del inversor. La ganancia del inversor se puede definir como la relación entre el voltaje de salida en CA y el voltaje de entrada en CD.

En los inversores ideales, las formas de onda del voltaje de salida deberían ser senoidales. Sin embargo, en los inversores reales no son senoidales y contienen ciertas armónicas. Para aplicaciones de mediana y baja potencia, se pueden aceptar los voltajes de onda cuadrada o casi cuadrada; Para aplicaciones de alta potencia, son necesarias las formas de onda senoidales de baja distorsión. Dada la disponibilidad de los dispositivos semiconductores de potencia de alta velocidad, es posible reducir o minimizar significativamente el contenido armónico del voltaje de salida mediante las técnicas de conmutación.

El uso de los inversores es muy común en aplicaciones industriales (tales como la propulsión de motores de CA de velocidad variable, la calefacción por inducción, las fuentes de respaldo y las de poder, alimentaciones ininterrumpibles de potencia). La entrada puede ser una batería, una celda solar u otra fuente de CD. Las salidas monofásicas típicas pueden ser:

- a) 120V a 60 Hz
- b) 220V a 50 Hz
- c) 115V a 400 Hz

Para sistemas trifásicos de alta potencia, las salidas típicas son:

- a) 220/380V a 50 Hz
- b) 120/208V a 60 Hz
- c) 115/200V a 400 Hz

Los inversores se pueden clasificar básicamente en dos tipos:

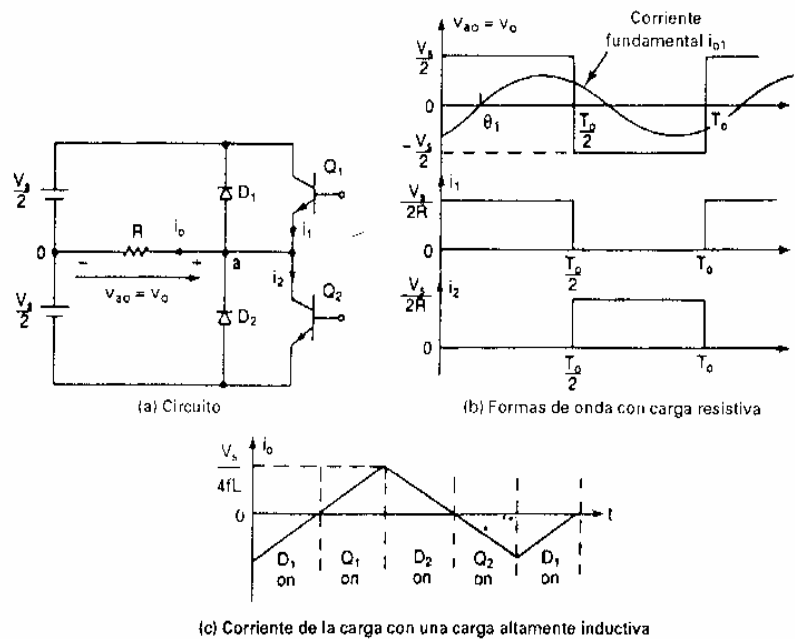
- a) Inversores monofásicos,
- b) Inversores trifásicos.

Cada uno de estos puede utilizar dispositivos con activación y desactivación controlada (BJT, MOSFET, IGBT, GTO, etc.) o tiristores de conmutación forzada, según la aplicación. Estos inversores utilizan por lo general señales de control PWM, para producir un voltaje de salida en CA. Un inversor se llama *Inversor Alimentado por Voltaje* (VFI) si el voltaje de entrada se mantiene constante; *Inversor Alimentado por Corriente* (CFI) si la corriente de entrada se mantiene constante; e *Inversor Enlazado en CD Variable* si el voltaje de entrada es controlable.

*Principio de operación:*

Mediante la figura siguiente se puede explicar el principio de funcionamiento de los inversores monofásicos.



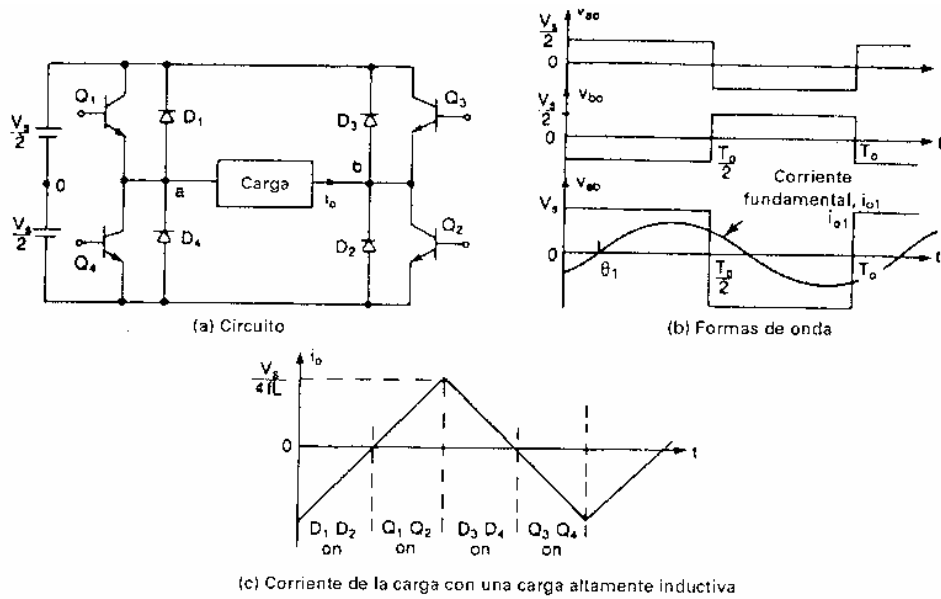


El circuito inversor está formado por dos pulsadores. Cuando solo el transistor  $Q_1$  está activo durante el tiempo  $T_o/2$ , el voltaje instantáneo a través de la carga  $v_o$  es  $V_s/2$ . Si solo el transistor está activo durante el tiempo  $T_o/2$  aparece el voltaje  $-V_s/2$  a través de la carga. El circuito lógico debe diseñarse de tal forma que  $Q_1$  y  $Q_2$  no estén activos simultáneamente. La figura b) muestra la forma de onda para los voltajes de salida y las corrientes de los transistores en el caso de una carga resistiva. Este inversor requiere de una fuente de CD con tres conexiones. Cuando un transistor está inactivo, su voltaje inverso es  $V_s$ , en vez de  $V_s/2$ . Este inversor se conoce como *Inversor de medio puente*.

Para una carga inductiva, la corriente en la carga no puede cambiar instantáneamente con el voltaje de salida. Si  $Q_1$  es desactivado en  $t=T_o/2$ , la corriente de la carga seguirá fluyendo a través de  $D_2$ , la carga y la mitad inferior de la fuente de CD. Hasta que la corriente llegue a cero. En forma similar cuando  $Q_2$  se desactiva en  $t = T_o$ , la corriente de la carga fluye a través de  $D_1$ , la carga y la mitad superior de la fuente de CD. Cuando el diodo  $D_1$  o  $D_2$  conducen, la energía es retroalimentada a la fuente de CD por lo que estos se conocen como *diodos de retroalimentación*. La figura c) muestra la corriente y los intervalos de conducción de los dispositivos para una carga puramente inductiva.

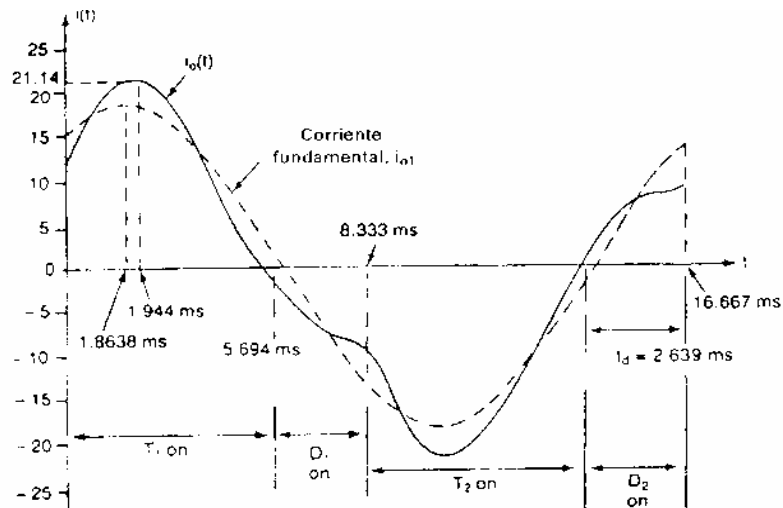
#### *Inversores monofásicos en Puente:*

Un inversor monofásico en puente es el que se muestra en el siguiente diagrama:

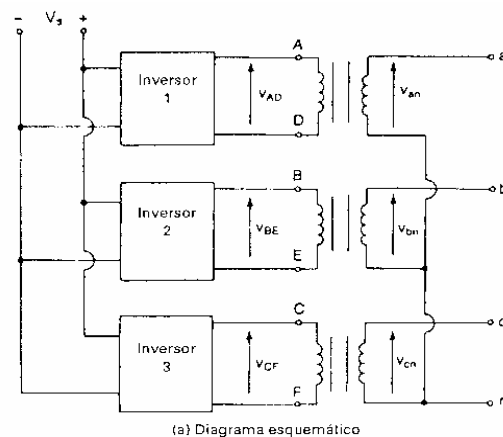


Está formado por cuatro pulsadores. Cuando los transistores Q1 y Q2 se activan simultáneamente, el voltaje de entrada  $V_s$  aparece a través de la carga. Si los transistores Q3 Y Q4 se activan al mismo tiempo, el voltaje a través de la carga se invierte y adquiere el valor de  $-V_s$ . La forma de onda para el voltaje a la salida aparece en la figura b)

Un ejemplo de La corriente en la carga se muestra en la siguiente figura:

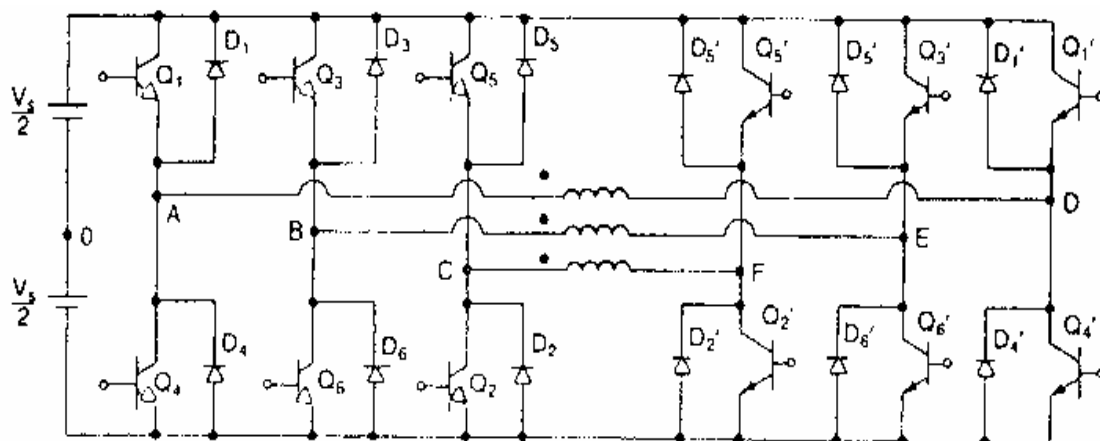


**Inversores trifásicos:**

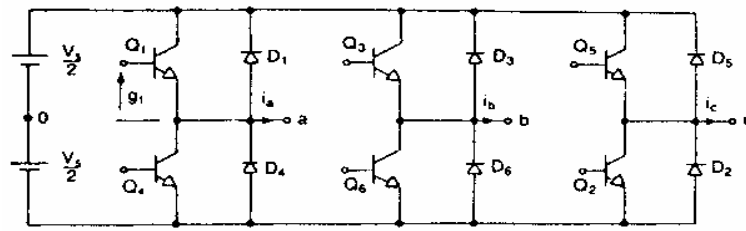


Los inversores trifásicos se utilizan normalmente en aplicaciones de alta potencia. Tres inversores monofásicos de medio puente (o de puente completo) pueden conectarse en paralelo, tal y como se muestra en la figura siguiente para formar la configuración de un inversor trifásico:

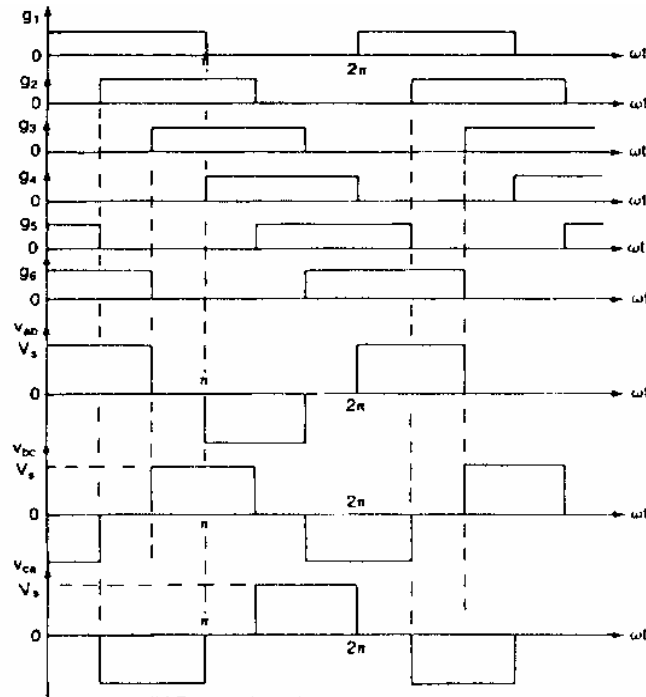
Las señales de compuerta de los inversores deben adelantarse o retrasarse  $120^\circ$  uno con respecto al otro, a fin de obtener voltajes trifásicos balanceados (fundamentales). Los embobinados primarios del transformador deben aislarse unos de otros, en tanto que los embobinados secundarios pueden quedar conectados en delta o en estrella. Por lo general el secundario del transformador se conecta en estrella, a fin de eliminar armónicas múltiplos de tres ( $n=3, 6, 9, \dots$ ) que aparecen en los voltajes de salida. La disposición del circuito se muestra en la figura siguiente:



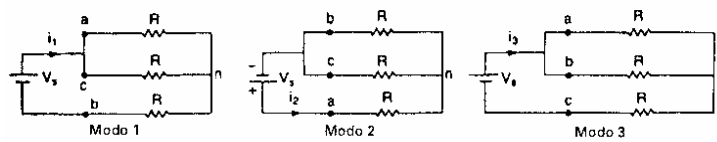
Este dispositivo requiere de tres transformadores monofásicos, 12 transistores y 12 diodos. Si los voltajes de salida de los inversores monofásicos no están perfectamente equilibrados en magnitud y fase, los voltajes de salida también estarán desequilibrados.



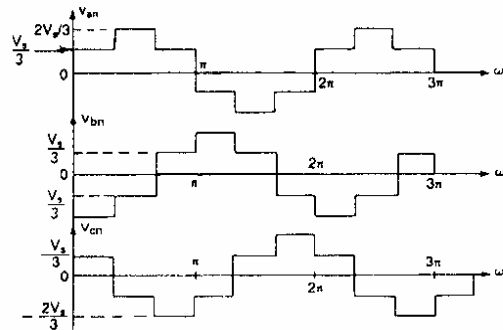
(a) Circuito



(b) Formas de onda para conducción a 180°



(a) Circuitos equivalentes



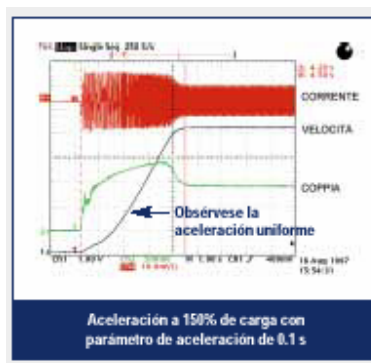
(b) Voltajes de fase para la conducción a 180°

## Saber Hacer en la practica (2)

### Identificación de las partes de un variador de velocidad

#### *Rendimiento en la aceleración*

La excelente regulación de corriente permite aceleraciones más rápidas que dan como resultado más ciclos por hora. Un par y una corriente controlados y uniformes reducen las vibraciones mecánicas no deseadas. Esto ayuda a prolongar la vida útil del equipo y del motor. La función de limitación de corriente híbrida utiliza control de firmware y hardware para minimizar la posibilidad de disparos no deseados durante aceleraciones rápidas, operación a velocidad constante y deceleración.



#### *Rendimiento de par/velocidad*

La función de Refuerzo automático (Compensación IR) ajusta automáticamente la tensión de salida para mejorar el rendimiento de par a bajas velocidades. El mayor rendimiento de par se mantiene en toda la gama de velocidades.

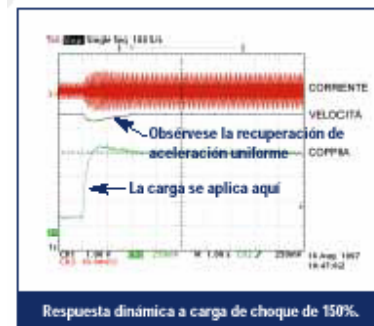
La función de Compensación de deslizamiento ayuda a mejorar la regulación de la velocidad en general. Esto permite que el variador ayude a mantener la frecuencia de salida deseada que se consignó aun cuando aumente la carga.



#### *Respuesta a cambios de carga*

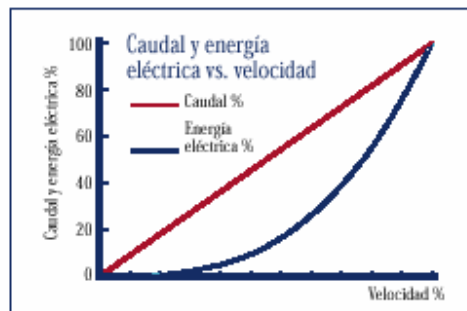
Las funciones de Compensación de deslizamiento y Limitación de corriente híbrida permiten al variador mantener el control de la corriente y la velocidad.

Esto ayuda a evitar disparos no deseados y mejora la eficiencia del proceso. Incluso con cargas de impacto que requieran 150% de par, el Variador de Velocidad 160 mantiene un control estricto de la corriente y la velocidad.



### *Reducción del uso de energía y de los costos operativos*

La reducción de la velocidad de la carga de una bomba o ventilador centrífugos reduce drásticamente el consumo de energía eléctrica. Ambos modelos de variadores le ofrecen el control de velocidad para lograr este objetivo. Además, la gran reducción en la corriente de arranque puede ahorrar costos de demanda de utilidades.



### *Mayor Eficiencia y Menores Costos de Mantenimiento*

La velocidad variable le permite controlar mejor su proceso y reducir los costos de mantenimiento en comparación con dispositivos mecánicos y electromecánicos tales como:

cajas de engranajes

Arrancadores reversibles

correas y poleas

Arrancadores por tensión reducida

válvulas

Arrancadores de múltiples velocidades

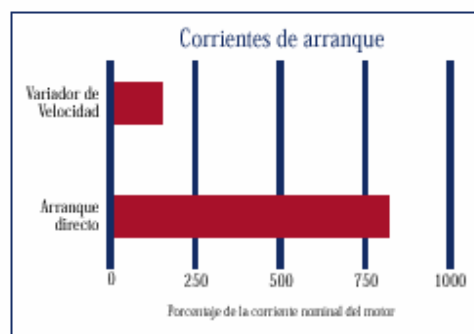
reguladores de salida

Motores de múltiples velocidades



### *Prolongación de la vida útil del equipo y del motor*

Los tiempos de aceleración y deceleración ajustables proporcionan un arranque y paro suaves inherentes. Esta característica mejora más aún con el ajuste de la curva tipo S programable del variador. Esto implica una gran reducción de las corrientes de arranque y la eliminación de pares de arranque excesivos.







**Ventiladores y bombas**

Refrigeración

Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado

Cabinas de pintura

Medición

Campanas de ventilación

Mezcladoras de suspensiones

Escape

Inyección

- Maquinas herramientas
- Tornos
- Sierras
- Fresadoras
- Prensas de taladrado
- Esmeriladoras

**Fabricación y manejo de Materiales**

• Transportadores

• Monorrieles

• Empaquetado

• Aerovías

• Bobinadoras

• Embandejadoras

• Mezcladoras

• Alimentadoras

- Aplicaciones comerciales
- Lavadoras de ropa
- Lavado automático de automóviles
- Puertas automáticas
- Niveladores de plataformas

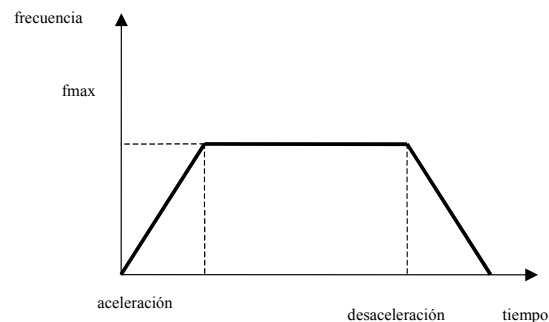
**Saber Hacer en la practica (8)**

Aplicación del variador de velocidad al control de un motor eléctrico.

*Selección del tiempo de aceleración /desaceleración.*

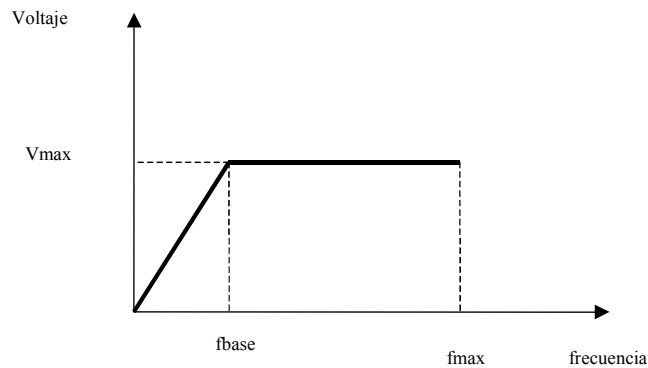
Tiempo de aceleración es el tiempo necesario para que el motor se acelere a la máxima velocidad

Tiempo de desaceleración. Tiempo necesario para que el motor pare su velocidad a cero.



*Ajuste del par motor.*

Se selecciona la relación  $v/f$  que determinan las características del motor.



*Dirección de rotación del motor.*

Se puede seleccionar el sentido de rotación seleccionando las funciones fwd y rev.

*Operación local y remoto.*

Se puede seleccionar local cuando se requiere controlar el motor por medio del operador o cambiar a remoto si se desea operar desde un circuito de control. Esta función se realiza esta parada el motor.

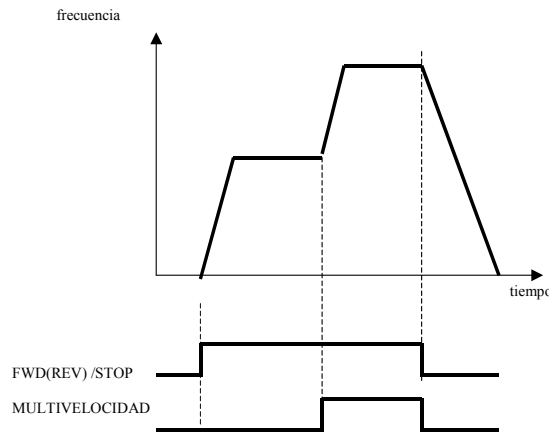
*Selección de la corriente del motor.*

Se debe seleccionar la capacidad del variador de acuerdo a la corriente del motor y su potencia. Cuando las características del motor difieren a los de la siguiente tabla, se debe cambiar al inmediato superior.

Tensión nominal	Capacidad nominal del variador kW (HP)	Capacidad nominal del fusible	Interruptor automático aprobado por UL489 Amperios	Arrancadores manuales Boletín 140/140M Amperios
<b>Monofásico 230 V</b>	0.37 (0.5)	6	16	16
	0.55 (0.75)	10	16	16
	0.75 (1)	15	16	16
	1.5 (2)	30	20	20
<b>Trifásico 230 V</b>	0.37 (0.5)	6	16	16
	0.55 (0.75)	6	16	16
	0.75 (1)	10	16	16
	1.5 (2)	15	16	16
	2.2 (3)	20	20	20
4.0 (5)	30	30	30	
<b>Trifásico 460 V</b>	0.37 (0.5)	4	6	6
	0.55 (0.75)	4	6	6
	0.75 (1)	5	6	6
	1.5 (2)	8	16	16
	2.2 (3)	15	16	16
	4.0 (5)	20	20	20

**Selección de velocidad multiescalon.**

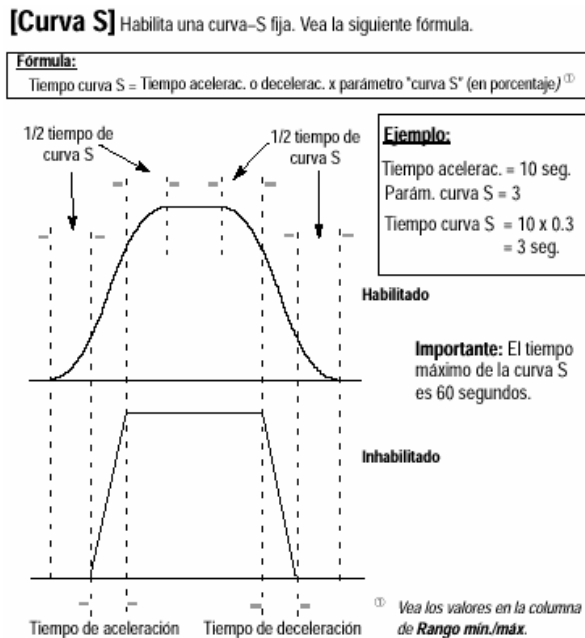
Por medio de una combinación de frecuencias de referencia y las terminales de entrada se pueden seleccionar 16 niveles de velocidad.



**Arranque suave. Curva s**

Para evitar daños mecánicos en los motores debido al arranque y o paro, así como por aceleración y o desaceleración se debe desarrollar un patrón de características denominado curva s.

La curva s se determina a partir del tiempo que se tarda para llevar de una aceleración o desaceleración de 0 a una determinada.

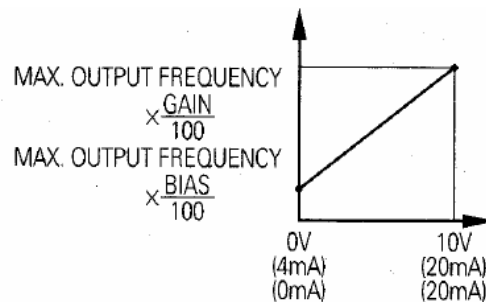


**Detección del torque**

Si existe una sobrecarga aplicada a la maquina, la corriente de salida se verá incrementada, este incremento de corriente puede ser detectado por medio de una señal de alarma.

#### *Ajuste de la señal de configuración de velocidad*

Para proporcionar la frecuencia de referencia mediante la entrada analógica de la terminal del circuito de control FR y FC, se puede configurar la relación entre la entrada analógica y la frecuencia de referencia.



#### (a) Ganancia de la referencia de frecuencia analógica

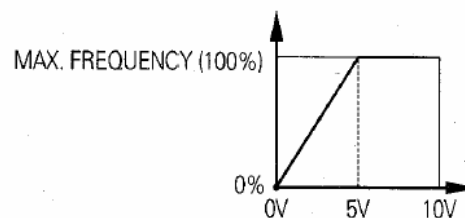
La referencia de frecuencia proporcionada cuando la entrada analógica es 10V (20mA) puede configurarse en unidades de 1%.

#### (b) Polarización de referencia de frecuencia analógica

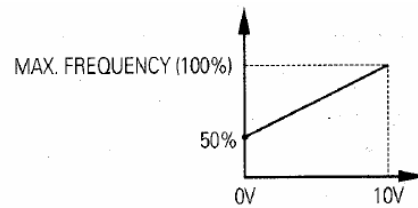
La referencia de frecuencia proporcionada cuando la entrada analógica es 0V (4mA o 0mA) puede configurarse en unidades de 1%.

#### *Configuración típica*

- Para operar el inversor con la referencia de frecuencia de 0% a 100% en una entrada de 0 a 5V



Para operar el inversor con una frecuencia de referencia de 50% a 100% en una entrada de 0 a 10V



### Selección de un método de paro.

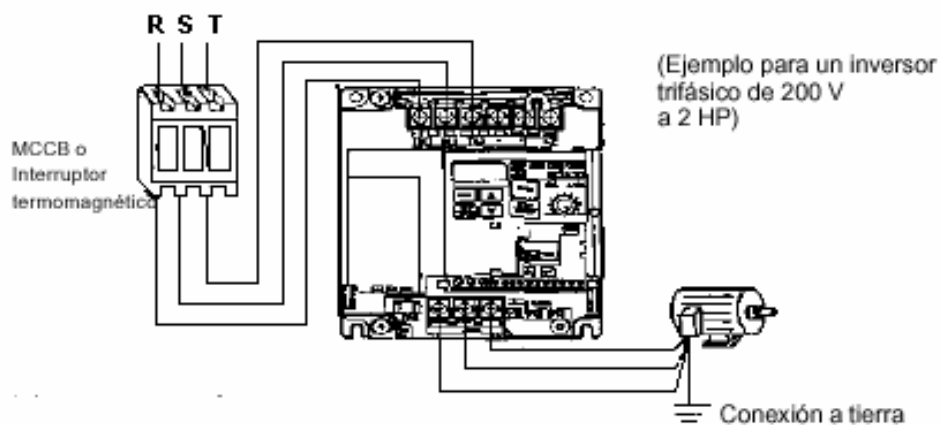
Realizar el paro directamente por el operador.

Se puede realizar el paro directamente oprimiendo la tecla de paro mientras este funcionando el motor.

### CABLEADO

- 1) Conecte siempre la fuente de alimentación por medio de un interruptor termomagnético de carcasa moldeada a las terminales de entrada de energía. Nunca conecte la fuente de alimentación a las salidas de potencia o entradas de control.
- 2) Si es mucha la distancia de cableado entre el inversor y el motor, reduzca la frecuencia del portador del inversor.
- 3) El cableado de control debe ser menor de 164ft (50m) de longitud y debe estar separado del cableado de alimentación. Utilice alambre forrado de par trenzado cuando introduzca de manera externa la señal de la frecuencia.
- 4) Apriete los tornillos en las terminales del circuito principal y del circuito de control.
- 5) No conecte ni desconecte el cableado ni realice verificaciones de señales mientras la fuente de alimentación esté encendida (ON).

### • Cableado del circuito principal



***Puntos de verificación de la operación:***

- El motor marcha uniformemente.
- El motor marcha en la dirección correcta.
- El motor no tiene vibración o ruido anormales.
- La aceleración o desaceleración es gradual.
- La corriente es la adecuada para la carga (sin sobrecarga).
- Los LEDS indicadores de estado y la pantalla del operador digital son correctos.

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_

#### *“FUNCIONES BÁSICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL*

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado 2	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Analizar las funciones básicas de aplicación, integración y derivación, que se presentan en forma individual o combinada en los sistemas de control.

#### 2. Materiales y/o equipos.

CI uA741  
 Resistencias 3.9K $\Omega$ , 6.8 K $\Omega$ , 10K $\Omega$ , 22K $\Omega$ .  
 Capacitor 0.01 $\mu$ F  
 Fuente de Voltaje  
 Multímetro  
 Osciloscopio  
 Generador de Funciones

#### 3. Desarrollo general.

- Los circuitos electrónicos actuales utilizados para obtener los diversos tipos de control hacen un uso amplio del amplificador operacional. Las posibilidades de montaje que ofrece este tipo de amplificador son muy amplias debido a sus características particulares. Es usualmente un amplificador de corriente continua con una alta ganancia, que mediante la conexión de componentes adecuados dispuestos en forma de retroalimentación positiva o negativa, constituyen la parte principal de los controladores electrónicos.
- Las características más importantes del amplificador operacional pueden resumirse en:

- a) Alta ganancia. La razón entre la señal de diferencial de entrada a la salida debe ser lo más grande posible, con valores típicos de 10
  - b) Alta impedancia de entrada.
  - c) Baja impedancia de salida
  - d) Voltaje casi nulo de salida, para voltaje diferencial de entrada nulo.
  - e) Tiempo de retardo en la respuesta tendiendo a cero.
- La ganancia de esta configuración puede considerarse como un operador por el cual la entrada de voltaje puede multiplicarse para producir un voltaje de salida. Se obtiene considerando que la corriente de entrada no pasará al amplificador debido a que la impedancia de entrada es muy alta, por lo que se desvía a  $Z_f$ . La no existencia de corriente produce que  $V(f) = -V_i \frac{Z_f}{Z_i}$ , se le denomina tierra virtual. Por lo tanto, la ganancia se expresa como:

$$\frac{E_o}{E_i} = -\frac{z_f}{Z_i}$$

El signo negativo indica inversión de la señal

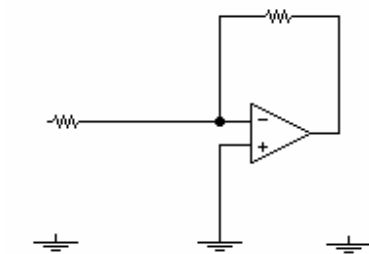
- Partiendo de la relación demostrada, se realizará el análisis de las diferentes funciones básicas, utilizando para la generación de ellas resistencias y capacitores como impedancias de entrada y retroalimentación, representadas en el dominio de Laplace (Dominio  $s$ ).
- En base al siguiente diagrama construya el circuito electrónico utilizando el amplificador operacional UA741 según se indica:
- Los valores de la impedancia y las características de los voltajes de entrada se muestran en la siguiente. Observe las características de voltaje con el osciloscopio y anote.
- Indique en la columna correspondiente, en base a los tipos y valores de las impedancias utilizadas el tipo de configuración.

*ANEXOS (figuras, diagramas, esquemas)*

Voltaje de entrada	$Z_i$	$Z_f$	Configuración	Voltaje de Salida
2 VCD	10 K $\Omega$	10 K $\Omega$		
2senwt	10 K $\Omega$	22 K $\Omega$		
2senwt	10 K $\Omega$	3.9 K $\Omega$		
2senwt	10 K $\Omega$	0.01 $\mu$ F		
2senwt	0.01 $\mu$ F	10 K $\Omega$		
2senwt	10 K $\Omega$ 6.8 K $\Omega$	10 K $\Omega$		

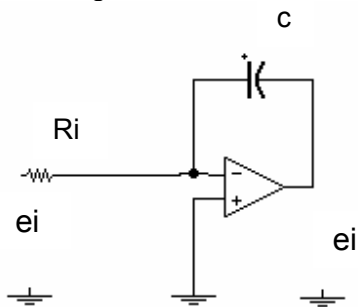


Controlador proporcional.



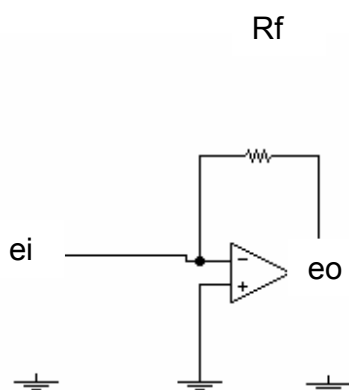
$$\frac{E_o}{E_i} = -\frac{R_f}{R_i}$$

Control Integrador

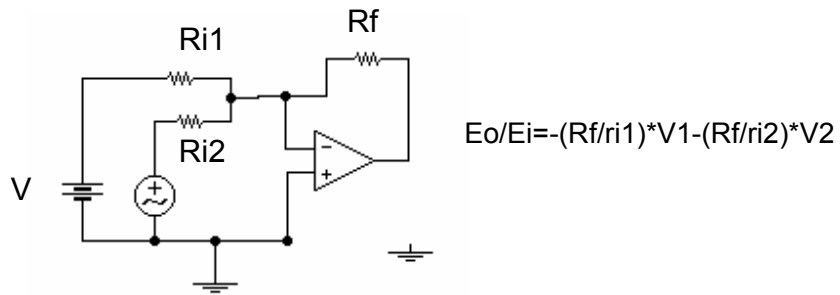


$$\frac{E_o}{E_i} = -\frac{1}{R_i C s}$$

Control Derivativo



$$\frac{E_o}{E_i} = -R_f C s$$



**RECOMENDACIONES Y CUESTIONARIO (incluyendo medidas de seguridad):**

- Cuales son las características de los amplificadores operacionales?
- Cuales son las principales características de un Amplificador proporcional?
  - a) Derivador
  - b) Integrador

#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. "CONTROL DE TEMPERATURA"

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1) Objetivo.

Estudiar las características de los sistemas de control de temperatura en un horno.

#### 2) Materiales y/o equipos.

CI LM324, LM311, MOC3030, NE555,  $\mu$ A741,  
Resistencias  
5,6, K $\Omega$ , 33K $\Omega$ , 10K $\Omega$  y 22K  
TRIAC MAC218 AGFP  
Capacitores  
0,1 4f, 22uf  
TERMOPAR TIPO J.

#### HERRAMIENTAS Y EQUIPO:

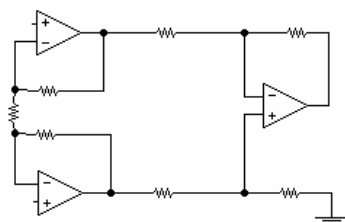
Multímetro  
Osciloscopio  
Fuentes CD

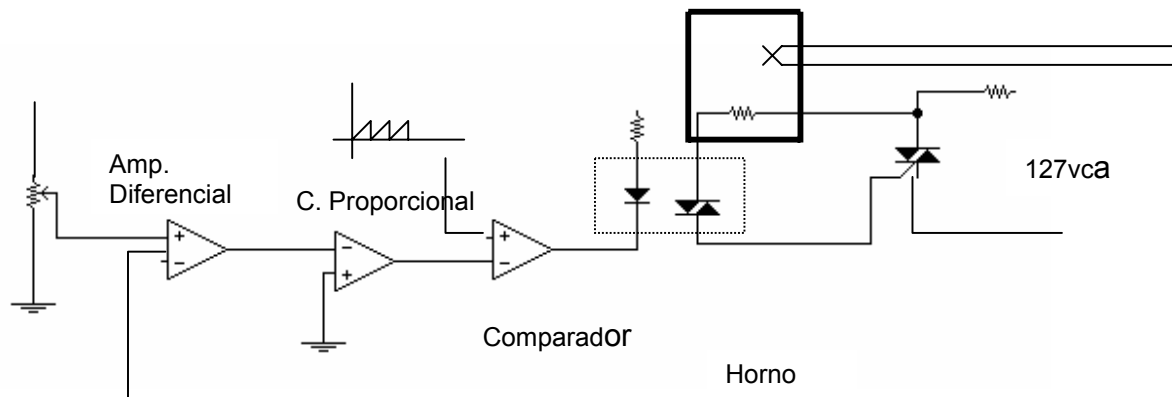
#### 3) Desarrollo general.

- La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes que se efectúan en los procesos industriales. En los procesos de secado, de fundición, termotratado, de reacción química, la temperatura es el factor primordial. Las limitaciones del sistema de medida que dan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios.

- Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura como son la variación de resistencia de un conductor o semiconductor, la variación de volumen, la fem entre dos metales distintos, etc. de tal manera que se emplean: termómetros de vidrio, bimetálicos, termómetros de bulbo y capilar termómetros de resistencia, termistores, termopares, pirómetros de radiación, etc.
- Cuando la temperatura del proceso está por arriba de unos cientos de grados centígrados, el transductor recomendado es el termopar. Un esquema de control de temperatura más común es con un controlador de temperatura proporcional electrónica.
- Cuando se toma la temperatura con un termopar, es necesario amplificarla, ya que su valor es muy pequeño (milivolts). Esta amplificación puede hacerse usando un amplificador de alta impedancia. Las características de este amplificador son su alta impedancia y su ganancia lineal a la diferencia de voltaje fig. 1.
- Con el anterior amplificador diferencial se puede construir un sistema de control. De temperatura que permite mantener la temperatura de un horno en un valor deseada fig. 2.
- El termopar sensa la temperatura y genera un voltaje en milivolts, el cual es retroalimentado y comparado con una referencia también en milivolts, se toma la diferencia y se amplifica, dando la señal de error. Esta señal de error entra a un controlador proporcional de ganancia variable, lo cual nos lleva a la temperatura deseada.
- La salida del controlador, es comparada con una señal diente de sierra a una frecuencia baja (a  $H_2$ ) y produce a la salida del comparador pulsos a esta frecuencia, con la consideración de que el ancho del pulso está en función directa de la señal de error (PWM). Los pulsos sirven como señal de disparo de un triac que al abrir y cerrar envía un tren de pulsos de voltaje (127,220V) a 60  $H_2$ ). Cuando disminuye el error, disminuyen también los pulsos y cuando el error aumenta, aumentan también los pulsos.
- Este sistema de control de temperatura, da una respuesta rápida y esencialmente suave.
- Construya el circuito de control de temperatura empezando por el amplificador diferencia de alta impedancia. Mida la ganancia, cuando se varia el potenciómetro y grafique.
- Construya el circuito de disparo del TRIAC acoplándolo al amplificador diferencial y el controlador.
- Deje calentar el horno un tiempo antes de realizar mediciones.
- 

#### ANEXOS (figuras, diagramas, esquemas)





**RECOMENDACIONES Y CUESTIONARIO (incluyendo medidas de seguridad):**

Tener cuidado al operar el horno debido a la temperatura elevada que se tiene. Esperar instrucciones del profesor.

**4) Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No : “CONTROL DE TEMPERATURA EN UN PROCESO DE TEMPLADO”.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Aplicar las características de un controlador de temperatura ON-OFF, en un proceso de templado.

#### 2. Materiales y/o equipos.

Aceite mineral o agua.

**HERRAMIENTAS Y EQUIPO:**

- Interruptor de seguridad 3φ 220 VCA
- Transformador de control 220/127 VCA
- Controlador de temperatura analógico
- Relevador electromecánico 127 VCA
- Tanque para calentamiento y almacenamiento de agua o aceite.
- Motobomba monofásica para recirculación de aceite
- Resistencia calefactora 220 V xxx watts
- Termopar tipo j
- Intercambiador de calor (radiador)
- 3 mangueras con conector rápido
- 26 cables con banana varias medidas.
- 1 desarmador punta de cruz
- 1 multímetro

#### 3. Desarrollo general.

**MARCO TEORICO:**

- El proceso de templado es un proceso térmico, muy utilizado en la industria de fabricación de piezas automotrices.
- Con este proceso se modifican las características metalúrgicas de los metales, ya que al ser sometidas las piezas a una alta temperatura en un horno y posteriormente reducida a un nivel mínimo, por medio de un baño en aceite mineral o en agua, se modifican las estructuras atómicas de los metales, creándole una dureza o una suavidad deseadas.

#### *DESARROLLO O PROCEDIMIENTO:*

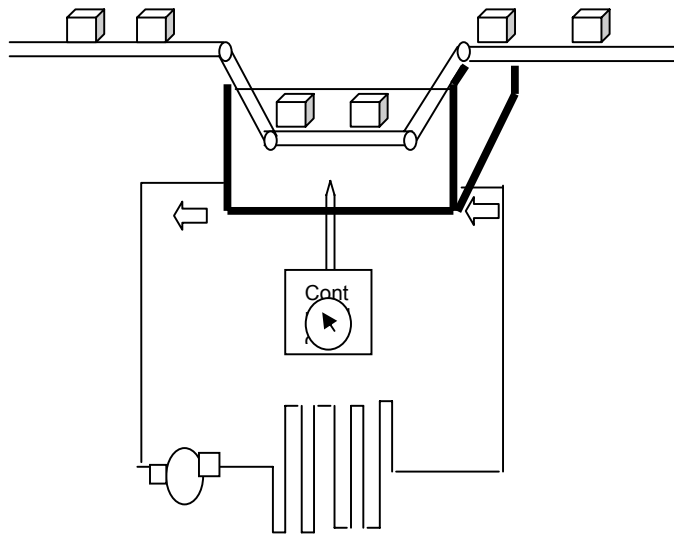
Para el desarrollo de esta práctica, se debe diseñar el circuito de control de temperatura en la tina de templado, que se supone contiene aceite, por lo que se debe mantener a una temperatura no mayor de 25 grados centígrados, para evitar posibles accidentes y que el aceite no pierda sus propiedades minerales.

Para mantener la temperatura deseada se utilizará un controlador ON-OFF ajustando su set point a la temperatura deseada. Una vez alcanzado este valor active una bomba de recirculación de aceite a través de un intercambiador de calor y un ventilador para lograr este efecto.

Además se debe controlar la banda transportadora, para detener las piezas calientes y lograr bajar la temperatura del aceite.

- Monte todos los componentes en banco de trabajo.
- Conecte todos los elementos eléctricos observando cuidadosamente la correcta conexión.
- Confirme sus conexiones con su instructor
- Encienda el interruptor de seguridad
- Asegúrese que todos los elementos funcionen adecuadamente.
- Observe que la temperatura se incremente gradualmente
- Ajuste el controlador a una temperatura de 25 C

*ANEXOS (figuras, diagramas, esquemas)*



**RECOMENDACIONES Y CUESTIONARIO (incluyendo medidas de seguridad):**

Tener cuidado al conectar las líneas de alimentación para evitar una descarga eléctrica o un corto circuito. Arranque hasta que su instructor haya revisado las conexiones. Tenga cuidado al manejar el agua y la electricidad. Tenga precaución con la tina de templado debido a su temperatura.

**4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**



# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No ACCIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Se elaborará un circuito basándose en amplificadores operacionales para la obtención de un circuito controlador proporcional

#### 2. Materiales y/o equipos.

Multímetro  
Osciloscopio  
Protoboard  
Alambres de conexión  
Resistencias varias

#### 3. Desarrollo general.

#### MARCO TEÓRICO

Para un controlador con acción de control proporcional, la relación entre la salida del controlador  $u(t)$  y la señal de error  $e(t)$  es:

$$U(t) = K_p e(t)$$

o bien en cantidades transformadas por el método de Laplace,

$$U(s) / E(s) = K_p$$

en donde  $K_p$  se considera la ganancia proporcional.

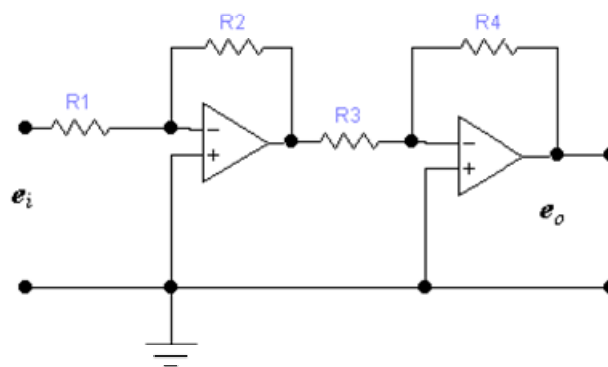
Cualquiera que sea el mecanismo real y la forma de potencia de operación, el controlador proporcional es, en esencia, una amplificador con ganancia ajustable.

MATERIALES.

Cantidad	Descripción

DESARROLLO:

*CIRCUITO DEL CONTROL PROPORCIONAL.*



Para obtener la ecuación de transferencia utilizamos la Ec:

$$C(s) / R(s) = (R_4 / R_3)(R_2 / R_1)$$

Por lo tanto para los valores de:

$$R_1 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_2 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_3 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_4 = 100 \text{ KOhms}$$

La ganancia correspondiente será:

$$C(s) / R(s) = 10$$

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No ACCIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL - DERIVATIVA

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Se elaborará un circuito basándose en amplificadores operacionales para la obtención de un circuito controlador proporcional.

#### 2. Materiales y/o equipos.

Osciloscopio  
 Protoboard  
 Fuente de cd  
 Alambre para conexión  
 Resistencias  
 Capacitores

#### 3. Desarrollo general.

#### MARCO TEÓRICO

La acción de control de un controlador proporcional – derivativa (PD) se define mediante:

$$U(t) = K_p e(t) + K_p T_d (de(t) / dt)$$

y la función de transferencia es

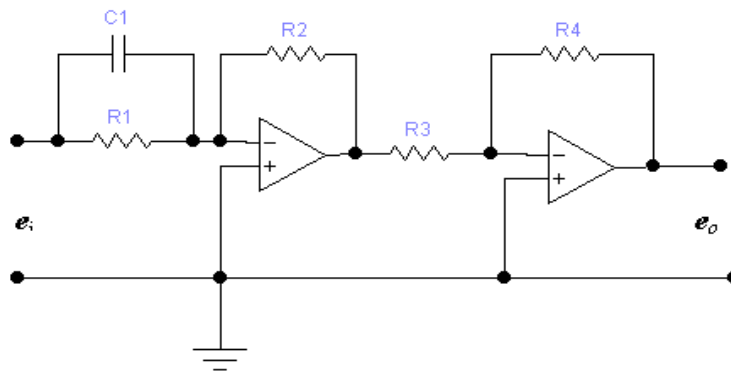
$$U(s) / E(s) = K_p (1 + T_d s)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional y  $T_d$  es una constante denominada *tiempo derivativo*. Tanto  $K_p$  como  $T_d$  son ajustables. La acción de control derivativa, en ocasiones denominada *control de velocidad*, ocurre donde la magnitud de salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. El tiempo derivativo  $T_d$  es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción de control proporcional. La acción de control derivativa tiene un carácter de previsión. Sin embargo, es obvio que una acción de control derivativa nunca prevé una acción que nunca ha ocurrido.

Aunque la acción de control derivativa tiene la ventaja de ser de previsión, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede provocar un efecto de saturación en el actuador. La acción de control derivativa no se usa nunca sola, debido a que solo es eficaz durante periodos transitorios.

DESARROLLO:

#### CIRCUITO DEL CONTROL PROPORCIONAL.



donde la ecuación de transferencia es:

$$C(s) / R(s) = (R_4 / R_3)(R_2 / R_1) (R_1 C_1 s + 1)$$

y usando los valores del apartado anterior:

$$R_1 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_2 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_3 = 10 \text{ KOhms}$$

$$R_4 = 100 \text{ KOhms}$$

$$C_1 = 0.1 \text{ MicroF}$$

La ganancia correspondiente será:

$$C(s) / R(s) = 10.01$$

#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No ACCIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Se elaborará un circuito basándose en amplificadores operacionales para la obtención de un circuito controlador proporcional – integral (PI).

#### 2. Materiales y/o equipos.

$R_1 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_2 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_3 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_4 = 100 \text{ KOhms}$   
 $C_1 = 0.1 \text{ microF}$   
 Osciloscopio  
 Protoboard  
 Alambre de conexión

#### 3. Desarrollo general.

#### MARCO TEÓRICO

La acción de control de un controlador proporcional – integral (PI) se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

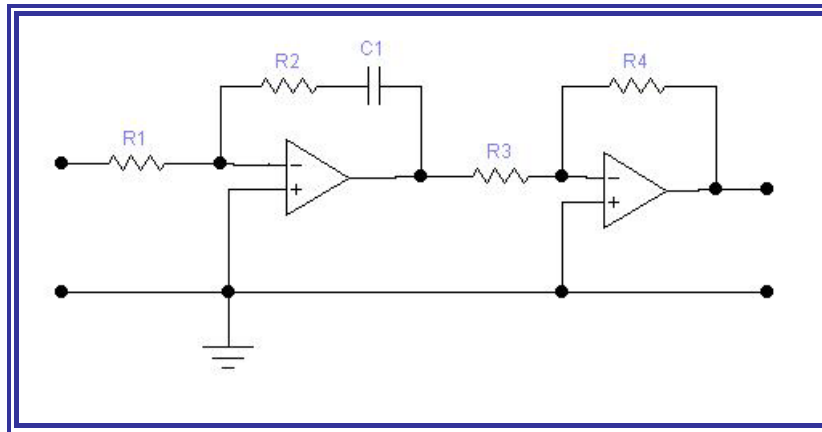
o la función de transferencia del controlador es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional Y  $T_i$  se denomina *tiempo integral*. Tanto  $K_p$  como  $T_i$  son ajustables. El tiempo integral ajusta la acción de control integral, mientras que un cambio en el valor de  $K_p$  afecta las partes proporcional e integral de la acción de control. El inverso del tiempo integral  $T_i$  se denomina *velocidad de reajuste*. La velocidad de reajuste es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La velocidad de reajuste se mide en términos de las repeticiones por minuto.

DESARROLLO:

#### CIRCUITO DEL CONTROL PROPORCIONAL - INTEGRAL.



Para lo cual la función de transferencia se expresa como:

$$\frac{R_4 R_2 R_2 C_2 s + 1}{R_3 R_1 R_2 C_2 s}$$

y tomando los mismos valores de la Practica 4°

$R_1 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_2 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_3 = 10 \text{ KOhms}$   
 $R_4 = 100 \text{ KOhms}$   
 $C_1 = 0.1 \text{ microF}$

Obtenemos una ganancia de 10010

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No CONTROLADORES PID

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Se elaborará un circuito basándose en amplificadores operacionales para la obtención de un circuito controlador proporcional – integral - derivativa.

#### 2. Materiales y/o equipos.

$R_1 = 10 \text{ KOhms}$

$R_2 = 10 \text{ KOhms}$

$R_3 = 10 \text{ KOhms}$

$R_4 = 100 \text{ KOhms}$

$C_1 = 100 \mu\text{F}$

$C_2 = 100 \mu\text{F}$

Osciloscopio

Protoboard

Alambre de conexión

#### 3. Desarrollo general.

##### MARCO TEÓRICO

##### *ACCIÓN DEL CONTROL PROPORCIONAL- INTEGRAL - DERIVATIVA.*

La combinación de una acción de control proporcional, una acción de control integral y una acción de control derivativa se denomina acción de control proporcional – integral – derivativa (PID). Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:



$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

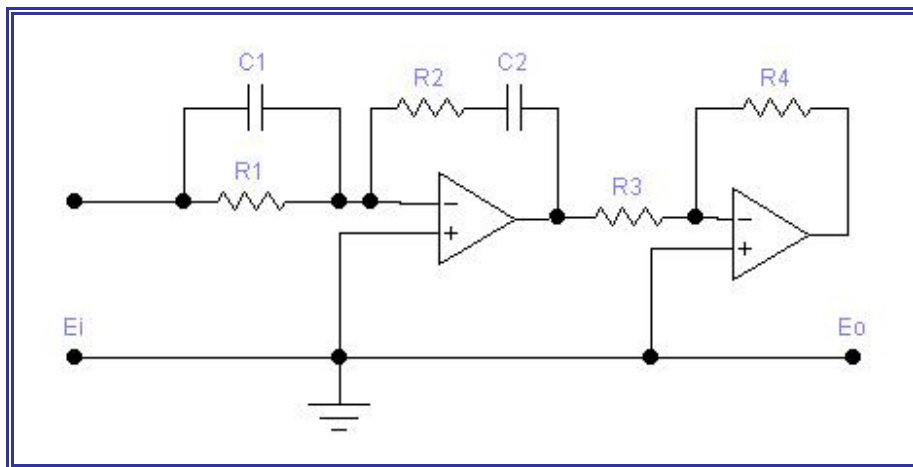
o la función de transferencia es:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

en donde  $K_p$  es la ganancia proporcional,  $T_i$  el tiempo integral y  $T_d$  es el tiempo derivativo.

DESARROLLO:

CIRCUITO DEL CONTROL PROPORCIONAL – INTEGRAL – DERIVATIVA.



Para lo cual la función de transferencia se expresa como:

$$\frac{R_4 R_2 (R_1 C_1 s + 1)(R_2 C_2 s + 1)}{R_3 R_1 R_2 C_2 s}$$

y tomando los mismos valores de:

- $R_1 = 10 \text{ KOhms}$
- $R_2 = 10 \text{ KOhms}$
- $R_3 = 10 \text{ KOhms}$
- $R_4 = 100 \text{ KOhms}$
- $C_1 = 100 \text{ } \mu\text{F}$
- $C_2 = 100 \text{ } \mu\text{F}$

Obtenemos una ganancia de 40.

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad 1

### PRÁCTICA No. \_\_ SISTEMA DE CONTROL PARA EL LLENADO DE BOTELLAS.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

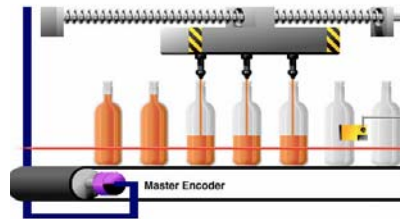
Configurar los parámetros de un variador

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad  
Tacómetro  
Motor trifásico  
Cables de conexión  
Multímetro  
Pinzas  
Desarmador

#### 3. Desarrollo general.

En el proceso de llenado de botellas se requiere de un circuito de control que maneje los tiempos de llenado y avance. Se sabe que cada botella siempre se llena en un tiempo de 10 seg. y se requieren 5 seg. más para posicionar las siguientes tres botellas. Diseñar el circuito de control que active las electro válvulas de llenado y los motores de avance. Este mismo ciclo se repite hasta recibir la señal de paro.



**4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No ARRANQUE SECUENCIAL DE MOTORES

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Conocer la configuración de parámetros de un variador.

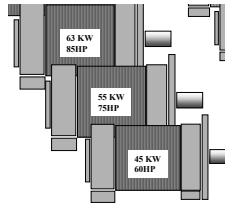
#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad  
Tacómetro  
Motor trifásico  
Cables de conexión  
Multímetro  
Pinzas  
Desarmador

#### 3. Desarrollo general.

Para la puesta en marcha de motores muy grandes se debe realizar de forma secuencial, esto es para evitar activar las protecciones y reducir los transitorios que se presentan en las líneas de alimentación.

Diseñe el circuito de control que permita la activación de tres motores en forma secuencial, esto es al dar la señal de arranque debe funcionar el primer motor y cada 10 segundos después los siguientes motores. Construya el circuito



#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. CENTRIFUGADORA.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Escribir el objetivo de la práctica

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad

Tacometro

Motor trifasico

Cables de conexión

Multímetro

Pinzas

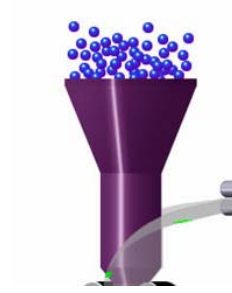
Desarmador

#### 3. Desarrollo general.

En el proceso de elaboración del azúcar, se requiere de una máquina centrifugadora que permita extraer toda el agua. La pasta de azúcar cae a la tina de centrifugado y un motor la hace girar rápidamente durante un minuto en sentido horario, posteriormente se detiene y 5 segundos después cambia de giro y funciona así durante 15 seg. Todo el proceso responde a una señal de paro y arranque general.

Diseñe el circuito de control.

Construya el circuito.



**4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. MEZCLADORA.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Diseñar un sistema de control

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad

Tacometro

Motor trifasico

Cables de conexión

Multímetro

Pinzas

Desarmador

#### 3. Desarrollo general.

Diseñe el circuito de control para una mezcladora de dos líquidos A y B.

Al dar la señal de arranque se debe activar la electro válvula A.

Al alcanzar el nivel 1 se debe activar la electro válvula B durante 15 seg. y cerrarse y también se debe activar el motor del agitador.

Al llegar al nivel 2 se debe cerrar la electro válvula 1 y apagar el agitador.

En este momento se debe activar la electro válvula de descarga 3.

Cuando se alcance el nivel 1 se debe cerrar la válvula de descarga y repetirse el ciclo.





#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

---

---

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. ALARMA LUMINOSA.

---

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

---

#### 1. Objetivo.

Diseñar un sistema de control y señalización

#### 2. Materiales y/o equipos.

Multímetro  
Temporizadores  
Lamparas piloto  
Presostatos  
Relevadores

#### 3. Desarrollo general.

Diseñar el circuito de control para una alarma luminosa que indique cuando se alcanza una alta presión en un compresor. Esta alarma debe destellar cada segundo mientras se tenga la alta presión.

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_ PARO PROGRAMADO.

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Diseñar circuitos de control temporizados

#### 2. Materiales y/o equipos.

Multímetro  
 Temporizadores  
 Lámparas piloto  
 Presostatos  
 Relevadores  
 Motor trifásico  
 Contactor  
 Electro válvula

#### 3. Desarrollo general.

En algunas aplicaciones se requiere que los equipos solo funcionen durante un cierto tiempo. Esto es que a una señal de arranque empiecen a funcionar y un tiempo después se apaguen.

Diseñar el circuito de control para el apagado automático de un sistema de riego, el sistema de funcionar a una señal de arranque para activar unas electro válvulas que permanecern abiertas durante 15 minutos y posteriormente se cerraran.

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

---

---

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_

#### *ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA.*

---

Fecha		Grupo
No de alumnos por práctica		No. de alumnos por reporte
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

---

#### **1. Objetivo.**

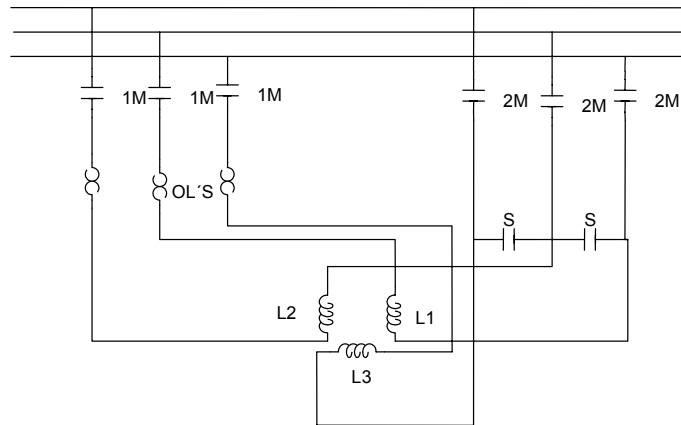
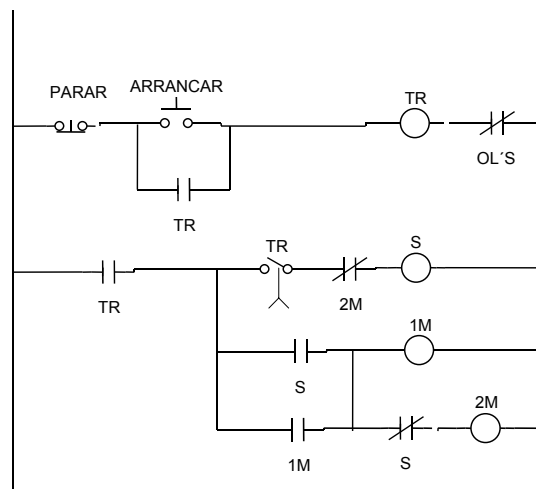
Diseñar un circuito de control estrella delta.

#### **2. Materiales y/o equipos.**

Multímetro  
Temporizadores  
Lámparas piloto  
Presostatos  
Relevadores  
Motor trifásico  
Contactor

#### **3. Desarrollo general.**

*ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA.*



**4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_\_ CONTROL DE UN MOTOR PARA REDUCIR EL GOLPE DE ARIETE

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Configuración de un variador de velocidad

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad

Motor trifásico

Multímetro

#### 3. Desarrollo general.

PRODUCTO: Cerveza y derivados de malta.

APLICACIÓN:

- Varios motores bombeando agua
- El arranque y el paro de bombas ocasionan ruido, vibración de tuberías y daño debido al golpe de ariete.
- Mantenimiento continuo y tuberías ocasionalmente dañadas.

SOLUCIÓN: Variadores de velocidad en bombas para lograr un arranque suave.

PROCEDIMIENTO:

Configurar un variador de velocidad para lograr un arranque suave, por medio de un tiempo de aceleración de 20 seg, para alcanzar su máxima velocidad a una frecuencia de 60 Hz. Para el paro del motor se debe realizar una curva de desaceleración de 10 seg.

#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_\_ CONTROL DE UN MOTOR EN TRITURADORA DE ROCA

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Configurar un variador de velocidad

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad  
Motor trifásico  
Multímetro

#### 3. Desarrollo general.

PRODUCTOS: Piedra triturada y materiales rocosos.

APLICACIÓN:

- Trituradora giratoria para la producción de 4 millones de toneladas/año.
- Protección crítica de motores
- Disparo de protecciones por sobrecarga.

SOLUCIÓN: Variadores de velocidad para control de corriente y velocidad de trituradora.

PROCEDIMIENTO:

Configurar un variador de velocidad para controlar la trituradora a una velocidad de 1200 rpm. El arranque se debe realizar de una forma suave en un tiempo de 15 seg, para alcanzar dicha velocidad. En el caso de entre una piedra de mayor dureza (sobrecarga), que ocasionaría que la corriente se disparara, se debe proteger el motor para que no



alcance mas del 25% de la corriente nominal. El paro se debe realizar de forma suave por medio de una curva de desaceleración de 10 seg.

#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_\_ CONTROL DE MOTOR EN BANDA TRANSPORTADORA

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Configurar un variador de velocidad.

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad  
Motor trifásico  
Multímetro

#### 3. Desarrollo general.

PRODUCTO: Refrescos.

APLICACIÓN:

- Banda transportadora de botellas para refresco.
- El arranque y el paro de la banda se debe realizar de manera lenta para evitar que se caigan y rompan las botellas de vidrio.
- Velocidad de la banda lenta.

SOLUCIÓN: Variadores de velocidad para lograr un arranque y paro suave.

PROCEDIMIENTO:

Configurar un variador de velocidad para lograr un arranque suave, por medio de un tiempo de aceleración de 30 seg, para alcanzar una velocidad de 900 rpm. Para el paro del motor se debe realizar una curva de desaceleración de 35 seg.

#### **4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.**

# Guía de Prácticas

## Prácticas de la unidad

### PRÁCTICA No. \_\_\_ ALIMENTADOR DE ALAMBRE DE COBRE A MAQUINA EXTRUSORA

Fecha	Grupo	
No de alumnos por práctica	No. de alumnos por reporte	
Nombre y firma del profesor		
Nombre (s) del alumno (s)		
Tiempo estimado	Hrs	Calificación

#### 1. Objetivo.

Configuración de un variador de velocidad

#### 2. Materiales y/o equipos.

Variador de velocidad  
Motor trifásico  
Multímetro

#### 3. Desarrollo general.

PRODUCTO: Alambre de cobre.

APLICACIÓN:

- Aplicar los aislamientos plásticos a los conductores en los extrusores
- Problema: debido a variaciones en la velocidad de suministro del cable, se presentan fallas en el aislamiento de los conductores.

SOLUCIÓN: Variadores de velocidad en motores de carretes suministradores de alambre.

PROCEDIMIENTO:

Configurar un variador de velocidad para lograr una velocidad uniforme de 1200 rpm.  
Tanto el arranque como el paro debe ser instantáneo

#### 4. Resultados y conclusiones de la práctica por parte del alumno.

## Bibliografía

- 1     Ingeniería de Control Moderna  
      Katshuiko Ogata  
      Mc. Graw Hill
  
- 2     Instructivo de laboratorio de ingeniería de control  
      Ma Guadalupe Ortiz López, Jesús Leyva Ramos  
      Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luís Potosí
  
- 3     Feedback Control Systems  
      John Van de Vegte  
      Prentice Hall  
      Third Edition
  
- 4     Electrónica Industrial Moderna  
      Timothy J. Malaney  
      Ed. Prentice Hall
  
- 5     Instrumentación Industrial  
      Antonio Creus.  
      Ed. Alfaomega-Marcombo.
  
- 6     El ABC de las máquinas eléctricas  
      Gilberto Enríquez Harper  
      Limusa
  
- 7     Manual de instrucciones  
      Inversor compacto para usos generales.  
      Yaskawa
  
- 8     Manual del usuario  
      Variador de velocidad 160ssc  
      Allen Bradley.