

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE TECNOLOGIA

CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



TRABAJO DE APLICACIÓN

“SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO DE COCIMIENTO DE  
MALTA PARA UNA OLLA MACERADORA MEDIANTE UN MICRO PLC  
EASY”

Examen de Grado presentado para obtener el Grado de Licenciatura en  
Electrónica y Telecomunicaciones

POSTULANTE: Alvaro Quisbert Quispe

La Paz – Bolivia

Noviembre, 2017

## RESUMEN DEL TRABAJO

En el presente trabajo se detalla un sistema de control de limpieza y cocimiento en una olla de maceración de malta, el mismo está diseñado para la mezcla y cocimiento de materia prima, con un determinado volumen de agua tratada y con un parámetro de temperatura ya establecido que será controlado con unas secuencias de programación con un micro plc EASY.

Para el proceso automatizado hacemos el uso de un micro plc EASY que gracias a sus entradas (I) y salidas (Q) darán las señales para el proceso y funcionamiento del mismo.

En el inicio del programa se realizara la limpieza de la olla, seguidamente terminando esa acción pasara al llenado de agua tratada con ayuda de un controlador de nivel, seguidamente será el encendido de la válvula de vapor conjuntamente con el agitador de la olla para la mezcla y cocimiento de los componentes orgánicos a una determinada temperatura con ayuda de un sensor de temperatura y monitoreado en cada momento del cocimiento.

Como primera etapa del proceso será el accionamiento de los habilitadores para el inicio del proceso. Se accionara la electroválvula de la línea de agua tratada (agua para producto) para la limpieza de la olla de maceración a una determinada presión y tiempo ya establecido.

Seguidamente se dará la señal para accionar a la electroválvula de la línea de agua tratada (agua para producto) que será controlada por el sensor de nivel encargada del volumen que se desea que ingrese a la olla de maceración.

Terminada la acción se dará la señal de encendido de la electroválvula para el calentamiento (mediante vapor) del líquido paralelamente con el agitador para la homogenización de la materia prima y aditivos colocados de forma manual, que serán dependientes de los parámetros del sensor de temperatura.

El control de cocimiento será dado por el sensor de temperatura, terminado el cocimiento se accionara la electroválvula situada en la parte inferior de la olla que dará paso al siguiente proceso.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad existen muchas fábricas pequeñas que siguen con el proceso de elaboración manual de cocimiento en las ollas de maceración, los cuales se tienen que realizar con demasiado personal, resulta costoso y no preciso para la elaboración del producto.

También existen procesos de control con lógica cableada pero los cuales por sus características se tendría que modificar el tendido del cableado para un nuevo proceso a implementar en la elaboración o modificación del mismo.

También existen plc's de mayor capacidad que pueden manejar una mayor cantidad de procesos para la elaboración del producto pero de la misma manera son de mayor costo y poco accesibles.

En las ollas de maceración de algunas fábricas pequeñas se utilizan manómetros mecánicos de temperatura los cuales debido al trabajo y tiempo que realizan se van descalibrando y alejándose cada vez de su margen de trabajo siendo más inexactos para su utilización.

También debido al llenado de agua tratada de forma manual existe un margen de error en la elaboración del producto, la corrección demora y genera otro costo.

Por estas razones presento este proyecto para la mejora de proceso en la olla de maceración de cocimiento de malta que se podrá realizar con mayor comodidad con el micro plc EASY.

## **2. JUSTIFICACION DEL TRABAJO**

Existen muchas aplicaciones de control en el uso de un micro plc EASY aplicándolos en sistemas de micro empresas aportando así el desarrollo de nuestro país. Como también el de dar soluciones a problemas de procesos que se presentan en las industrias. En la actualidad realizan los procesos de elaboración de cocimiento de malta con sistemas de

automatización con plc en la mayoría de las fábricas industriales, controlando tanto en el proceso de la elaboración y producción de los productos.

En el presente proyecto hacemos el uso de un micro plc que cuenta con 12 puntos de entradas para las señales y 6 puntos pares para las salidas, tenemos una gran variedad de plc's de mayor capacidad de entradas y salidas pero los precios son bastante elevados.

El micro plc EASY se encarga de realizar el control de lavado y el llenado de nivel de agua tratada comparando en el punto de consigna de arranque dando la señal a la bomba y el llenado y seguidamente la señal a un motorreductor trifásico que estará ubicada en la parte exterior de la olla conectada mecánicamente con un aspa para realizar la mezcla de los componentes orgánicos para realizar la homogenización y conjuntamente controlados con el sensor de temperatura para su correcta elaboración.

### **3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un sistema de control en el proceso de cocimiento para una olla de maceración mediante un micro plc EASY como controlador principal.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

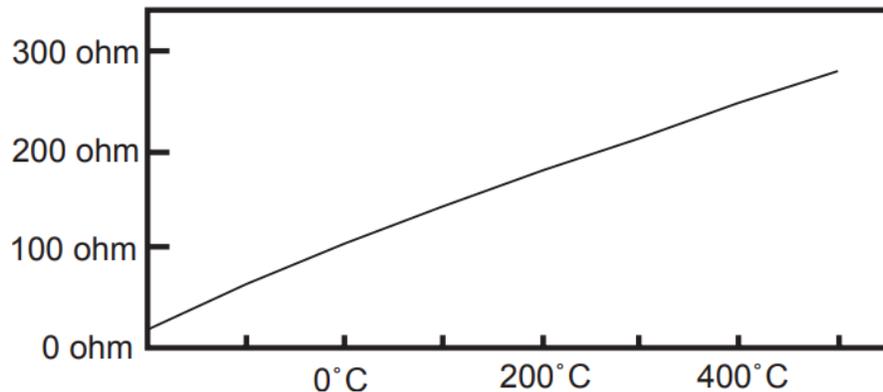
- Realizar un sistema de control de procesos en una olla marceadora de malta aplicando los conocimientos de programación de micro plc EASY de las electroválvulas, sensores de nivel, sensores de temperatura y el accionamiento de un motor trifásico para el agitador.
- Emplear las electroválvulas para el ingreso de agua para la limpieza, agua de producto y el traspaso a la otra olla, utilizando otra electroválvula.
- Utilizar los sensores de nivel para el volumen adecuado que se va a utilizar en la olla de maceración.
- Emplear el sensor de temperatura Pt 100 para medir la temperatura interna de la olla de maceración conjuntamente accionando con el motor y reductor del agitador para su mezcla.

### **4. FUNDAMENTO TEORICO**

#### **5.1 SENSOR DE TEMPERATURA Pt100 (www.arian.cl)**

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

**FIG.5.1 RESISTENCIA VERSUS TEMPERATURA.**



**FUENTE:** [www.arian.cl](http://www.arian.cl)

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo).

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

### **5.1.2 VENTAJAS DEL PT100**

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla

del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

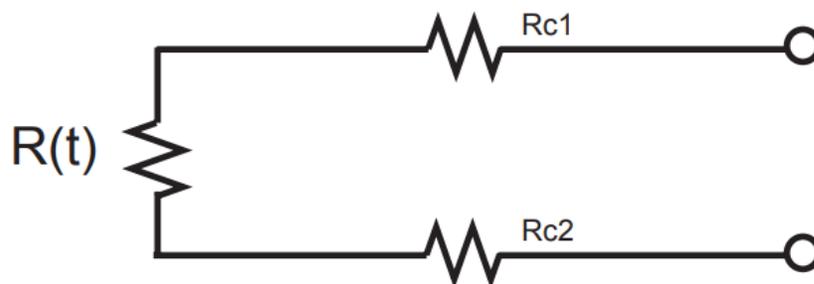
### 5.1.3 CONEXIÓN DEL PT100

Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica  $R(t)$  del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables  $R_c$ .

#### 5.1.4 CON 2 HILOS

El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado) es con solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. El lector medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ . Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.

FIG.5.1.3 CIRCUITO DEL SENSOR CON 2 HILOS



FUENTE: [www.arian.cl](http://www.arian.cl)

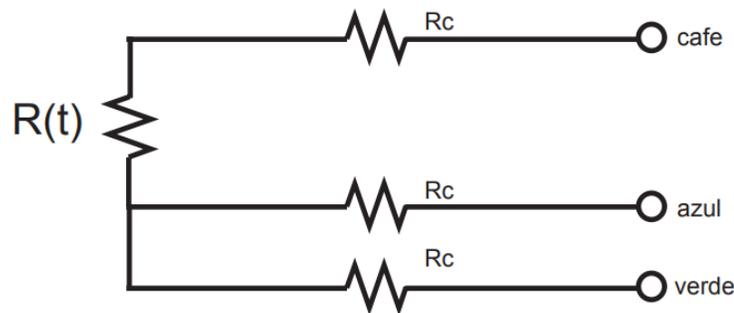
Por ejemplo si la temperatura es  $90^{\circ}\text{C}$ , entonces  $R(t) = 134.7$  ohms, pero si el cable  $R_{c1}$  tiene 1.3 ohms y el  $R_{c2}$  tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será  $134.7+1.3+1.2 = 137.2$  ohms y la lectura del instrumento será  $96^{\circ}\text{C}$ . Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es

0.0193 ohms por metro. Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será  $15 \cdot 2 \cdot 0.0193 = 0.579$  ohms lo que inducirá un error de  $1.5^{\circ}\text{C}$  en la lectura.

### 5.1.5 CON TRES HILOS

El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

FIG 5.1.4 CIRCUITO DEL SENSOR CON 3 HILOS



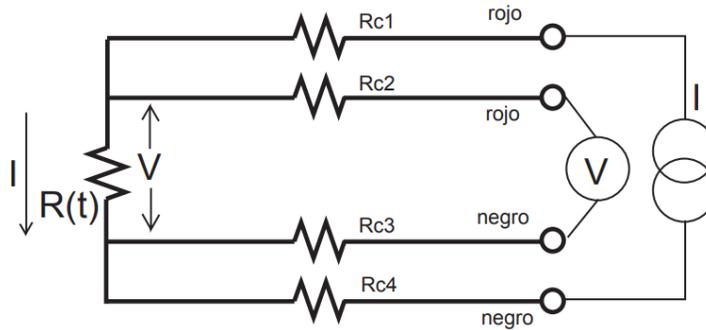
FUENTE: [www.arian.cl](http://www.arian.cl)

El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión. En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide  $2R_c$ . Luego mide la resistencia por los cables cafe y azul para finalmente restarle  $2R_c$  al valor medido y obtener  $R(t)$ .

### 5.1.6 CON CUATRO HILOS

El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.

FIG. 5.15 CIRCUITO DEL SENSOR CON 4 HILOS



FUENTE: [www.arian.cl](http://www.arian.cl)

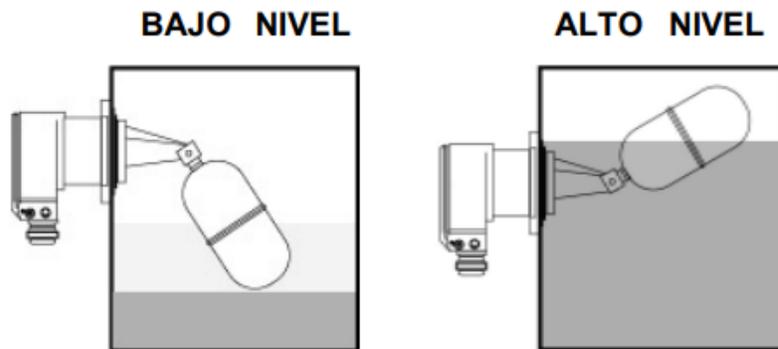
Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente  $I$  conocida a través de  $R(t)$  provocando una diferencia de potencial  $V$  en los extremos de  $R(t)$ . Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables  $Rc2$  y  $Rc3$  será cero ( $dV=Ic \cdot Rc=0 \cdot Rc=0$ ) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje  $V$  en los extremos del elemento  $R(t)$ . Finalmente el instrumento obtiene  $R(t)$  al dividir  $V$  medido entre la corriente  $I$  conocida.

Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente  $I$  por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente  $I$  llamada "corriente de excitación" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo. Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ( $P=I \cdot I \cdot R$ ) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura. Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor. Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 son del orden de  $0.5^{\circ}\text{C}$  por miliwatt generado cuando la Pt100 está en aire sin circular y  $0.05^{\circ}\text{C}$  con la misma Pt100 en agua. La potencia de auto calentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, luego mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.

## 5.2 SENSOR DE NIVEL TIPO FLOTADOR PARA ALTAS TEMPERATURAS N0246009 ([www.gpssa.cl](http://www.gpssa.cl))

Como podrá verse en la fórmula, para una potencia dada, cuanto más baja sea la velocidad final de giro de la flecha del motorreductor, más alto será el par aunque la potencia siga siendo la misma. Inversamente: Cuanta más alta sea la velocidad final del reductor o motorreductor, tanto más bajo será el par aun cuando la potencia sea la misma. Calculemos el par de salida que puede proporcionar un Motorreductor de 5 Se ofrece para montaje vertical y horizontal.

**FIG.5.2 TRABAJO DEL SENSOR EN NIVEL BAJO Y ALTO**



FUENTE: [www.gpssa.cl](http://www.gpssa.cl)

### **5.3 ELECTROVALVULA DE PISTON**

(<http://www.electrotaz.com/electrovalvulas/productos/electrov%C3%A1lvulas-para-aplicaciones-especiales/electrovalvulas-para-vapor-de-agua.html>)

Esta gama de electroválvulas ha sido estudiada para trabajar con fluidos a alta temperatura. El sistema de servopistón permite el funcionamiento de la válvula en regímenes de trabajo duros. Permiten el control de grandes caudales, con un consumo eléctrico muy bajo ya que la válvula se acciona mediante la propia presión del fluido que

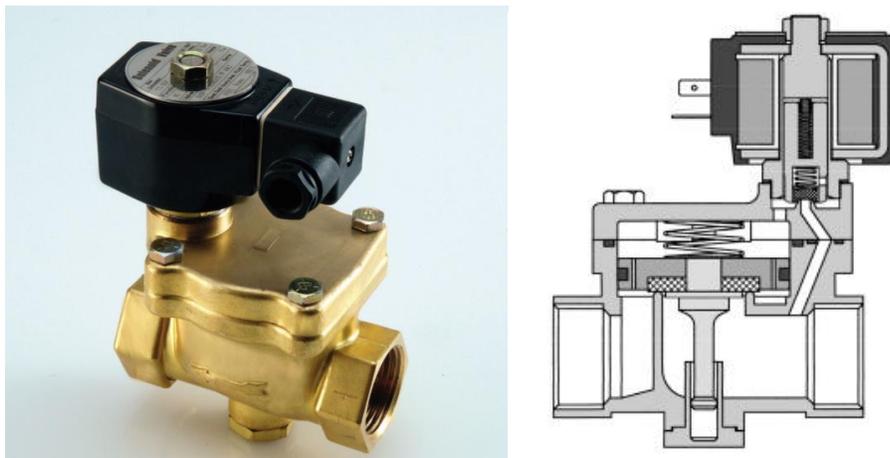
circula a través de la válvula. El tubo guía, núcleos magnéticos y resorte, están fabricados en acero inoxidable. Los materiales utilizados así como el diseño de las distintas piezas garantizan una elevada resistencia mecánica de la válvula.

Aplicaciones: Vapor de agua, aceite térmico, agua caliente, aire comprimido, etc.  
Rango de temperatura: entre  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $180^{\circ}\text{C}$

- Cuerpo / Pistón: Latón o Acero Inoxidable.
- Juntas en PTFE (Teflón).
- Piezas interiores: núcleo móvil y resortes en acero inoxidable.

### 5.3.1 SERIES

FIG. 5.3.1 ELECTROVALVULA DE PISTON



FUENTE: [http://www.electrotaz.com/electrovalvulas/images/rocketlauncher/electrotaz/electrovalvulas/pdf\\_fichas\\_tecnicas/AplicacionesEspeciales/Electrovalvulas\\_Piston\\_SVSP\\_N.pdf](http://www.electrotaz.com/electrovalvulas/images/rocketlauncher/electrotaz/electrovalvulas/pdf_fichas_tecnicas/AplicacionesEspeciales/Electrovalvulas_Piston_SVSP_N.pdf)

Una electroválvula está compuesta por dos partes:

1. Una cabeza magnética constituida principalmente por una bobina, tubo, culata, anillo de desfasado, resorte(s).
2. Un cuerpo, con orificios de racordaje, obturados por clapet, membrana, pistón, etc. según el tipo de tecnología empleada. La apertura y el cierre de la electroválvula está

unida a la posición del núcleo móvil que se desplaza bajo el efecto del campo magnético provocado por la puesta con tensión de la bobina.

### **5.3.2 TERMINOLOGÍA ELECTROVÁLVULA**

a. Anillo de desfasado

Anillo situado en la parte inferior de la culata por encima del núcleo móvil y que sirve en corriente alterna para limitar las vibraciones. Los mas frecuentes son de cobre pero existen también en plata. Las versiones en corriente continua pueden no llevar anillo de desfasado. Bobina.

Parte eléctrica, destinada a crear un campo magnético, compuesta por un cilindro de hilos de cobre enrollado y aislado. La bobina se mantiene en posición en el tubo mediante un clip.

b. Clapet

Provisto de una guarnición de estanquidad, su función es cerrar el orificio principal.

c. Tapón roscado

Pieza intermedia generalmente atornillada que contiene la cabeza magnética y permite la adaptación directa en una tapa o en un cuerpo de válvula.

d. Tapa

Gualdera fijada con tornillos en ciertos cuerpos de válvula para recibir el conjunto cabeza magnética y sujeta las piezas internas.

e. Culata

Peso metálico situado en el extremo del tubo que tiene como función mejorar el campo magnético durante el funcionamiento.

f. Guarniciones de estanquidad

Conjunto de elementos que aseguran la estanquidad del cuerpo de válvula:

- a nivel del 0 de los asientos.

- de cara a la atmósfera externa.

g. Núcleo

Cilindro, de bajo magnetismo residual, desplazado por la fuerza electromagnética.

h. Orificio calibrado

Asegura el cierre de la electroválvula mediante presencia permanente de la presión de entrada o entrada por encima de la membrana o del pistón.

i. Orificio piloto

Situado en el centro de la membrana, se cierra por la guarnición de estanquidad montada en el núcleo.

j. Porta-clapet

Parte accionada por el núcleo móvil y que contiene el clapet.

k. Resorte de clapet

Se monta sobre el núcleo y asegura un cierre positivo del clapet.

l. Resorte de núcleo

Resorte de mantenimiento de la posición del núcleo móvil en ausencia de alimentación de la bobina.

m. Asiento

Parte del cuerpo de válvula en la que la guarnición del clapet asegura la estanquidad.

n. Tubo

Sirve de guía al núcleo móvil que se desplaza por la fuerza electromagnética generada por la bobina (de latón o acero inox.).

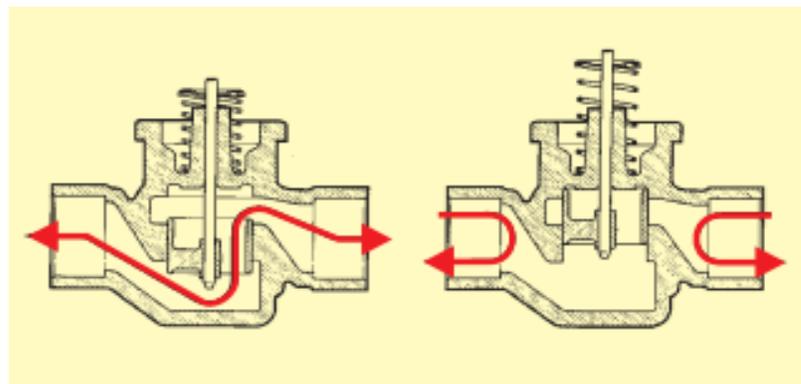
#### **5.4 ELECTROVALVULA MOTORIZADA**

([http://www.honeywell.es/vecchio\\_sito/documenti\\_news/\[2012-08-20\]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf](http://www.honeywell.es/vecchio_sito/documenti_news/[2012-08-20]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf))

Las válvulas de la nueva serie VC nacen de la necesidad de controlar más eficazmente el caudal de agua en las instalaciones de calefacción o acondicionamiento de aire. Se han adoptado nuevos materiales y soluciones a fin de garantizar una alta eficiencia y fiabilidad. El nuevo obturador de material sintético, que asienta en el interior del cuerpo de bronce, asegura un funcionamiento eficaz, silencioso, sin golpe de ariete. El diseño del obturador permite un funcionamiento en condiciones de presión diferencial de hasta 4 bar. El posicionamiento del obturador se asegura mediante una leva accionada por un motor eléctrico. El consumo de energía cesa cuando la válvula alcanza la posición solicitada por el regulador (ej.: termostato).

El actuador, fácilmente separable, incluye el motor y los circuitos eléctricos, la palanca para acondicionamiento manual de la válvula y los contactos auxiliares opcionales. Existen versiones a 24V a 230V, con tiempos de apertura de 7 a 24 segundos, para mando mediante un interruptor unipolar simple o inversor. Se dispone de modelos con o sin contactos auxiliares y con cable de alimentación de 1,5 m. Los cuerpos de válvula de bronce PN20 se ofrecen en versiones de dos o tres vías, con rosca externa o interna, en medidas de ½" y 1". Las válvulas VC pueden utilizarse como mezcladoras o desviadoras.

**FIG. 5.4.1 FUNCIONAMIENTO DE ELECTROVALVULA MECANIZADA**



FUENTE: [http://www.honeywell.es/vecchio\\_sito/documenti\\_news/\[2012-08-20\]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf](http://www.honeywell.es/vecchio_sito/documenti_news/[2012-08-20]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf)

**FIG. 5.4.2 FORMA FISICA DE UNA ELECTROVALVULA MECANIZADA**



**FUENTE:** [http://www.honeywell.es/vecchio\\_sito/documenti\\_news/\[2012-08-20\]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf](http://www.honeywell.es/vecchio_sito/documenti_news/[2012-08-20]folletto-new%20pdf/folletto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf)

## **5.5 MOTOR TRIFASICO** (<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>)

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

### **5.5.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se origina un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor.

Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, eso originará en el motor que la parte del rotor se coloque en movimiento. Dicho movimiento es continuo, debido a las variaciones de la corriente alterna trifásica.

Solo debe hacerse notar que el rotor no puede ir a la misma velocidad que la del campo magnético giratorio. Esto se debe a que a cada momento recibe impulsos del campo, pero al cesar el empuje, el rotor se retrasa. A este fenómeno se le llama deslizamiento.

Después de ese momento vendrá un nuevo empuje y un nuevo deslizamiento, y así sucesivamente. De esta manera se comprende que el rotor nunca logre alcanzar la misma velocidad del campo magnético giratorio.

Es por lo cual recibe el nombre de asíncrono o asincrónico. El deslizamiento puede ser mayor, conforme aumenta la carga del motor y lógicamente, la velocidad se reduce en una proporción mayor.

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica que se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

### **5.5.2 PARTES Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICOSTRIFÁSICO**

Independientemente del tipo de motor trifásico del que se trate, todos los motores trifásicos convierten la energía eléctrica en energía mecánica.

**a. El estator:** está constituido por un enchapado de hierro al silicio, introducido generalmente a presión, entre una carcasa de hierro colado. El enchapado es ranurado, lo cual sirve para insertar allí las bobinas, que a su vez se construyen con alambre de cobre, de diferentes diámetros.

**b. El rotor:** es la parte móvil del motor. Está formado por el eje, el enchapado y unas barras de cobre o aluminio unidas en los extremos con tornillos. A este tipo de rotor se le llama de jaula de ardilla o en cortocircuito porque el anillo y las barras que son de aluminio, forman en realidad una jaula.

**c. Los escudos:** están hechos con hierro colado (la mayoría de veces). En el centro tienen cavidades donde se incrustan cojinetes de bolas sobre los cuales descansa el eje del rotor. Los escudos deben estar siempre bien ajustados con respecto al estator, porque de ello depende que el rotor gire libremente, o que tenga "arrastres" o "fricciones".

### 5.5.3 TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO

Si el rotor tiene la misma velocidad de giro que la del campo magnético rotativo, se dice que el motor es síncrono. Si por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo magnético rotativo, el motor es asíncrono de inducción.

Los motores eléctricos trifásicos están conformados por dos grandes grupos:

- a. Motores Síncronos
- b. Motores Asíncronos

#### a. Motores Síncronos:

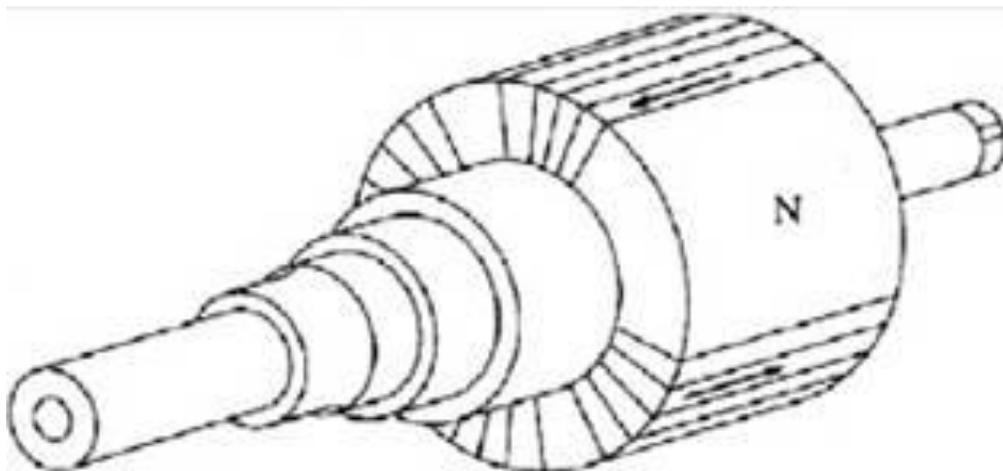
Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante.

Las máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores. En nuestro medio sus aplicaciones son mínimas y casi siempre están relacionadas en la generación de energía eléctrica. Para el caso referente a la máquina rotativa síncrona, todas las centrales Hidroeléctricas y Termoeléctricas funcionan mediante generadores síncronos trifásicos.

Los motores síncronos se subdividen a su vez, de acuerdo al tipo del rotor que utilizan, siendo estos: rotor de polos lisos (polos no salientes) y de polos salientes.

- i. **Motores de rotor de polos lisos o polos no salientes:** se utilizan en rotores de dos y cuatro polos. Estos tipos de rotores están contruidos al mismo nivel de la superficie del rotor. Los motores de rotor liso trabajan a elevadas velocidades.

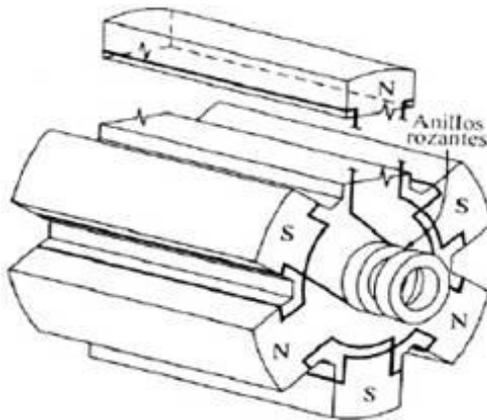
**FIG. 5.5.3.1 Rotor de polos no salientes en un motor síncrono**



FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

**ii. Motores de polos salientes:** Los motores de polos salientes trabajan a bajas velocidades. Un polo saliente es un polo magnético que se proyecta hacia fuera de la superficie del rotor. Los rotores de polos salientes se utilizan en rotores de cuatro o más polos.

**FIG. 5.5.3.2 Rotor de polos salientes en un motor síncrono**



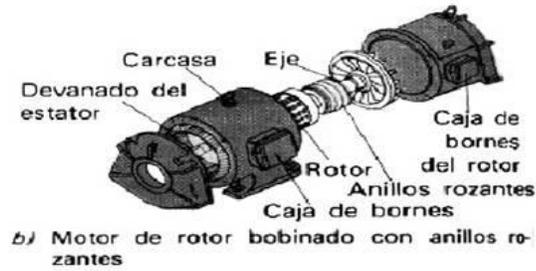
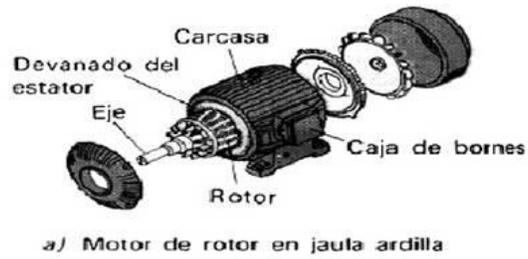
FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

## **2. Motor asíncrono:**

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rozantes.

### **Motores de inducción asíncronos**

**FIG. 5.5.3.4 MOTOR ASINCRONO**

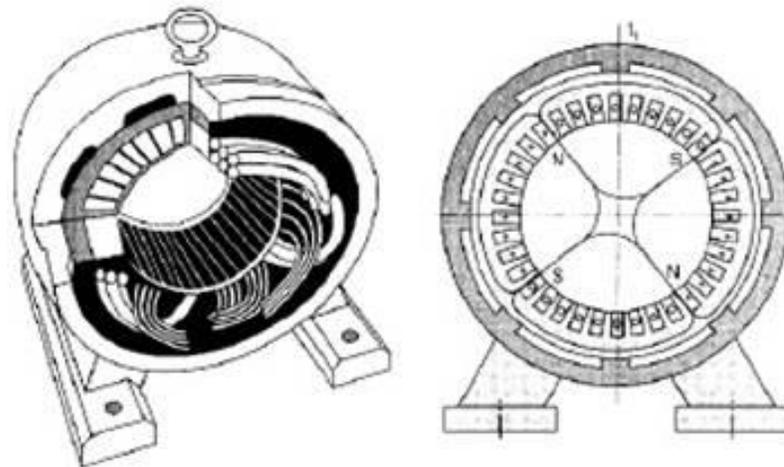


FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

En los motores asíncronos trifásicos, la energía eléctrica se suministra al bobinado del estator. Como consecuencia de ello, aparece un par aplicado al rotor, y éste girará.

### Estator de un motor asíncrono trifásico

FIG. 5.5.3.5 ESTATOR DE UN MOTOR ASINCRONO TRIFASICO



FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Sin lugar a dudas, como toda máquina puesta o no en servicio, la temperatura excesiva del ambiente o causada por un problema con el motor mismo, es un elemento clave a considerar, ya que de ella depende la vida útil de la máquina.

#### **5.5.4 VENTAJAS**

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

A igual potencia, su tamaño y peso son más reducidos.

Se pueden construir de cualquier tamaño.

Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante.

Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 75%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).

Este tipo de motores no emite contaminantes, aunque en la generación de energía eléctrica de la mayoría de las redes de suministro si emiten contaminantes.

#### **5.5.5 MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

Los motores de C.A. se clasifican de la siguiente manera:

Asíncrono o de inducción

Los motores asíncronos o de inducción son aquellos motores eléctricos en los que el rotor nunca llega a girar en la misma frecuencia con la que lo hace el campo magnético del estator. Cuanto mayor es el par motor mayor es esta diferencia de frecuencias.

##### **a. Jaula de ardilla**

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas)

b. **Monofásicos**

Motor de arranque a resistencia. Posee dos bobinas una de arranque y una bobina de trabajo.

Motor de arranque a condensador. Posee un condensador electrolítico en serie con la bobina de arranque la cual proporciona más fuerza al momento de la marcha y se puede colocar otra en paralelo la cual mejora la reactancia del motor permitiendo que entregue toda la potencia.

Motor de marcha.

Motor de doble condensador.

Motor de polos sombreados o polo sombra.

c. **Trifásicos**

Motor de Inducción. a tres fases

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

d. **Rotor Devanado**

El rotor devanado o bobinado, como su nombre lo indica, lleva unas bobinas que se conectan a unos anillos deslizantes colocados en el eje; por medio de unas escobillas se conecta el rotor a unas resistencias que se pueden variar hasta poner el rotor en corto circuito al igual que el eje de jaula de ardilla.

Monofásicos

Motor universal

Motor de Inducción

Motor de fase partida

Motor por reluctancia

Motor de polos sombreados

Trifásico

Motor de rotor devanado.

Motor asíncrono

Motor síncrono

**e. Motor síncrono**

Los **motores síncronos** son un tipo de motor de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo".

La expresión matemática que relaciona la velocidad de la máquina con los parámetros mencionados es:

$$n = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Donde:

f: Frecuencia de la red a la que está conectada la máquina (Hz)

P: Número de pares de polos que tiene la máquina

p: Número de polos que tiene la máquina

n: Velocidad de sincronismo de la máquina (revoluciones por minuto)

Por ejemplo, si se tiene una máquina de cuatro polos (2 pares de polos) conectada a una red de 50 Hz, la máquina operará a 1.500 revoluciones por minuto.

Funcionan de forma muy similar a un alternador. Dentro de la familia de los motores síncronos debemos distinguir:

Los motores síncronos.

Los motores asíncronos sincronizados.

Los motores de imán permanente.

Los motores síncronos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales. Los motores síncronos se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante

En este tipo de motores y en condiciones normales, el rotor gira a las mismas revoluciones que lo hace el campo magnético del estator.

f. **Arranque de un motor trifásico síncrono**

Existen cuatro tipos de arranques diferentes para este tipo de motor:

Como un motor asíncrono.

Como un motor asíncrono, pero sincronizado.

Utilizando un motor secundario o auxiliar para el arranque.

Como un motor asíncrono, usando un tipo de arrollamiento diferente: llevará unos anillos rozantes que conectarán la rueda polar del motor con el arrancador.

g. **Frenado de un motor trifásico síncrono**

Por regla general, la velocidad deseada de este tipo de motor se ajusta por medio de un reóstato. El motor síncrono, cuando alcance el par crítico, se detendrá, no siendo esta la forma más ortodoxa de hacerlo. El par crítico se alcanza cuando la carga asignada al motor supera al par del motor. Esto provoca un sobrecalentamiento que puede dañar el motor. La mejor forma de hacerlo, es ir variando la carga hasta que la intensidad absorbida de la red sea la menor posible, y entonces desconectar el motor.

Otra forma de hacerlo, y la más habitual, es regulando el reostato, con ello variamos la intensidad y podemos desconectar el motor sin ningún riesgo.

h. **Cambio de sentido de giro.**

Para efectuar el cambio de sentido de giro de los motores eléctricos de corriente alterna se siguen unos simples pasos tales como:

Para motores monofásicos únicamente es necesario invertir las terminales del devanado de arranque, esto se puede realizar manualmente o con unos relevadores

Para motores trifásicos únicamente es necesario invertir dos de las conexiones de alimentación correspondientes a dos fases de acuerdo a la secuencia de trifases.

Para motores de a.c. es necesario invertir los contactos del par de arranque.

i. **Regulación de velocidad**

En los motores asíncronos trifásicos existen dos formas de poder variar la velocidad, una es variando la frecuencia mediante un equipo electrónico

especial y la otra es variando la polaridad gracias al diseño del motor. Esto último es posible en los motores de devanado separado, o los motores de conexión Dahlander.

## 5.5.6 MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN

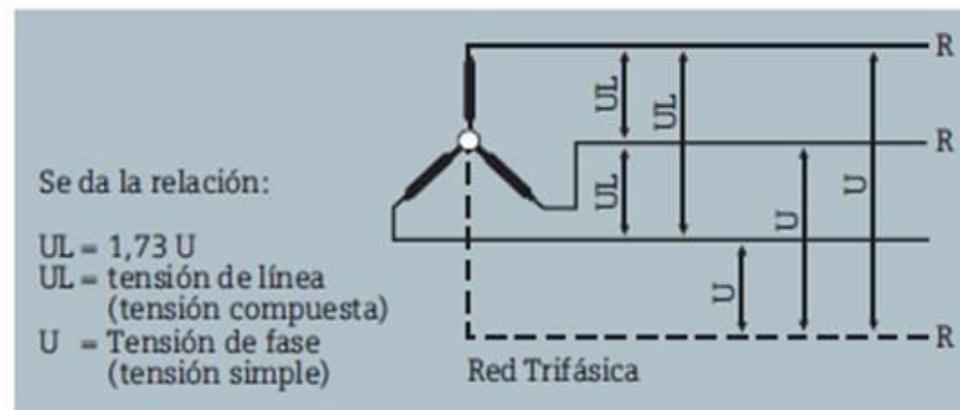
### a. El sistema trifásico

Las redes trifásicas de baja tensión están formadas por los tres conductores activos R, S y T, y pueden ejecutarse con o sin conductor neutro. Los conductores neutros están unidos al centro de la estrella del generador o del transformador correspondiente al lado de baja tensión. Dos conductores activos, o uno de ellos y el neutro, constituyen un sistema de corriente alterna monofásica.

### b. Tensión de servicio

La tensión existente entre dos conductores activos (R, S, T) es la tensión de línea (tensión compuesta o tensión de la red). La tensión que hay entre un conductor activo y el neutro es la tensión de la fase (tensión simple).

FIG. 5.4.1 TENSION DE LINEA Y NEUTRO



FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Las tensiones normalizadas para las redes de corriente trifásica, en baja tensión, son las siguientes:

TABLA 5.4.1 TENSIONES DE RED INDUSTRIALES A 60 HZ

Tensión de línea (V)	Tensión de fase (V)	Denominación usual de la red (V)
208	120	208/120
220	127	220/127
260	150	260/150
380	220	380/220
440	254	440/254

FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

### c. Conexión de motores trifásicos

Los motores trifásicos se conectan los tres conductores R,S,T. La tensión nominal del motor en la conexión de servicio tiene que coincidir con la tensión de línea de la red (tensión servicio).

Conexión de servicio de los motores trifásicos y sus potencias nominales:

**TABLA 5.4.2 MOTORES QUE SE ARRANCARAN EN ESTRELLA TRIANGULO**

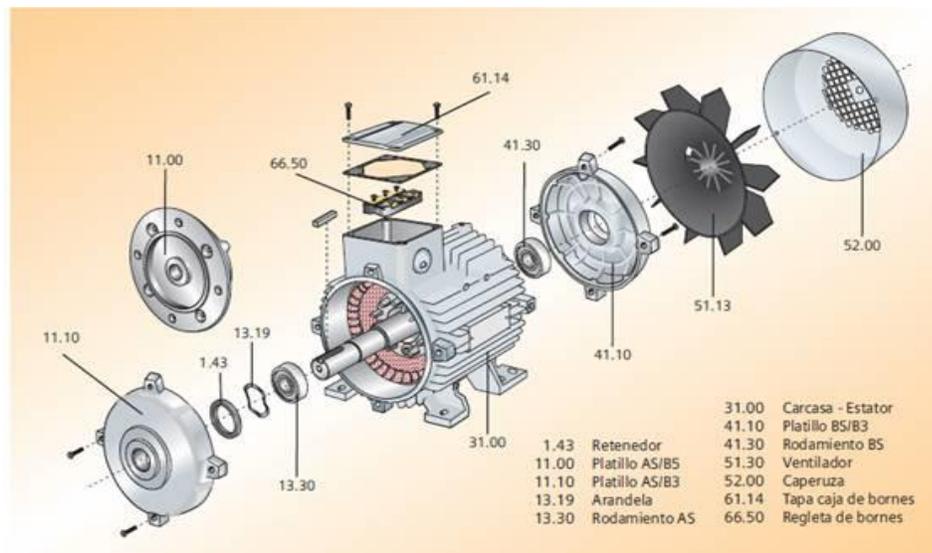
Ejecución del devanado (V)	Tensión de la red (V)	Devanado en	% Potencia nominal de placa	Tipo de arranque permitido
220-260Δ/440Y <sup>3</sup> Tamaños 71-160	220	Δ	80	Directo/Y-Δ
	260	Δ	100	Directo/Y-Δ
	380	Δ	100	Directo
	440	Δ	100	Directo
208 – 220 YY/ 440 Y Tamaños 71-112	208	YY	90	Directo
	220	YY	100	Directo
	440	Y	100	Directo
208-220 ΔΔ / 440 Δ Tamaños 132-280	208	ΔΔ	90	Directo/Y-Δ
	220	ΔΔ	100	Directo/Y-Δ
	380	YY		Directo
	440	Δ	100	Directo/Y-Δ

FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

### d. Potencia.

Para elegir un motor adecuado, se tendrán en cuenta los datos siguientes: la carga de trabajo (potencia), la clase de servicio, el curso de ciclo de trabajo, los procesos de arranque, frenado e inversión, la regulación de la velocidad de rotación, las variaciones de la red y la temperatura del medio refrigerante.

**FIG. 5.4.2 PARTES DE UN MOTOR TRIFASICO**



**FUENTE:**<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

#### **e. Caja de conexiones.**

Los tamaños 71 y superiores, hasta el 220, poseen la caja de conexiones en la parte superior de la carcasa; en los demás motores va instalada a la derecha.

Para la conexión a tierra se dispone, en todos los tipos, de un borne en la caja de conexiones, debidamente marcado; del tamaño 180 en adelante, adicionalmente se tienen bornes de puesta a tierra en las patas. Los motores se suministran con los puentes correspondientes para las diferentes conexiones de sus bobinas.

#### **f. Carcasa.**

La carcasa de los motores de los tamaños 71 a 160 es de aluminio inyectado. Del tamaño 180 en adelante tienen la carcasa en hierro fundido.

#### **g. Platillos.**

Los tamaños AH 71, 80 y 90 se fabrican con platillos de aleación de aluminio; a partir del tamaño 112 los platillos de los motores son de fundición de hierro, tanto en el lado de accionamiento AS como en el lado de servicio BS.

#### **h. Pintura.**

Los motores llevan dos capas de pintura. Una capa anticorrosiva, que ofrece protección en caso de humedad o de instalación a la intemperie o en locales en los que haya que contar con gases y vapores químicamente agresivos y otra de acabado color gris.

#### **i. Ventilador.**

Los ventiladores para la refrigeración del motor son de plástico en todos los tamaños de la serie 1LA3/5/7 y su acción refrigerante es complementada por la caperuza, fabricada en lámina de acero. Para las series 1LA4 y 1LA6 el ventilador es fundido en aluminio.

Fallas de los motores eléctricos

#### **j. Servicio de corta duración**

El motor alcanza el calentamiento límite durante el tiempo de funcionamiento prescrito (10-30-60 minutos), la pausa tras el tiempo de funcionamiento debe ser lo suficientemente larga para que el motor pueda enfriarse.

#### **k. Servicio intermitente**

Se caracteriza por periodos alternos de pausa y trabajo.

#### **l. Protección contra averías**

Si se daña un motor, deben tomarse en cuentas los siguientes factores:

Clase de máquina accionada.

Potencia efectiva que debe desarrollar, HP.

Velocidad de la máquina movida, RPM.

Clase de transmisión (Acoplamiento elástico o rígido), sobre bancada común o separada, correa plana o trapezoidal, engranajes, tornillos sin fin, etc.

Tensión entre fase de la red.

Frecuencia de la red y velocidad del motor.

Rotor anillos rozantes o jaula de ardilla.

Clase de arranques, directo, estrella triángulo, resistencias estáticas, resistencias retóricas, auto transformador, etc.

Forma constructiva.

Protección mecánica.

Regulación de velocidad.

Tiempo de duración a velocidad mínima.

Par resistente de la máquina accionada (MKG).

Sentido de giro de la máquina accionada mirando desde el lado de acoplamiento derecha, izquierda o reversible.

Frecuencia de arranque en intervalos menores de dos horas.

Temperatura ambiente si sobrepasa los 40 °C.

Indicar si el motor estará instalado en áreas peligrosas: Gas, Humedad, etc.

**m. El motor funciona en forma irregular**

Avería en los rodamientos.

La caja del motor está sometida a tensiones mecánicas.

Acoplamiento mal equilibrado.

**n. No arranca**

Tensión muy baja.

Contacto del arrollamiento con la masa.

Rodamiento totalmente dañado.

Defecto en los dispositivos de arranques.

**o. Arranca a golpes**

Espiras en contacto.

**p. Motor trifásico arranca con dificultad y disminución de velocidad al ser cargado**

Tensión demasiado baja.

Caída de tensión en la línea de alimentación.

Estator mal conectado, cuando el arranque es estrella triángulo.

Contacto entre espiras del estator.

**q. Trifásico produce zumbido internamente y fluctuaciones de corriente en el estator**

Interrupción en el inducido.

**r. Trifásico no arranca o lo hace con dificultad en la conexión estrella**

Demasiada carga.

Tensión de la red.

Dañado el dispositivo de arranque estrella.

**s. Trifásico se calienta rápidamente**

Cortocircuito entre fases.

Contacto entre muchas espiras.

Contacto entre arrollamiento y masa.

**t. Estator se calienta y aumenta la corriente**

Estator mal conectado.

Cortocircuito entre fases.

Contacto entre arrollamientos y masa.

**u. Se calienta excesivamente pero en proceso lento**

Exceso de carga.

Frecuencia de conexión y desconexión muy rápida.

Tensión demasiado elevada.

Tensión demasiado baja.

Falla una fase.

Interrupción en el devanado.

Conexión equivocada.

Contacto entre espiras.

Cortocircuito entre fases.

Poca ventilación.

Inducido roza el estator.

Cuerpos extraños en el entrehierro.

La marcha no corresponde al régimen señalado por la placa.

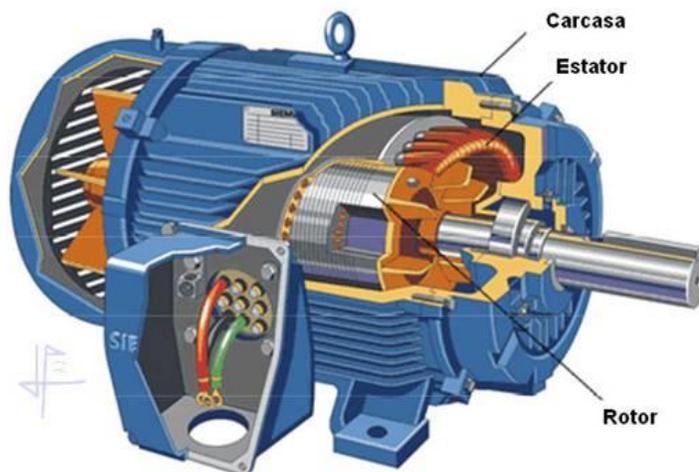
Los motores eléctricos son de suma importancia en la actualidad, debido a las diferentes aplicaciones industriales a los que son sometidos, es por ellos, que se deben tomar en cuenta todas las fallas que se presentan para el correcto funcionamiento de los mismos.

Un motor cuando comienza a sobre trabajar, es decir, que trabaja por encima de sus valores nominales, va disminuyendo su periodo de vida; esto nos lleva a concluir que si no se realiza un buen plan de mantenimiento el motor no durará mucho. Un plan de

mantenimiento debe realizarse tomando en cuentas las fallas que están ocurriendo en los motores.

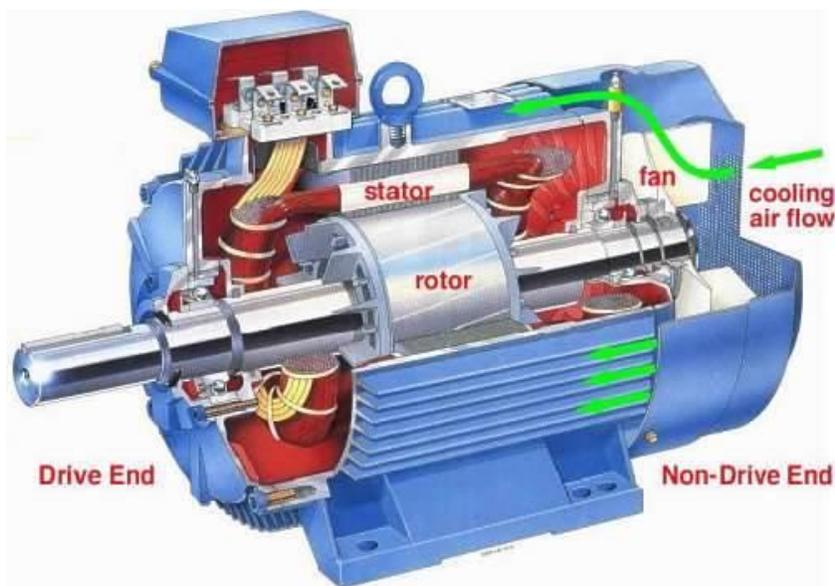
El resultado de este informe es presentar las aplicaciones de los motores eléctricos y las fallas que en ellos existen, pero debemos tener en cuenta que son conceptos que están íntimamente relacionados; Si no se conocen las fallas que se presentan en los motores eléctricos no se puede aplicar ningún plan de mantenimiento, lo que implica el mal funcionamiento de los mismo y no tendrían ninguna aplicación útil.

**FIG. 5.4.3 MOTOR TRIFASICO ROTOR Y ESTATOR**



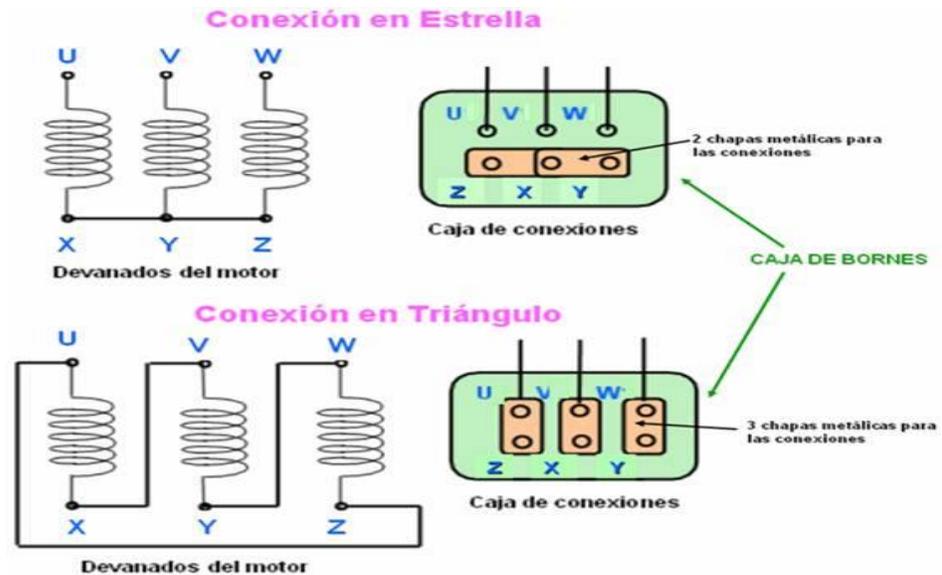
FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

**FIG.5.4.4 PARTES DEL MOTOR TRIFASICO**



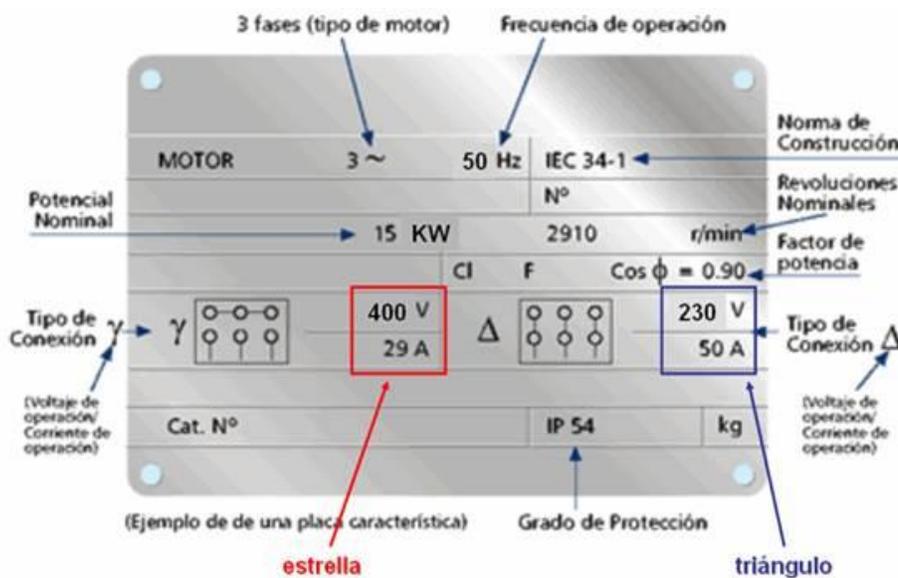
FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

FIG. 5.4.5 CONEXIÓN DELTA Y TRIANGULO



FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

FIG. 5.4.6 PLACA DE UN MOTOR TRIFASICO CON SUS DATOS TECNICOS



FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

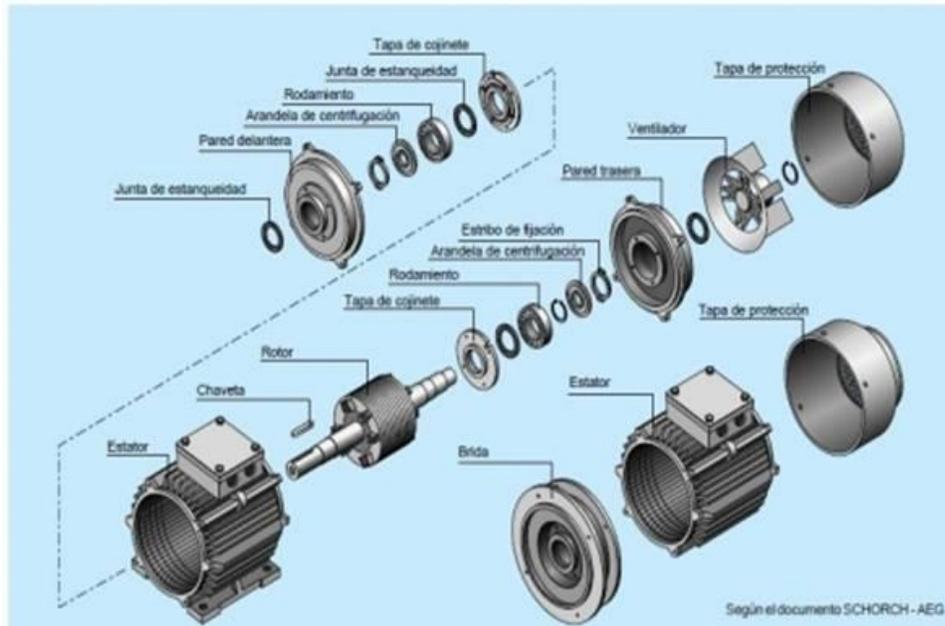
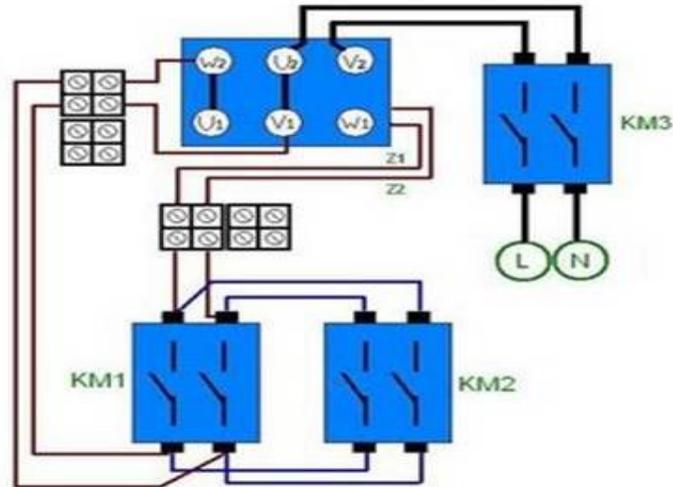


FIG. 5.4.7 COMPONENTE DE UN MOTOR ASINCRONO TRIFASICO DE JAULA

FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

DIAGRAMA 5.4.1 CONEXIÓN PARA CAMBIO DE GIRO DE MOTOR MONOFASICO MEDIANTE MANIPULACION DE Z1 Y Z2 (MOTOR SIEMENS 1RF3 092-4YB90)

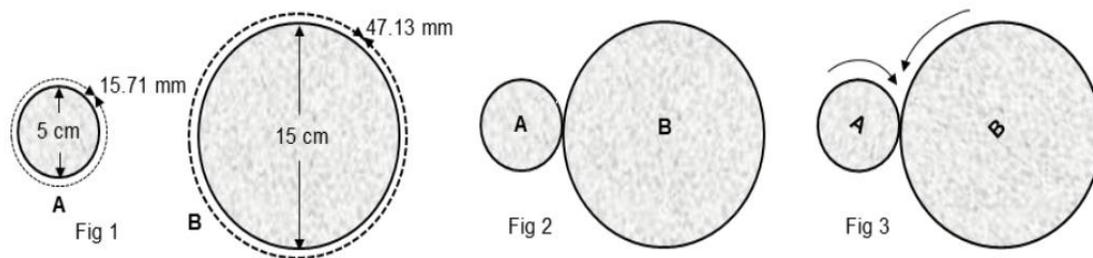


FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtm>

## 5.6 REDUCTOR

Los reductores y motorreductores mecánicos de velocidad se pueden contar entre los inventos más antiguos de la humanidad y aún en estos tiempos del siglo XXI se siguen utilizando prácticamente en cada máquina que tengamos a la vista, desde el más pequeño reductor o motorreductor capaz de cambiar y combinar velocidades de giro en un reloj de pulsera, cambiar velocidades en un automóvil, hasta enormes motorreductores capaces de dar tracción en buques de carga, molinos de cemento, grandes máquinas cavadoras de túneles o bien en molinos de caña para la fabricación de azúcar. Un motorreductor tiene un motor acoplado directamente, el reductor no tiene un motor acoplado directamente. La sencillez del principio de funcionamiento y su grado de utilidad en una gran variedad de aplicaciones es lo que ha construido la trascendencia de este invento al través de los siglos. A continuación se dan los principios básicos de un reductor o motorreductor de velocidad: Supongamos que la rueda “A” de la fig.1 tiene un diámetro de 5 cm. Su perímetro será entonces de  $5 \times 3.1416 = 15.71$  cm. El perímetro es la longitud total del envolvente de la rueda. Una rueda “B” de 15 cm de diámetro y 47.13 cm de perímetro ( $15 \times 3.1416$ ) está haciendo contacto con el perímetro de la rueda “A” Fig.2

**FIG 5.6.1-2-3 COMCEPTO DE REDUCCION DE UN MOTOREDUCTOR**

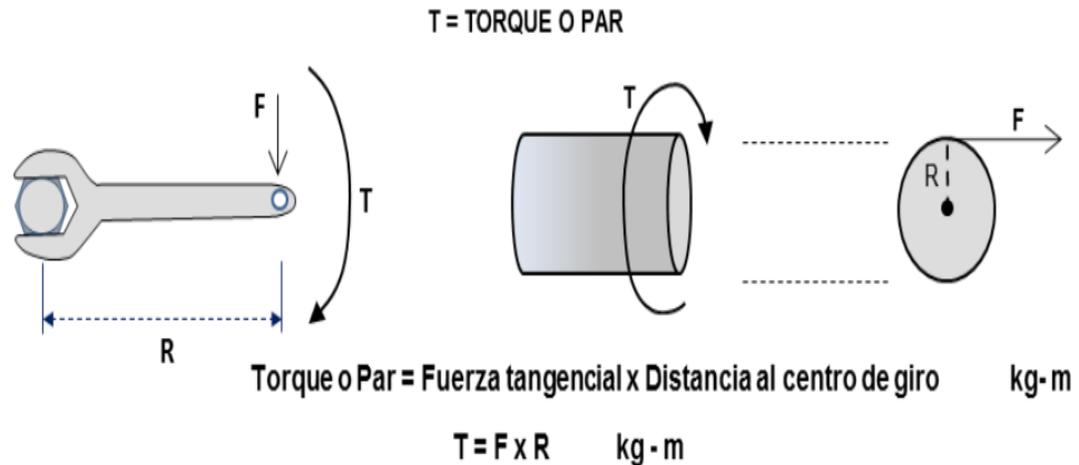


FUENTE:<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Concepto de relación de reducción en un Motorreductor En la fig 3, cuando gira la rueda “A” hará que a su vez gire la rueda “B” pero sucederá que por cada tres vueltas que dé “A”, la rueda “B” solamente dará una vuelta, esto es, el diámetro de “B” dividido por el diámetro de “A” ( $15/5 = 3$ ). Este número 3 será la relación de reducción de este reductor o motorreductor elemental y se indica como 3:1 Con esta simple combinación se ha logrado disminuir la velocidad de rotación de la rueda “B” a la tercera parte de la velocidad de la rueda “A”. Si a la combinación de ruedas antes descrito encadenamos otras ruedas adicionales entonces cada vez lograremos una velocidad cada vez menor hasta donde sea necesario para la aplicación y puede ser 6:1, 30:1, 100:1 o aún mayor para lograr velocidades muy pequeñas que se pudieran necesitar y que, por ejemplo, la rueda “A” tuviera que girar cientos de veces para que la última rueda girara una sola vez. En este caso tendremos un motorreductor de varios trenes de reducción, entendiendo como 1 tren de reducción a un par de ruedas. Con 6 ruedas tendríamos tres trenes de engranes. Con este sistema de reducción no solamente disminuimos la velocidad de “B” a un giro más lento que es útil para la mayoría de las aplicaciones sino que al mismo tiempo estaremos aumentado el “par” o “torque” en la última rueda del motorreductor que generalmente se conoce como la rueda de salida a la que va ensamblada la “flecha de salida” del reductor o motorreductor. Concepto de par o torque en un Motorreductor El “torque” o “par” es una fuerza de giro; Por ejemplo la fuerza de giro de la flecha de salida del motorreductor; es también la fuerza de giro en la flecha de un motor. No es simplemente una fuerza expresada en kilogramos, libras, onzas, Newton, etc.; tampoco es una potencia en HP o en

Kilowatts. Es un fuerza de giro cuyas unidades son kilogramos – metro, o libra – pie, o libras – pulgada, o Newton – metro, etc.

**FIG.5.6.4 TORQUE O PAR**



**FUENTE:**<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Este torque o par mezclado con un tiempo de realización, aplicación o ejecución es entonces que se convierte en una “potencia”. Un motor eléctrico tiene una determinada potencia en HP y tiene una cierta velocidad de operación a la cual gira la flecha de salida, por ejemplo 1800 Revoluciones por Minuto (RPM). Estas dos características: Velocidad y Potencia llevan aparejado un cierto “torque” o “par” que puede liberar el motor. Es precisamente el “par” lo que permitirá que podamos o no girar una determinada carga, cuanto más alto el “par” más grande será la carga que podamos girar. El que tan rápido podamos hacerlo dependerá de la potencia del motorreductor. Las dos características están interrelacionadas y dependen una de la otra. Esta combinación de potencia, par y velocidad en un motor o motorreductor está regida por la siguiente fórmula:

$$\text{PAR (en kg-m)} = \frac{\text{POTENCIA (en HP)} \times 716}{\text{VELOCIDAD DE GIRO DE LA FLECHA DEL MOTOR O REDUCTOR (RPM)}}$$

**RPM = número de giros de la flecha por minuto**

$$T = \frac{HP \times 716}{RPM} \quad \text{en kg-m}$$

Como podrá verse en la fórmula, para una potencia dada, cuanto más baja sea la velocidad final de giro de la flecha del motorreductor, más alto será el par aunque la potencia siga siendo la misma. Inversamente: Cuanta más alta sea la velocidad final del reductor o motorreductor, tanto más bajo será el par aun cuando la potencia sea la misma.

**5.7 MICRO PLC EASY** (<http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>)

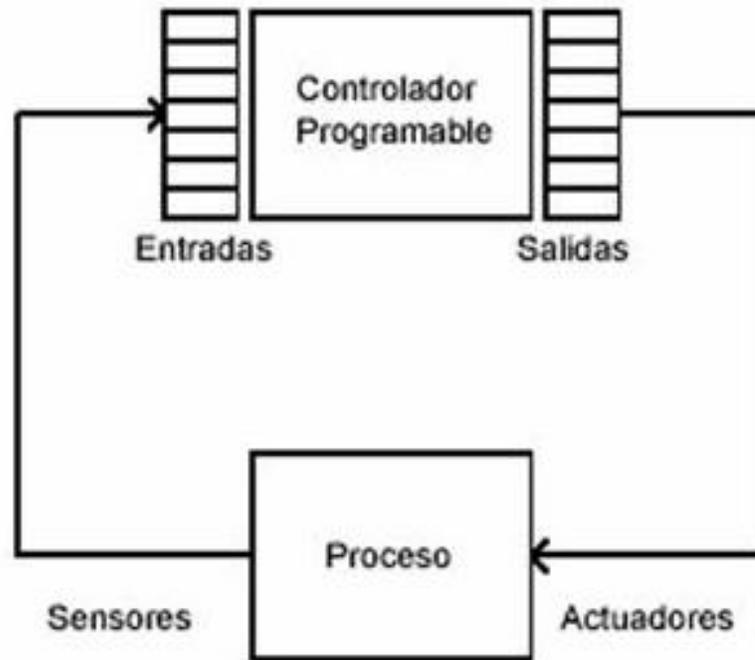
Un **MICROPLC** o **micro controlador lógico programable** es un dispositivo electrónico utilizado para controlar de forma automática distintos procesos o maquinas.

Estos **MICROPLC** son computadoras capaces de automatizar procesos electromecánicos. Son muy utilizados en muchas industrias y maquinas. Estas computadoras son de **fácil manejo** por el operador, robustas, flexibles y **económicas**.

Básicamente un **MICROPLC** es capaz de ejecutar una acción (por ejemplo accionar un motor) dependiendo de la señal que reciba de otro proceso. Un **ejemplo** es se termino de cortar las barras, por lo que al microPLC le llega una señal de que haga funcionar el motor para que la cinta transportadora empiece a funcionar y transporte las barras cortadas.

## DIAGRAMA 5.6.1 PROCESO DE ENTRADAS Y SALIDAS DE UN PLC

F:



FUENTE:[ecursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502monografico-lenguajes-de-programacion?start=2](http://ecursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502monografico-lenguajes-de-programacion?start=2)

## 6. DESARROLLO DEL TRABAJO

El presente trabajo se desarrollara de la siguiente manera:

- 1.- Se tomara los datos e información necesaria que se requieren en el proceso para la programación del micro plc EASY para su programación y su correspondiente simulación.
- 2.- Hecha la prueba en la simulación se pasara al armado del circuito con los datos obtenidos
- 3.-Se tomara en cuenta el tiempo necesario para la limpieza de la olla de maceración y la presión que se necesita para su correcto funcionamiento para que se mande la señal a la electroválvula terminado el lavado se abrirá otra electroválvula de en la parte inferior de la olla que dará paso al vaciado del agua que se utilizó para el lavado la olla de maceración

4.- El controlador mandara la señal que ya se puede llenar de agua tratada a la olla de maceración en este parte del proceso el sensor de nivel tipo bolla, mandara la señal para la apertura o cierre de la electroválvula de llenado a la olla de maceración paralelamente se

activara el motor con el que está unido el reductor y el aspa de agitación para su mezcla y homogenización.

5.- Terminado el proceso de llenado por el sensor de nivel pasara a la siguiente etapa de programación en la cual actuara el sensor de temperatura y se encargara de mandar la señal de apertura o cierre de la electroválvula de la línea de vapor dependiendo de la temperatura programada por el operador para su correcto cocimiento durante un tiempo ya establecido.

6.-Terminando el tiempo de cocimiento el controlador mandara la señal de apertura de la electroválvula de drenado o vaciado para la olla que estará debajo en la cual el sensor de nivel mandara la señal de apertura y cierre.

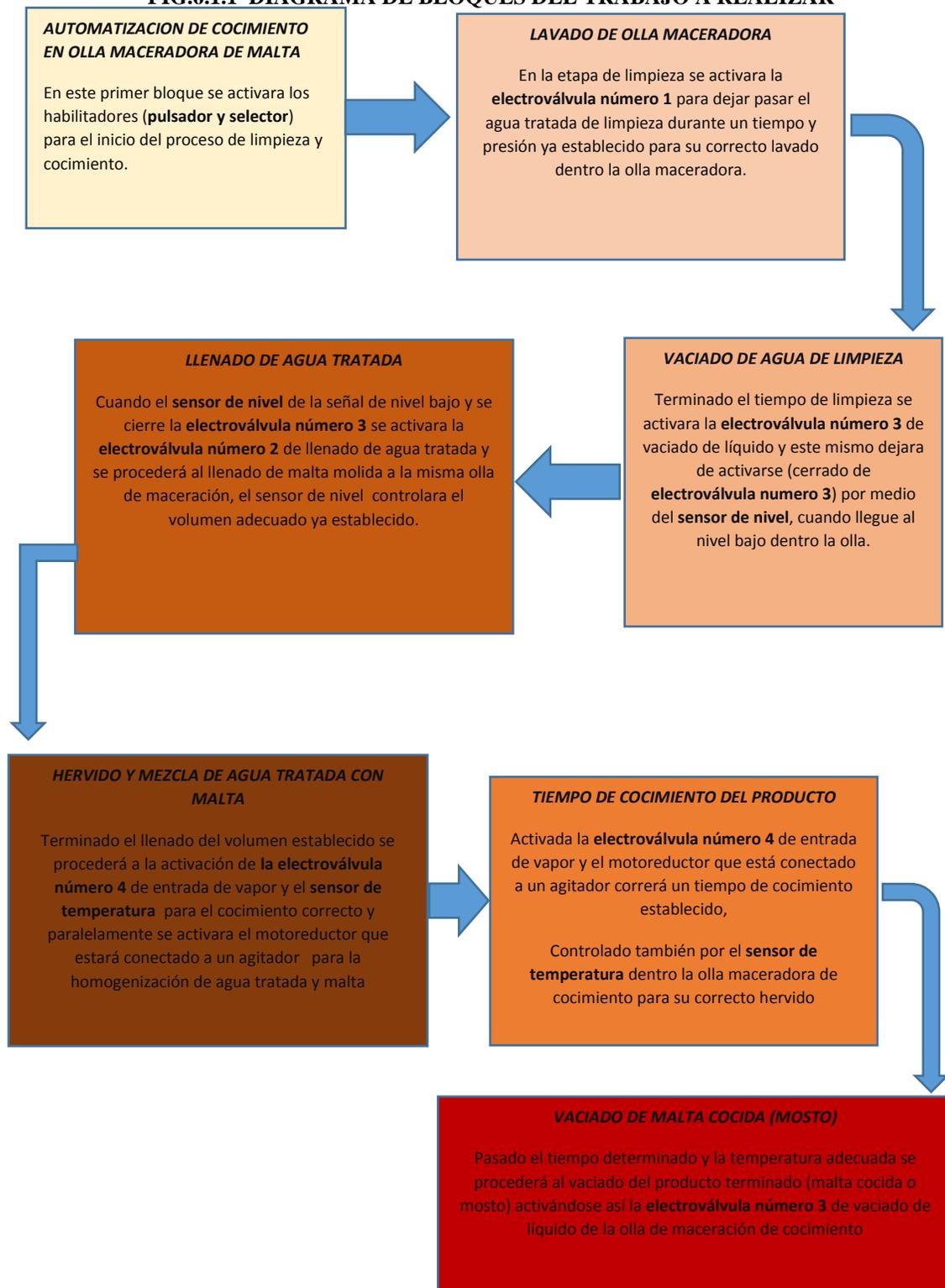
## **6.1 ACONDICIONAMIENTO DE LOS SENSORES, MOTOREDUCTOR Y ELECTROVALVULAS**

Para acondicionar los sensores y válvulas tenemos que ver el proceso de funcionamiento físico de la olla de maceración y tomar en cuenta las medidas y valores de cada proceso registrado durante su funcionamiento.

Primeramente se tomara los datos de tiempos de lavado y llenado para su optimización seguida mente se tomara las temperaturas para la calibración del sensor de temperatura, se toman los datos registrados que dan a conocer en cocimiento y que deben tener una temperatura de 62 ° C para el cocimiento de malta durante unos 30 minutos a un volumen de agua tratada determinado con el sensor de nivel.

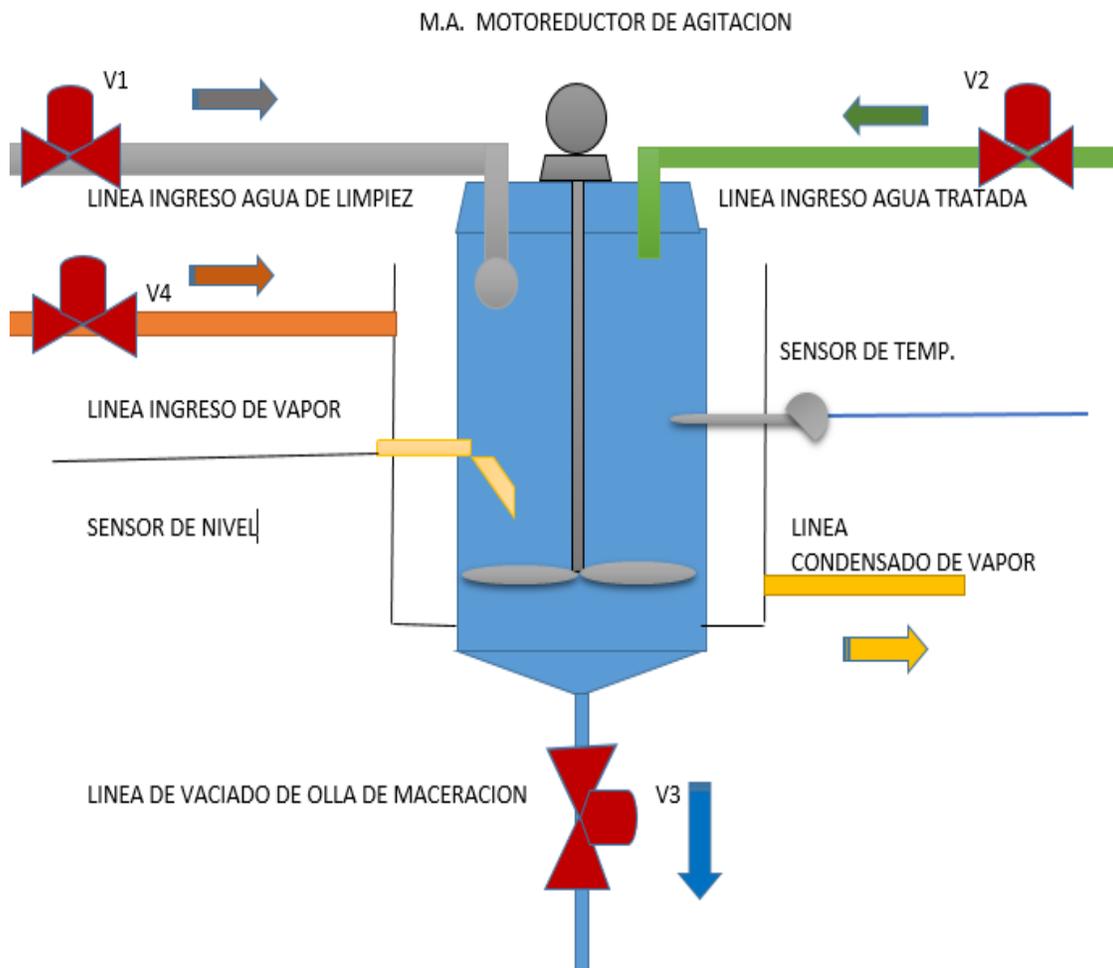
A continuación mostramos un diagrama de bloques de proceso y un gráfico del montaje de todos los componentes, como también el diagrama de flujo.

**FIG.6.1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TRABAJO A REALIZAR**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

FIG.6.1.2 DIAGRAMA DE INSTALACION DE SENSORES, ELECTROVALVULAS Y MOTORREDUCTOR EN EL PROCESO DE LA OLLA DE MACERACION.



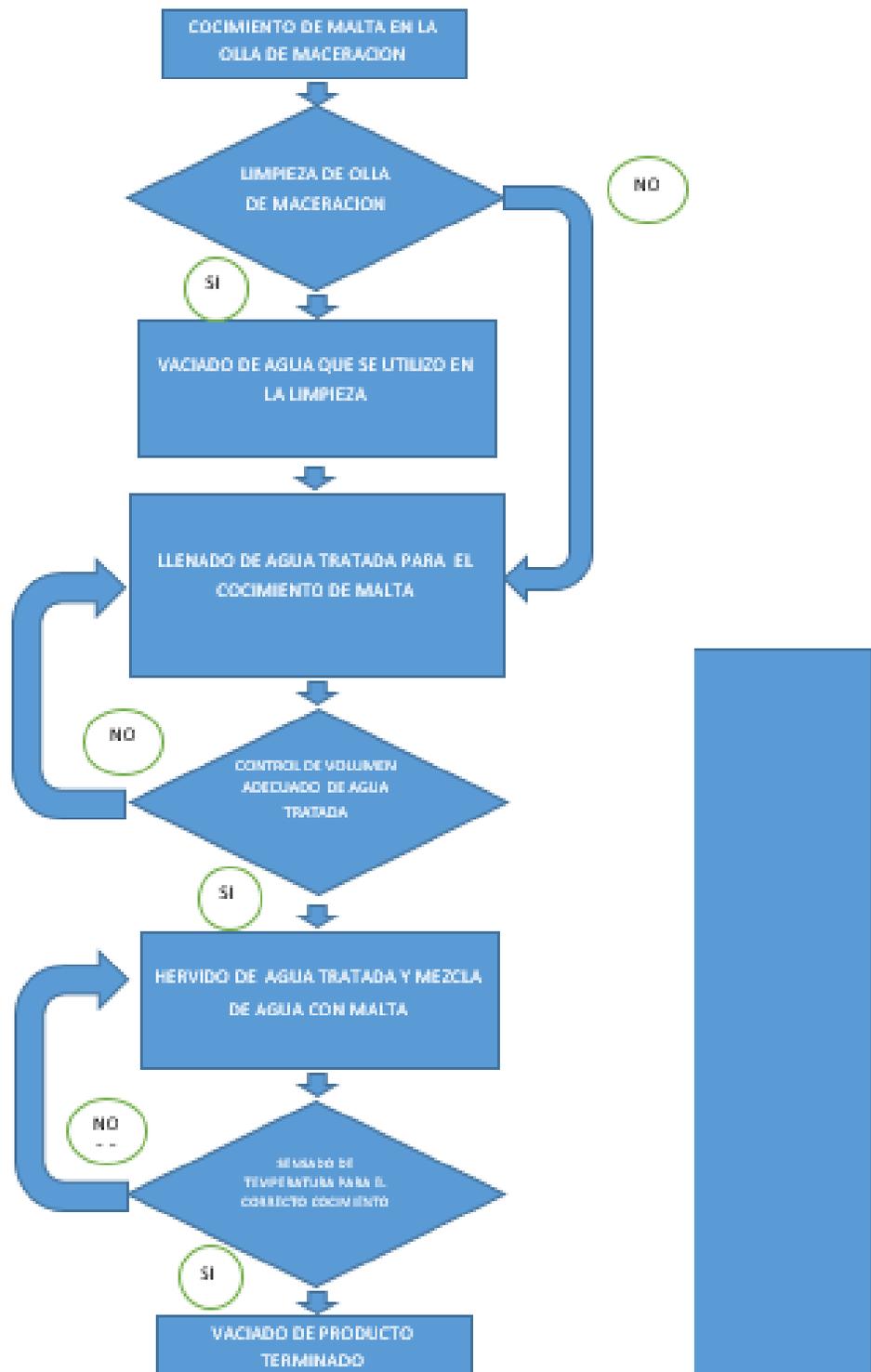
FUENTE: ELABORACION PROPIA

Se toman los datos del proceso que se realizara en la olla de maceración y se registran para la correspondiente programación en el micro plc EASY, considerando cada etapa del proceso para dar las señales a las entradas (I1, I2, I3, I4, I5) y se procese para las señales de salidas (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5) del mismo micro plc EASY. Las entradas serán para los

habilitadores, sensor de nivel, sensor de temperatura. Y las salidas serán para las electroválvulas de limpieza, llenado, vapor, vaciado de líquido dentro la olla de maceración y el motorreductor.

Tomados los datos se procederá a la elaboración de un diagrama de flujo del proceso

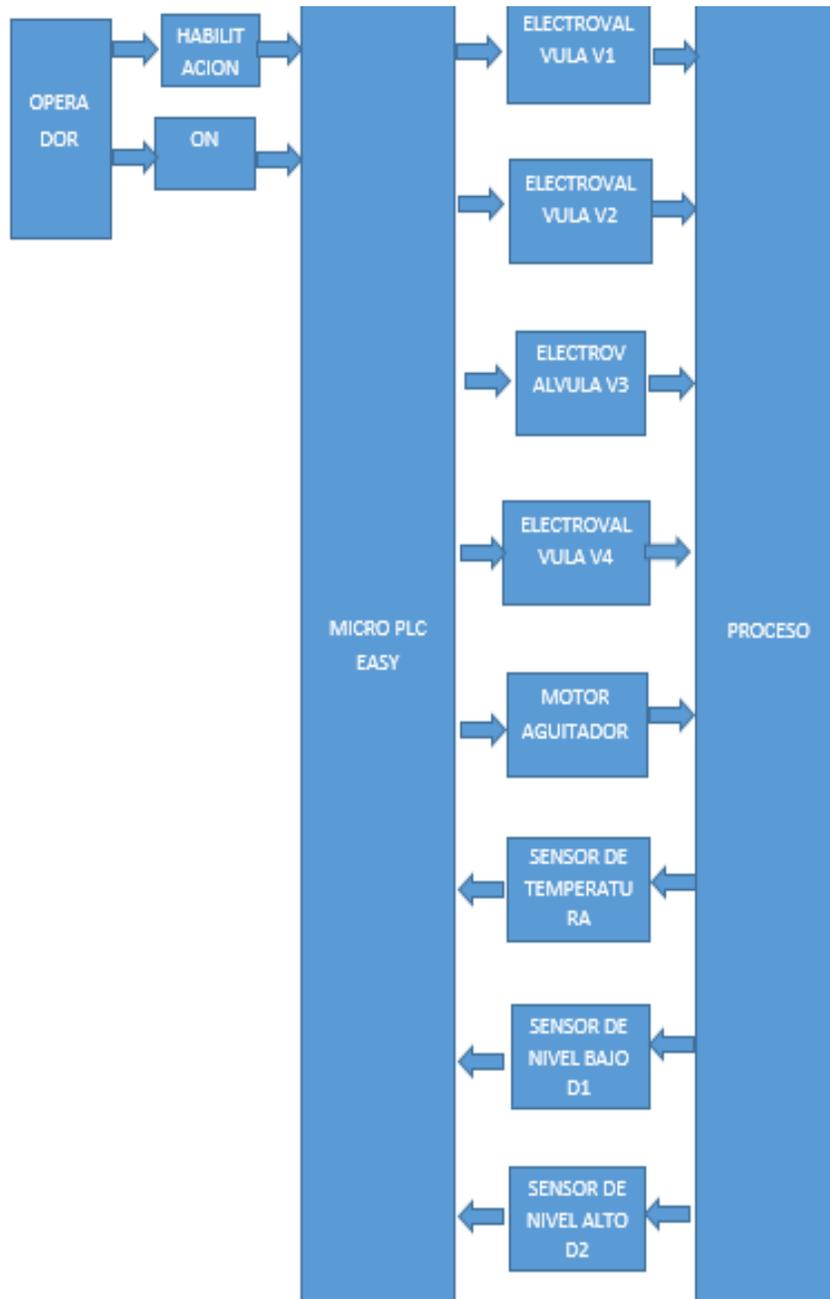
**FIG 6.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LIMPIEZA Y COCIMIENTO EN LA OLLA MACERADORA**



**FUENTE:ELABORACION PROPIA**

Recopilado todos los datos respecto al cocimiento en la olla maceradora se procederá al diagrama de bloques para la elaboración del GRAFCET.

**FIG 6.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO OPERADOR, MICROPLC EASY Y PROCESO PARA LA ELABORACION DEL GRAFCET**



**FUENTE: ELABORACION PROPIA**

## **6.2 ELABORACION DEL GRAFCET**

Ya con los datos registrados se procederá a la elaboración del GRAFCET, se tomó en cuenta cada etapa del proceso a realizar, para su correcta funcionalidad del programa.

La primera etapa será la inicial, y para que evolucione a la segunda etapa en su condición de transición tendrá un habilitador que será un selector y un pulsador de marcha.

En la segunda etapa se accionara la electroválvula de limpieza durante un tiempo 1 ya determinado de 30 minutos.

Para que evolucione a la tercera etapa su condición de transición será el tiempo 1 de 30 minutos en la tercera etapa se accionara la electroválvula de vaciado de líquidos que será accionado por el sensor de nivel.

En la cuarta etapa la condición de transición será el nivel bajo de líquido mandado por el sensor de nivel en esa etapa se accionara la electroválvula de llenado de agua tratada y el motorreductor con el aspa de agitación.

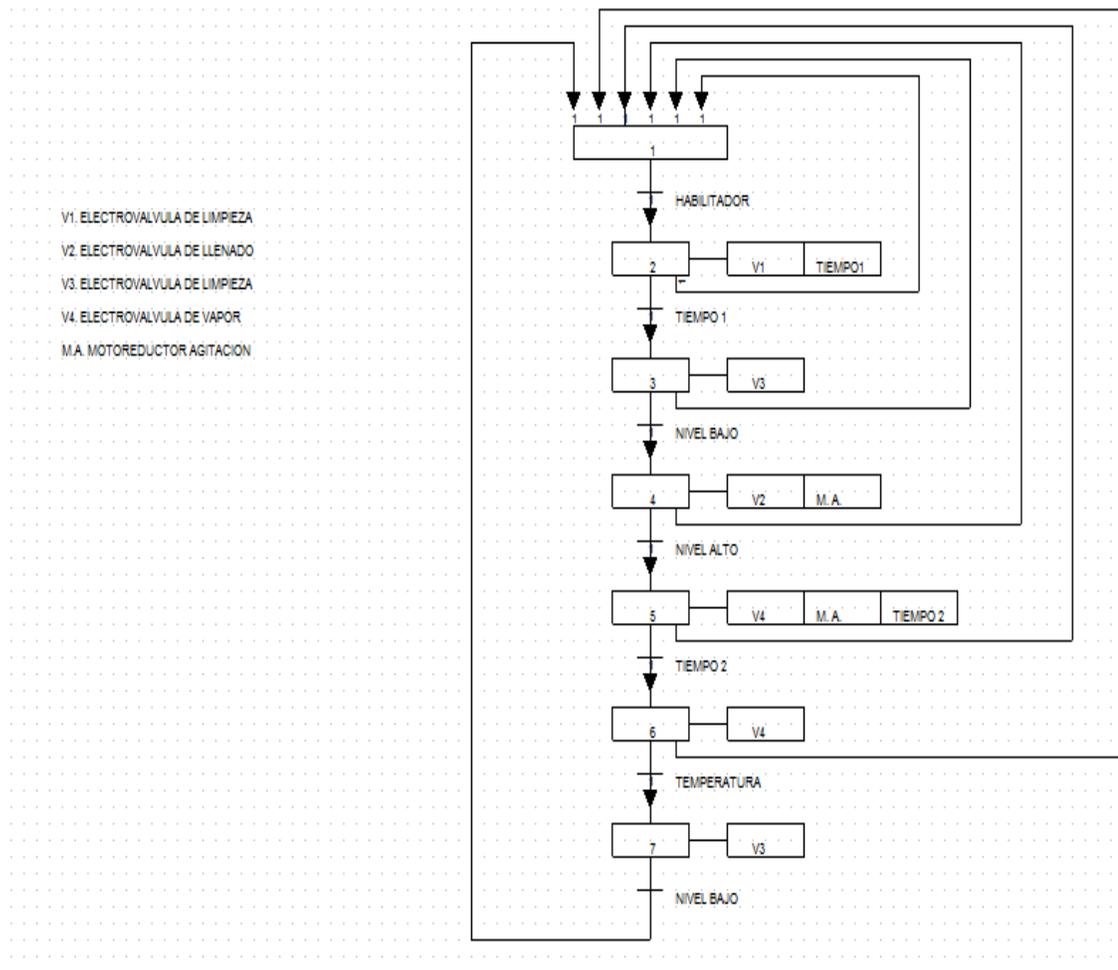
Seguidamente para que evolucione a la quinta etapa su condición de transición será el nivel alto dado por el sensor de nivel, cerrando así la electroválvula de llenado abriendo la electroválvula de vapor para su calentamiento del líquido juntamente con la motorreductora de agitación durante un tiempo 2.

Para que evolucione a la sexta etapa su condición de transición será el tiempo 2 de cocimiento a una temperatura de 60° C condicionado por la electroválvula de vapor para mantener esa temperatura determinada.

Por ultimo para que evolucione a la séptima etapa su condición de transición será la temperatura que se encargara todo ese tiempo que este a unos 60° C para su correcto cocimiento durante el tiempo establecido así terminando esa etapa se dará la señal a la electroválvula de vaciado de líquidos.

Terminado la séptima etapa de cocimiento pasara a la de nivel bajo y se iniciara de nuevo a la primera etapa para esperar el accionamiento del selector de funcionamiento del proceso.

**FIG. 6.2 GRAFCET DEL PROCESO QUE SE REALIZARA EN LA OLLA DE MACERACION.**



**FUENTE: ELABORACION PROPIA**

Terminado de elaborar el GRAFCET se pasara a la programación y compilación de tipo escalera o lader y su respectiva simulación con el programa simulador *easysof - pro 6*

NOTA. La compilación de programa se adjuntara en el punto de **ANEXOS**.

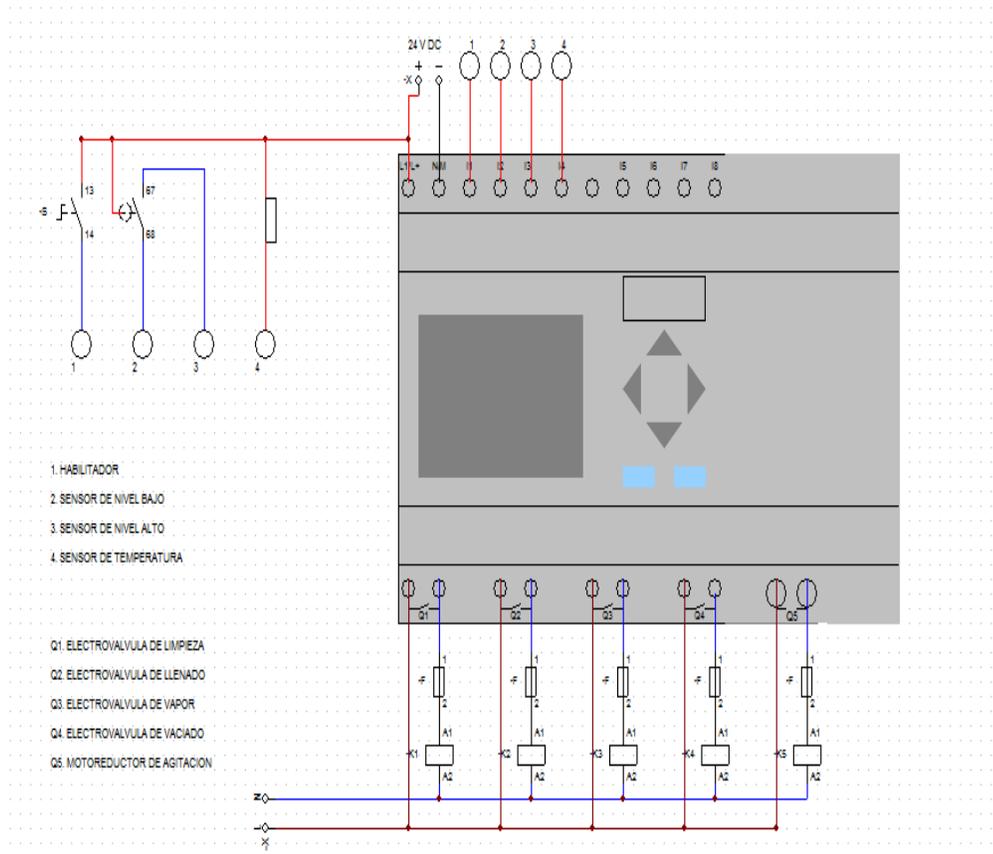
### **6.3 CIRCUITO DE CONTROL PARA EL PROCESO DE COCIMIENTO EN UNA OLLA MACERADORA CON EL MICRO PLC EASY**

Terminada la compilación y simulación correcta de cada etapa del programa se pasara al armado del circuito virtual con otro programa simulador llamado CADe – SIMU.

En el circuito de mando se está tomando las entradas I1, I2, I3, I4

- PIN I1 Entrada para el habilitador
- PIN I2 Entrada para el sensor de nivel bajo
- PIN I3 Entrada para el sensor de nivel alto
- PIN I4 Entrada para el sensor de temperatura

**FIG. 6.3 CIRCUITO DE MANDO PARA EL ARMADO DEL PLC EASY, SENSORES Y BOBINAS DE ACCIONAMIENTO.**



FUENTE: ELABORACION PROPIA.

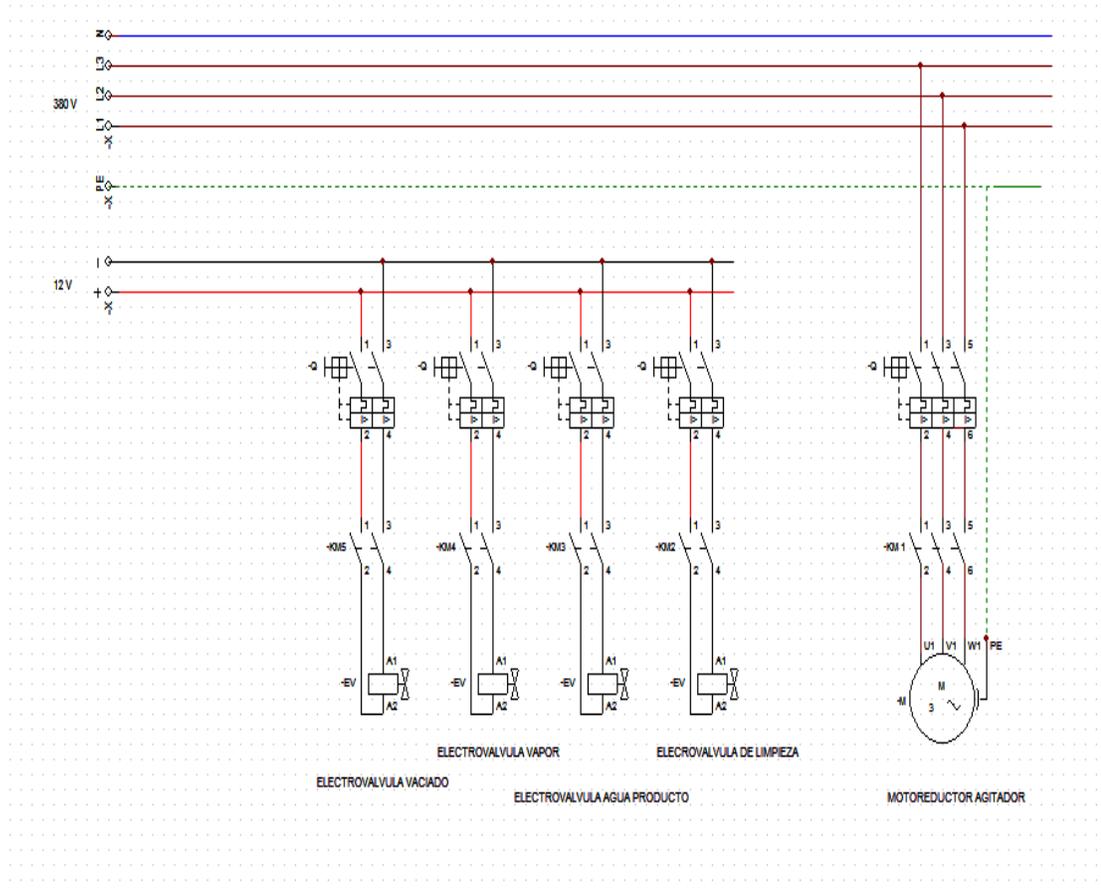
En el circuito de mando se está tomando las salidas Q1, Q2, Q3, Q4, Q5

- PIN Q1 Salida para activar KM1 electroválvula de limpieza
- PIN Q2 Salida para activar KM2 la electroválvula de llenado
- PIN Q3 Salida para activar KM3 la electroválvula de vaciado
- PIN Q4 Salida para activar KM4 la electroválvula de vapor
- PIN Q5 Salida para activar KM5 motorreductor

#### 6.4 CIRCUITO DE FUERZA PARA EL PROCESO DE COCIMIENTO EN UNA OLLA MACERADORA

Para el accionamiento del circuito de fuerza se está tomando en cuenta la tensión trifásica de 380V alterna y para el accionamiento de las electroválvulas una tensión de 12V continua

FIG.6.4 CIRCUITO DE FUERZA PARA EL ACCIONAMIENTO DE ELECTROVALVULAS Y MOTORREDUCTOR.



FUENTE: ELABORACION PROPIA.

## 6.5 CIRCUITO FINAL DEL PROYECTO

## 7. EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA DEL PROYECTO

Para la realización del prototipo de olla de maceración de este proyecto se tomó en cuenta la accesibilidad y economía de los componentes eléctricos para su ensamblado.

A continuación se presenta una tabla de costos para la elaborar del presente trabajo

### **Circuito de mando y potencia**

**TABLA 7.1 COSTOS DE COMPONENTES ELECTRICOS**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>COSTO UNITARIO (BS)</b>	<b>TOTAL</b>
ELECTROVALVULAS	4,0	60,00	240,00
SENSOR DE TEMPERATURA	1,0	150,00	150,00

SELECTOR DE 2 POSICIONES	1,0	75,00	75,00
SEÑALIZADORES	2,0	30,00	60,00
SENSOR DE NIVEL	1,0	70,00	70,00
CONTACTORES	4,0	300,00	1200,00
TERMOMAGNETICOS	4,0	55,00	240,00
RELE DE SOBRE INTENSIDAD	4,0	45,00	180,00
FUENTE DE ALIMENTACION DE 12 Y 24 VOLTIOS	1,0	150,00	150,00
MICRO PLC EASY 619 RC-DC	1,0	1600,00	1600,00
MOTORREDUCTOR	1,0	500,00	500,00
<b>TOTAL</b>			<b>4465,00</b>

FUENTE ELABORACION PROPIA

NOTA.- No se toma en cuenta el costo del armado y construcción de la parte mecánica como ser la olla de maceración líneas de aguas y accesorios.

## 8. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente trabajo se llega a las siguientes conclusiones

- Se logró realizar el programa escalera para el micro plc EASY y su circuito para el proceso de cocimiento en la olla de maceración ,reflejados en el montaje del prototipo dando buenos resultados
- Se realizó el accionamiento conjunto del circuito de mando mediante el sensor de temperatura, motorreductor y electroválvula de vapor para la etapa de hervido en la olla marceadora.

- Se realizó el accionamiento correcto de la electroválvula de limpieza, electroválvula de llenado de producto y vaciado de producto dentro la olla de maceración en cada etapa del proceso.
- Se acciono de manera correcta el sensor de nivel para el llenado de agua de producto para la olla de maceración.
- Se realizó el correcto uso de sensor de temperatura Pt 100 y tiene una gran importancia y cantidad de aplicaciones en la parte industrial para la elaboración, control de temperatura de calderos, tratamiento de agua, tratamiento de sólidos, en producción para control de temperatura de máquinas de lavado, envasado, pasteurizado, etc.
- La utilización de un micro plc EASY es muy amplia y versátil en la industria ya que son construidos para resistir ese ambiente tan agresivo que se tiene dentro de cada área industrial por lo cual la aplicación de este proyecto para su utilización es adecuada.
- Para este proyecto de sistema de control automatizado de cocimiento de malta para una olla marceadora mediante un micro plc EASY se tomó en cuenta la utilización de los componentes que están en su armado debido a sus características tanto de resistencia hacia ambientes agresivos y su fácil utilización y la accesibilidad de poder conseguirlos, también por su economía.
- La utilización de sensor de nivel de boya es muy útil y debido a sus diferentes modelos y características muy práctico claro que existe una gran variedad de sensores de nivel con una muy buena precisión como los ultra sónicos, con radar, nivel de paletas rotatorias para material seco, sensor de nivel de capacitancia, etc.
- Se puede extender todo el sistema de cocimiento para su automatización pero eso da lugar a realizar muchos procesos y con el micro plc Easy limitado por sus salidas y entradas se tendría que utilizar un plc de mayor capacidad para tantas señales de entradas y salidas para el control del area de elaboración en cocimiento.



# ANEXOS

## **Bibliografía**

(s.f.). Obtenido de

<http://www.electrotaz.com/electrovalvulas/productos/electrov%C3%A1lvulas-para-aplicaciones-especiales/electrovalvulas-para-vapor-de-agua.html>.

<http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>. (s.f.).

<http://www.electrotaz.com/electrovalvulas/productos/electrov%C3%A1lvulas-para-aplicaciones-especiales/electrovalvulas-para-vapor-de-agua.html>. (s.f.).

[http://www.honeywell.es/vecchio\\_sito/documenti\\_news/\[2012-08-20\]folleto-new%20pdf/folleto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf](http://www.honeywell.es/vecchio_sito/documenti_news/[2012-08-20]folleto-new%20pdf/folleto%20valv%20zona%20motorizada%20esp.pdf). (s.f.).

*<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>. (s.f.).*

*<http://www.termocuplas.com.co/web/product/interruptor-de-nivel-tipo-flotador-para-altas-temperaturas/>. (s.f.).*

*<http://www.termocuplas.com.co/web/product/interruptor-de-nivel-tipo-flotador-para-altas-temperaturas/>. (s.f.).*

*[www.arian.cl](http://www.arian.cl). (s.f.).*

*[www.gpssa.cl](http://www.gpssa.cl). (s.f.).*

*LIBRO, ELECTRONICA INDUSTRIAL MODERNA, TIMOTHY J MALONEY*