

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRICISTA**

**PROTOTIPO DE UN CONTROL INALÁMBRICO ELÉCTRICO PARA UN  
GRUPO DE MOTORES DE BAJA Y ALTA POTENCIA.**

**PRESENTADO POR:**

**RICARDO DANIEL MACKENSIE ALDANA DELEÓN  
HÉCTOR RENE GUARDADO LEMUS**

**ASESOR:**

**ING. HÉCTOR CARÍAS**

**SEPTIEMBRE 2008**

**EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

# ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
<b>1 MARCO REFERENCIAL</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICIÓN DEL TEMA	3
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	6
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	7
1.6 MARCO TEÓRICO Y PRÁCTICO	7
1.6.1 ALCANCES	7
1.6.2 DELIMITACION	7
1.6.3 CONTEXTO	8
1.7 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.7.1 EXPERIMENTACIÓN	9
<b>2 ETAPA DE TRANSMISIÓN, RECEPCIÓN, Y ESQUEMAS ELECTRÓNICOS</b>	<b>10</b>
2.1 TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS POR MEDIO DE RADIOFRECUENCIA.	10
2.2 MODULACIÓN DE RADIOFRECUENCIA.	11
2.3 CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN.	12
2.3.1 PROBABILIDAD DE ERROR	14
2.3.2 CODIFICADOR HT-12E	15
2.3.2.1 OPERACIÓN DEL CODIFICADOR HT-12E	15
2.3.2.2 PROGRAMACIÓN DE LAS DIRECCIONES/DATOS	15
2.3.3 DECODIFICADOR HT-12D	17
2.3.3.1 OPERACIÓN DEL DECODIFICADOR HT-12D	17
2.4 DIAGRAMAS DE CONEXIONES.	19
2.4.1 TRANSMISOR.	19
2.4.2 RECEPTOR	23
2.4.3 RELÉS	27
<b>3 AUTOMATIZACION DEL PROTOTIPO</b>	<b>31</b>
3.1 ARRANCADORES PARA MOTORES DE ALTA POTENCIA.	31
3.2 ARRANCADORES	31
3.2.1 VENTAJAS DE ALGUNOS TIPOS DE ARRANCADORES	32
3.2.2 ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.	33
3.2.4 ARRANQUE A VOLTAJE REDUCIDO CON RESISTOR O REACTOR PRIMARIOS.	34
3.2.5 ARRANQUE EN ESTRELLA - DELTA	34

3.3	DIAGRAMAS DE CONTROL.	35
	3.3.1 PROGRAMA DE PLC 1	36
	3.3.1.1 EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 1	37
	3.3.2 PROGRAMA DE PLC 2	41
	3.3.2.1 EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 2	41
	3.3.3 PROGRAMA DE PLC 3	43
	3.3.3.1 EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 3	43
3.4	DIAGRAMAS DE FUERZA	45
	3.4.1 CIRCUITOS DE FUERZA DEL PLC 1	45
	3.4.2 DIAGRAMA DE FUERZA DEL PLC 2	46
	3.4.3 DIAGRAMA DE FUERZA DEL PLC 3	47
3.5	CARACTERÍSTICAS DE CONTACTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	48
	3.5.1 EL CONTACTOR.	48
	3.5.2 FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.	56
	3.5.3 CLASIFICACION DE LOS CONTACTORES.	57
	3.5.4 CATEGORIA DE EMPLEO.	57
	3.5.5 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.	59
	3.5.6 VENTAJAS DEL USO DE LOS CONTACTORES.	59
	3.5.7 CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS CONTACTORES.	60
	3.5.8 DETERIORO EN LA BOBINA.	60
	3.5.9 DETERIORO EN EL NUCLEO Y ARMADURA.	60
	3.5.10 DETERIORO EN LOS CONTACTOS.	61
3.6	ELEMENTOS AUXILIARES DE MANDO.	62
	3.6.1 DESCRIPCION Y DEFINICION DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DE MANDO.	62
3.7	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	62
	3.7.1 PROTEGIENDO MOTORES TRIFASICOS	62
	3.7.2 RELÉS TÉRMICOS DE SOBRECARGA	63
3.8	CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS JAULA DE ARDILLA Y MONOFÁSICOS DE FASE PARTIDA.	64
	3.8.1 MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE A	65
	3.8.2 MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA CLASE B	66
	3.8.3 MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE C	66
	3.8.4 MOTORES DEINDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE D	66
	3.8.5 MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA DE CLASE F	67
	3.8.6 SELECCIÓN DE VELOCIDADES NOMINALES DE MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA O DE ROTOR DEVANADO.	67

<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DEL PROTOTIPO Y EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO</b>	<b>69</b>
4.1	CIRCUITO TRANSMISOR	69
	4.1.1 DESEMPEÑO	71
4.2	CIRCUITO RECEPTOR	73
	4.2.1 DESEMPEÑO	74
4.3	PRUEBAS DEL PROTOTIPO	74
4.4	PRESUPUESTO	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>78</b>
	5.1 CONCLUSIONES	78
	5.2 RECOMENDACIONES	79
<b>6</b>	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>80</b>
	6.1 BIBLIOGRAFÍA	80
	6.2 SITIOS WEB	80
<b>7</b>	<b>ANEXOS (PROGRAMACIÓN DE PLC LOGO)</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS (HOJAS TECNICAS)</b>	<b>96</b>

# **CAPÍTULO 1**

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad existen diferentes formas de controlar una gran variedad de máquinas, pero con la evolución de la tecnología nos vemos en la necesidad de mejorar las técnicas que se utilizaban en un principio, por lo cual el presente anteproyecto presenta una forma alternativa de controlar el encendido, paro y cambio de dirección de un grupo de motores de baja (arranque a voltaje pleno) y alta potencia (arranque a voltaje reducido).

El control de los motores se hará de forma remota o a distancia por medio de un circuito eléctrico-electrónico que se detallará más adelante en el desarrollo del documento. Cabe decir que este control electrónico no solo puede ser implementado para controlar hasta cuatro motores, dos de baja potencia (uno monofásico y otro trifásico) y otros dos de alta potencia (ambos trifásicos), ya que el motor es el principio básico de muchas máquinas, pero para el caso del presente trabajo se enfocará en el control de hasta cuatro motores a distancia.

Uno aspecto importante de la investigación es proporcionar una cobertura moderna e integral, en el campo del control industrial por radio frecuencia puesto que las ondas de radio son fáciles de generar y pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto de interiores como de exteriores. Otro detalle importante es que las ondas de radio también son omnidireccionales, ósea viajan en todas las direcciones desde la fuente, por lo cual el transmisor y el receptor no tienen que alinearse físicamente. Este será el principio en el que basaremos el control para nuestro grupo de motores y los principios del funcionamiento estarán de tallados en el documento.

## 1.2. ANTECEDENTES

La elaboración del presente proyecto surge de la necesidad de crear un control a distancia para motores, con lo cual se pretende que los motores cumplan con condiciones básicas como lo son el arranque, el paro y el cambio de giro de éste. Por lo cual se elaborará un circuito electrónico y eléctrico de potencia para que éste cumpla con las condiciones antes mencionadas. El detalle de estos dispositivos electrónicos y eléctricos se dará más adelante en el presente documento donde se presentarán diagramas, y características de algunos dispositivos tanto eléctricos como electrónicos.

Por otra parte el control de motores eléctricos se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos eléctricos que intervienen para cumplir con las funciones descritas en el párrafo anterior; sin embargo, en la actualidad el concepto de control de motores eléctricos, no sólo se refiere a los dispositivos eléctricos convencionales, también a dispositivos electrónicos, cuyo estudio se relaciona con la llamada electrónica de potencia, lo cual da un mayor grado de complejidad a los circuitos de control por lo cual, su estudio requeriría de mayor detalle, no sólo en las componentes, sino también en la variedad de circuitos para distintas funciones que se presentan en las instalaciones industriales.

Comúnmente el motor sea controlado desde un punto alejado, usando estaciones de botones. El controlador de un motor eléctrico es un dispositivo que se usa normalmente para el arranque y paro, con un comportamiento en forma determinada Y en condiciones normales de operación Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, está compuesto de un cierto número de componentes básicos conectados entre sí para cumplir con un comportamiento determinado. El principio de operación de estos componentes es el mismo, y su tamaño varía dependiendo de la potencia del motor que va a controlar, aun cuando la variedad de componentes para los circuitos de control es amplia.

### 1.3. DEFINICIÓN DEL TEMA

El proyecto consiste en elaborar un prototipo de un control inalámbrico eléctrico-electrónico para dos grupos de motores de baja y alta potencia, el cual consistirá de un circuito transmisor de radio frecuencias con el cual se enviarán las señales de paro, arranque y cambio de giro para cada uno de los motores antes mencionados. En el lado receptor habrá un circuito receptor que recibirá la señal que el transmisor le envió por medio de radiofrecuencia, con lo cual se tendrá una señal digital a la salida del circuito receptor, esta señal constituida por un código binario servirá como señal de selección para un demultiplexor que usará como señal de entrada para los diferentes PLCs. Los PLC tendrán en su memoria un programa que controlará un circuito eléctrico de fuerza, constituido básicamente por contactores que darán paso de energía a los devanados de los diferentes motores. El funcionamiento de los motores podrá ser simultáneo, es decir que cada motor funcionará independiente de los demás.

Cabe decir también que se añadirán sistemas de protección y emergencia para el control manual de los motores, con el cual se pretende evitar daños a los motores, así como un paro de emergencia para cada motor en caso que ocurra una condición de riesgo. El sistema de protección se implementará tanto para el control inalámbrico como para el control manual y pretende evitar que se cambie de dirección cualquier motor cuando éste ya esté funcionando para un determinado sentido de giro, además tiene un retardo adecuado para que el motor se detenga completamente y así poder realizar una nueva acción, ya sea cambiar el sentido de giro o seguir con el mismo sentido, en dado caso ya estuviese girando en un determinado sentido.

El motivo de que este prototipo tenga un control manual además del inalámbrico surge de la idea de que en una determinada situación puede fallar alguna parte del prototipo como lo es el transmisor, el receptor o bien puede que alguna de las baterías se descarguen, se arruinen o surja cualquier otro problema, debido a esto los motores no tendrían ninguna forma de control, por esta razón el control se localizará en los mismos botones del PLC Logo, con lo cual se podrá controlar cualquier motor conectado a éste. Y si todo esto falla, hay un sistema de emergencia que consistirá en pulsadores de apagado de emergencia, lo cual hará que se desconecte inmediatamente cualquier motor. Tanto el sistema de protección como el sistema de emergencia estarán situados en el mismo PLC y en la entrada de estos respectivamente.

La etapa de fuerza está constituida por dos partes que son una para baja potencia y otra para alta potencia, dado que para el caso nuestro entiéndase alta potencia a motores entre 1 a 10 HP que son motores que necesitan un sistema de arrancador debido a la alta corriente de arranque que estos pueden demandar en los primeros instantes de encendido.

Los motores de baja potencia no necesitan tener un sistema especial para arrancar, por lo cual su alimentación puede ser directamente desde las líneas de alimentación, es por tal motivo que el arranque de éste solo estará conformado por contactores que interrumpen el paso de energía al motor.

Los motores de alta potencia necesitan tener un sistema especial de arranque es por tal motivo que se ha seleccionado dos tipos de arranques que son:

- Arranque por resistencias estáticas
- Arranque por conmutación estrella-delta.

Los motores de baja y alta potencia serán proporcionados por la Universidad Don Bosco por lo cual se desconoce la potencia de estos por el momento.

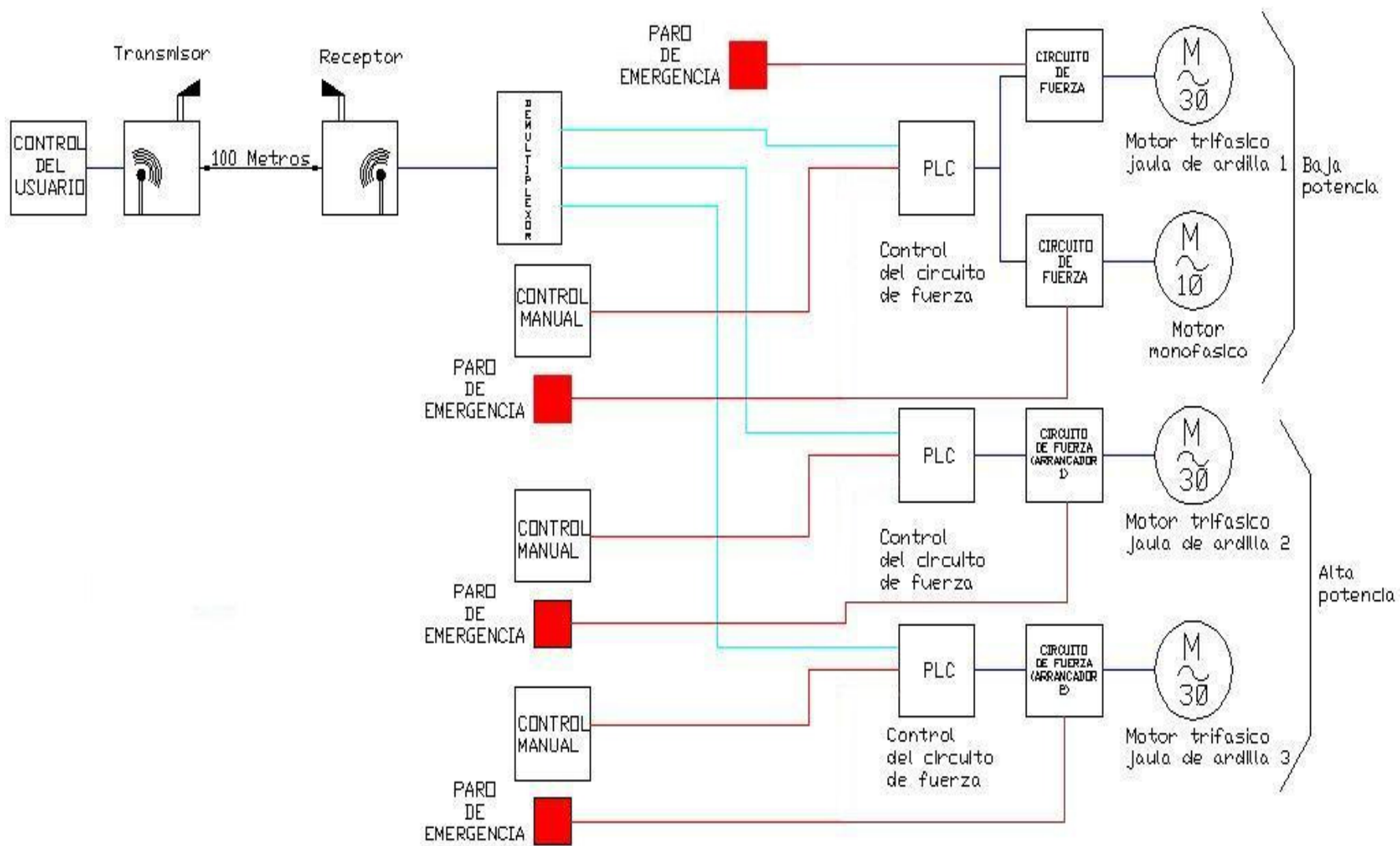


Fig. 1. Diagrama de bloques del prototipo.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Crear un prototipo de un control inalámbrico eléctrico-electrónico para motores de inducción.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Controlar las funciones básicas (arranque, paro y cambio de giro) de un grupo de motores de baja y alta potencia, por medio de un control inalámbrico que funciona por medio de radiofrecuencia.
- Elaborar un circuito electrónico de control para controlar las funciones básicas de un grupo de motores de baja y alta potencia, para que haya comunicación inalámbrica entre un usuario y los motores de inducción.
- Elaborar un circuito eléctrico de potencia que realice el control de la parte de fuerza de los motores, para que éste se adecúe a los requerimientos del control electrónico.
- Elaborar un artículo sobre el proyecto realizado.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

La elaboración del proyecto surge de la idea de generar una forma alternativa de controlar un grupo de motores de baja y alta potencia, teniendo en cuenta que el motor es la parte básica de muchas máquinas. De igual forma surge una manera alternativa para controlar este grupo de motores antes mencionado de forma inalámbrica entre el usuario y las máquinas, lo cual tiene como beneficio de no utilizar cableado en distancias largas o donde no puede haber cableado debido a la saturación de éste en dicho lugar o a la inducción que este cableado pueda generar en otro sistema eléctrico de señal débil (ejemplo: voz, datos, etc.). Las aplicaciones de los controles remotos inalámbricos están en cuatro grandes áreas de actividad: industriales, móviles de elevación y de puertas/accesos/compuertas. Los controles remotos inalámbricos se pueden combinar y adaptar para trabajar en cualquier entorno específico, sin comprometer las exigencias de la industria moderna en materia de seguridad.

Hoy en día, cada vez más aplicaciones industriales utilizan sistemas de control remoto inalámbrico, y obtienen con ello grandes ventajas: el entorno de trabajo mejora y es más seguro, el personal puede cambiar de puesto con más libertad, la ergonomía aumenta y tanto los accidentes laborales como el desgaste se reducen. Los sistemas de control remoto ayudan a simplificar y proteger la comunicación humano-máquina. Por eso nos atrevemos a decir que casi todo se puede manejar por control remoto inalámbrico.

El mundo de altas tecnologías actual, exige lo mejor tanto del humano como de las tecnologías. El control remoto es la opción segura, capaz de ofrecerle el funcionamiento y la calidad adecuados, en el momento correcto.

## **1.6. MARCO TEÓRICO Y PRÁCTICO**

### **1.6.1. ALCANCES**

El propósito es crear físicamente un control a distancia para un grupo de motores de baja y alta potencia, y así poder controlar sus funciones de arranque, paro, y cambio de giro de manera independiente para todos los motores.

En el prototipo también irán implementadas protecciones por parte de software por si el usuario cometiera errores a la hora de manipular los motores. Estas fueron descritas en el punto dos de este documento.

Para el prototipo se diseñará e implementará arreglos para que el usuario no tenga que presionar más de dos botones para realizar una operación para cualquier motor.

El prototipo tendrá la opción de manipular cualquiera de los motores, ya sea de manera inalámbrica o con los botones del PLC LOGO, esto se hará pensando en que el dispositivo transmisor o receptor pueda tener alguna falla que se mencionó anteriormente en el punto dos de este documento.

Se podrán utilizar simultáneamente tanto el control inalámbrico como el control manual, para manipular cualquier motor.

Por protección se dispondrá de un pulsador de emergencia para detener cualquier motor en caso de ser necesario.

En el prototipo habrá luces de señalización para indicar que se están manipulando los motores.

### **1.6.2. DELIMITACIÓN**

Solo se podrá manipular un motor por cada acción que el usuario elija en el control inalámbrico.

Por protección se tendrá que esperar un tiempo adecuado entre acción y acción para el mismo motor, ya que si se desea cambiar de giro cuando este ya está en marcha hacia un determinado sentido puede provocar daños al motor.

El alcance de la transmisión y recepción del controlador electrónico será tentativamente de un máximo de 100 metros con línea vista y de 35 metros con obstáculos entre el transmisor y el receptor. Estas distancias están definidas así debido a la potencia de los componentes a utilizar para la parte antes mencionada.

El control inalámbrico será por medio de radiofrecuencia y unidireccional (simplex).

### **1.6.3. CONTEXTO**

El tiempo de construcción del prototipo está sujeto a la disponibilidad de los dispositivos electrónicos en el mercado nacional o a la adquisición de estos en el mercado internacional. Por otra parte también depende en gran parte del préstamo de motores, PLC, contactores, etc. En un horario común considerando las prácticas, cursos de capacitación de empresas, etc.

## **1.7. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. EXPERIMENTACIÓN**

El proyecto consiste en la elaboración de un circuito eléctrico – electrónico que controle a distancia las funciones de arranque, paro y cambio de giro de un grupo de motores de baja y alta potencia. Para la construcción del prototipo antes se necesita que paso a paso se prueben las diferentes partes, por lo tanto se explicará de manera breve cada bloque del prototipo.

**Transmisor:** esta parte del diagrama de bloques que se mostró en la figura 1 del documento, consiste en un módulo TWS-434, que es un transmisor que funciona a una frecuencia de 433.92 MHz y a una potencia de 8mW. Este módulo acepta señales lineales y digitales, por lo cual se planea utilizar las señales digitales para que las ordenes respondan a un código binario establecido.

**Receptor:** esta parte del diagrama de bloques consiste en un módulo RWS-434, que es un receptor que funciona a una frecuencia de 433.92 MHz y tiene una sensibilidad de  $3\mu\text{V}$ . este módulo puede proporcionar salidas lineales y digitales, con lo cual se espera recibir el código binario que mande el transmisor.

Para estos dos dispositivos antes mencionados cabe decir que se harán las respectivas pruebas y calibración de estos para su correcto funcionamiento, es decir que estos dos módulos antes mencionados no vienen ensamblados funcionalmente sino que estos forman parte de un circuito para cada etapa que se mencionó anteriormente.

**PLC:** este controlador lógico programable tendrá en su memoria un programa que nos servirá para que haga la interface entre la etapa de control y la etapa de fuerza.

**Circuitos de fuerza:** esta parte del circuito estará constituido por equipo electromecánico capaz de soportar la potencia de los motores antes mencionados en el documento.

**Motores:** esta parte del prototipo estará constituida por tres motores trifásicos jaula de ardilla conectados en estrella y un motor monofásico de inducción de fase partida.

Los módulos de transmisión y recepción mencionadas en esta sección serán complementados con sus hojas técnicas.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. ETAPA DE TRANSMISIÓN, RECEPCIÓN, Y ESQUEMAS ELECTRÓNICOS**

#### **2.1. TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS POR MEDIO DE RADIOFRECUENCIA.**

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto de

interiores como de exteriores. Las ondas de radio también son omnidireccionales, ósea viajan en todas las direcciones desde la fuente, por lo cual el transmisor y el receptor no tienen que alinearse físicamente.

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia. Todas las ondas de radio están sujetas a interferencia por los motores y equipos eléctricos.

Para transmitir en RF, utilizamos un voltaje 5 Volts el cual es convertido a una frecuencia fija (encoder) de 434 Mhz. Ésta señal se aplica a un "transmisor" que se encarga de modularla y transmitirla. La transmisión de los datos es digital serie. Cada bit del dato se convierte a una frecuencia que se envía durante cien milisegundos y se utiliza un protocolo sencillo de transmisión en serie. Para recibir la señal se lee del "receptor" y se acopla a un convertidor de frecuencia (decoder) que se encarga de convertirlo de 434Mhz a una señal digital de 5 volts que se dirige hacia un demultiplexor que dependiendo del código binario acciona su salida y que a la vez conmuta un relé y es ésta la señal que se acopla a la entrada del PLC que controla los circuitos de potencia que accionan los motores.

La transmisión de datos vía radio es muy similar a la transmisión de datos vía cable, aunque hay algunas importantes diferencias y particularidades que hay que tener en cuenta.

Estas particularidades son:

- Tanto la transmisión como la recepción son unidireccional, es decir que solo se puede transmitir o recibir, pero no hacer las dos cosas a la vez.
- El máximo número de bytes que se pueden enviar en cada paquete es limitado. Si se sobrepasa este número, los bytes excedentes se perderán y no serán transmitidos. Teniendo un máximo de 3kpbs

- Los datos transmitidos se comprueban en el receptor. Si los datos recibidos no son correctos, se descarta completamente el paquete recibido, perdiéndose la transmisión de los datos.
- Es necesario hacer una pausa cuya duración tiene que ser al menos el doble de la duración de un byte.

Además de estas diferencias, hay que tener en cuenta que a diferencia de lo que pasa cuando se utiliza un cable, la fiabilidad de la comunicación está completamente ligada a la distancia que hay entre el transmisor y el receptor. Así en el caso de los cables, la transmisión llega correctamente hasta el receptor en un 99,9% de los casos. En el caso de la radio, este porcentaje puede ser parecido cuando el transmisor y el receptor están muy cerca y va empeorando hasta el 100 % de fallos cuando se encuentran fuera de cobertura. Además otro factor son las interferencias producidas por otros dispositivos, o bien cuando hay muchos radio controles transmitiendo a la vez. Para resolver este tipo de incidencias, es necesario implementar algún tipo de control que limite el tiempo que se está esperando una orden o una respuesta.

## 2.2. MODULACIÓN DE RADIOFRECUENCIA.

Los módulos TWS-434 y RWS-434 son sencillos de utilizar, extremadamente pequeños y nos permiten realizar controles remotos de Radio Frecuencia (RF) a 433.92 Mhz. Utilizan modulación del tipo ASK.

La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude-shift keying (ASK), es una forma de [modulación](#) en la cual se representan los [datos digitales](#) como variaciones de amplitud de la [onda portadora](#).

La amplitud de una señal portadora análoga varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0s y 1s. Podemos pensar en la señal portadora como un interruptor ON/OFF. En la señal modulada, el

valor lógico 0 es representado por la ausencia de una portadora, así que da ON/OFF la operación de pulsación y de ahí el nombre dado.

Como la modulación [AM](#), ASK es también lineal y sensible al ruido atmosférico, distorsiones, condiciones de propagación en rutas diferentes; etc. Esto requiere la amplitud de banda excesiva y es por lo tanto un gasto de energía. Tanto los procesos de modulación ASK como los procesos de demodulación son relativamente baratos.

### 2.3. CODIFICACIÓN Y DECODIFICACIÓN.

La forma más simple y común de ASK funciona como un interruptor que apaga/enciende la portadora, de tal forma que la presencia de portadora indica un 1 binario y su ausencia un 0. Este tipo de modulación por desplazamiento on-off es el utilizado para la transmisión de [código Morse](#) por [radiofrecuencia](#), siendo conocido el método como operación en onda continua.

Para ilustrar mejor el tema del interruptor en el modulado ASK se puede ilustrar de la siguiente manera:

- Señal coseno de amplitud = 0 por lo que en este estado se encontrará en estado 0
- Señal coseno de amplitud = 1 por lo que en este estado se encontrará en estado 1

Entendiendo que coseno es un periodo completo. Otros procedimientos más sofisticados de codificación operan sobre la base de utilizar distintos niveles de amplitud, de forma que cada nivel representa un grupo de datos determinado. Por ejemplo, un esquema de codificación que utilice cuatro niveles puede representar dos bits con cada cambio de amplitud; uno con ocho niveles puede representar tres bits y así sucesivamente. Esta forma de operación requiere una alta [relación señal/ruido](#) en el medio de transmisión para una correcta recuperación de la

información en recepción, por cuanto gran parte de la señal es transmitida a baja potencia.

La anotación que se usa es la siguiente:

- $h_t(t)$  es la señal portadora para la transmisión
- $h_c(t)$  es el impulso de respuesta del canal
- $n(t)$  es el ruido introducido en el canal
- $h_r(t)$  es el filtro en el receptor
- $L$  es el número de niveles usados para la transmisión
- $T_s$  es el tiempo que transcurre entre la generación de dos símbolos

Los símbolos diferentes son representados con voltajes diferentes. Si el máximo valor permitido para el voltaje es  $A$ , entonces todos los valores posibles están en la gama  $[-A, A]$  y ellos se obtienen de la siguiente forma:

$$V_{(i)} = \frac{2A}{L-1}i - A; \quad i = 0, 1, \dots, L-1 \quad (\text{Ec. 1})$$

Si han de ser enviados  $L$  símbolos diferentes, para su transmisión serán necesarios  $L$  niveles de amplitud. Si la amplitud máxima de la portadora es  $A$  (con una amplitud pico a pico de  $2A$ ), poniendo los símbolos a la misma distancia unos de otros, esta distancia será:

$$\Delta = \frac{2A}{L-1} \quad (\text{Ec. 2})$$

Los símbolos  $V_{(i)}$  son generados al azar por la señal de la fuente, entonces el generador de impulso crea impulsos con un área de  $V_{(i)}$ . Estos impulsos son enviados al filtro  $h_r(t)$  para ser enviados por el canal. En otras palabras, para cada símbolo una onda portadora diferente es enviada con la amplitud relativa.

Fuera del transmisor, la señal  $s(t)$  puede expresarse de la siguiente forma:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot h_t(t - nT_s) \quad (\text{Ec. 3})$$

En el receptor, después de la filtración a través del filtro  $h_r(t)$  la señal obtenida es:

$$z(t) = n_r(t) + \sum_{n=-\infty}^{\infty} v[n] \cdot g(t - nT_s) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde los valores  $n_r(t)$  y  $g(t)$  los obtenemos de la siguiente forma:

$$n_r(t) = n(t) * h_r(t) \quad (\text{Ec. 5})$$

$$g(t) = h_t(t) * h_c(t) * h_r(t) \quad (\text{Ec. 6})$$

En esta relación, el segundo término representa el símbolo para ser extraído. Los demás son valores no deseados; lo primero es el efecto de ruido, lo segundo es debido a la interferencia del intersímbolo.

Si los filtros son escogidos de modo que la señal  $g(t)$  satisfaga el criterio Nyquist ( $|S|=0$ ), entonces no habrá ninguna interferencia de intersímbolo y el valor de la suma será cero, de forma que:

$$z[k] = n_r[k] + v[k]g[0] \quad (\text{Ec. 7})$$

La transmisión sólo puede ser afectada por la señal del ruido.

### 2.3.1. PROBABILIDAD DE ERROR

Es posible demostrar que la posibilidad de que se produzca un error (esto es, un símbolo es interpretado en recepción con valor distinto a como se envió) es:

$$P_e = \left(1 - \frac{1}{L}\right) \cdot \text{erfc} \left( \frac{A \cdot G_T}{\sqrt{2}(L-1)\sigma_N} \right) \quad (\text{Ec. 7})$$

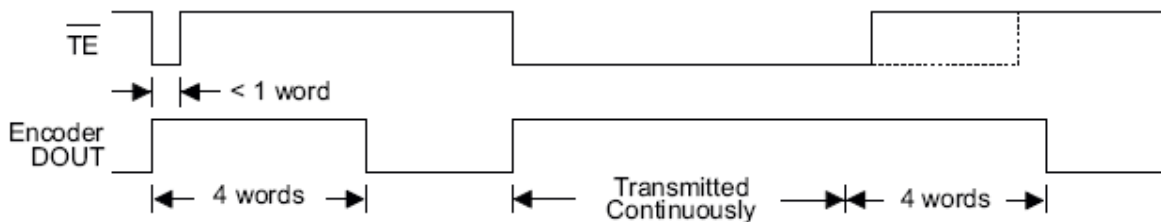
Donde  $\text{erfc}(\cdot)$  es la función de error complementario, GT es la ganancia total del sistema y  $\sigma_N$  es la [desviación estándar](#) del ruido. Esta relación es válida cuando no hay interferencia entre símbolos.

### 2.3.2. CODIFICADOR HT-12E

Este codificador viene de la familia CMOS LSIs para aplicaciones de control remoto. Este codificador es capaz de codificar información la cual consiste en N direcciones de bits y 12-N bits de datos. Cada dirección/dato colocado en la entrada puede ser ajustada de uno a dos estados lógicos. La dirección/dato programado es transmitida junto con el encabezado de bits por medio de un sistema RF o bien por medio de transmisión infrarroja.

### 2.3.3. OPERACIÓN DEL CODIFICADOR HT-12E

Este codificador comienza con un ciclo de transmisión de 4 palabras cuando el habilitador de transmisión ( $\overline{TE}$ ) tiene una entrada de cero lógico. Este ciclo se repetirá el tiempo en que el habilitador tenga cero lógico en su entrada una vez el habilitador tenga una entrada de 1 lógico, esto puede verse en forma gráfica en la figura 2.



Transmission timing for the HT12E

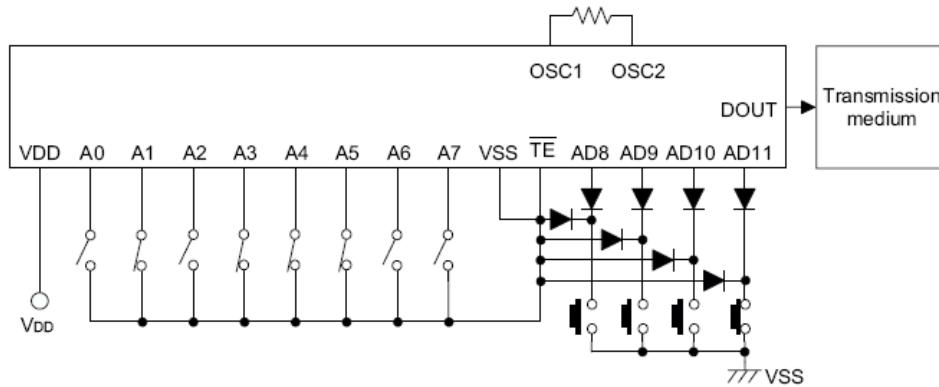
Fig. 2. Descripción gráfica del funcionamiento del codificador HT-12E.

### 2.3.4. PROGRAMACIÓN DE LAS DIRECCIONES/DATOS

Los estados de cada pin de dirección/dato puede ser ajustada individualmente en 0 ó 1 lógico. Si una señal de transmisión-habilitadora es aplicada, el encoder revisará y transmitirá el estado de los 12 bits de las direcciones/datos en forma secuencial comenzando de A0 hasta AD11 (ver pines del HT-12 E en la hoja técnica adjuntada en los anexos).

Si no hay señal de disparo en el habilitador del encoder, el chip entra en un modo de espera el cual consume una reducida cantidad de corriente menor a  $1\mu\text{A}$  con un

voltaje de alimentación de 5V. En la figura 3 puede verse un ejemplo de conexión y el estado en que se encuentran las entradas del encoder.



The transmitted information is as shown:

Pilot & Sync.	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	AD8	AD9	AD10	AD11
1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

Fig. 3. Ejemplo de conexión del codificador HT-12E.

Para nuestro caso, solamente se utilizaron las entradas AD8-AD11 del encoder HT-12E debido a que nuestra transmisión es de códigos binarios y no de direcciones, sin embargo, el encoder puede ser utilizado para ampliar mas las opciones de transmisión. En la figura 4 se muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del encoder HT-12E.

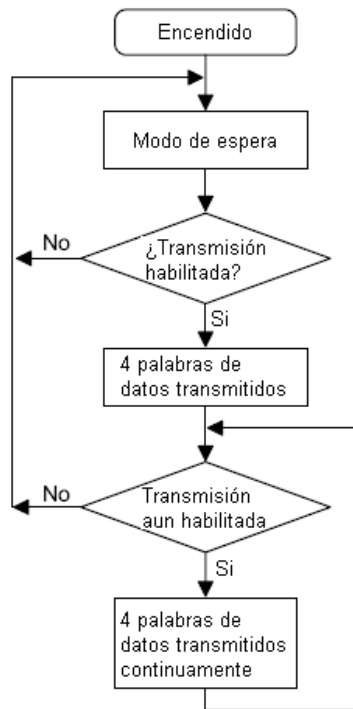


Fig. 4. Diagrama de bloques del funcionamiento del codificador HT-12E.

### 2.3.5. DECODIFICADOR HT-12D

Este decodificador es de la familia CMOS LSI para aplicaciones de control remoto. Este decodificador es el complemento del encoder HT-12E, para el buen funcionamiento de codificación y decodificación es importante elegir los chips de manera que tengan el mismo número de direcciones/datos.

Este decodificador recibe direcciones y datos de forma secuencial previamente enviado vía RF o bien vía IR. El decodificador al recibir la información codificada, compara 3 veces secuencialmente las entradas con las direcciones locales, si no hay error ó si la información no varía en las comparaciones, las entradas de datos son decodificadas y luego transferidas a los pines de salida. En el chip hay un pin que puede ser conectada a un indicador luminoso (en nuestro caso ha sido colocado), el cual indica que la recepción de datos ha sido satisfactoria.

Este chip es capaz de decodificar información que consiste en 8 bits de direcciones y 4 bits de datos.

### 2.3.6. OPERACIÓN DEL DECODIFICADOR HT-12D

Este decodificador recibe los datos transmitidos por un codificador e interpreta los primeros 8 bits como direcciones y por último los 4 bits de datos. Una señal de entrada en el pin 14 del chip activa el oscilador de éste, el cual decodifica las

direcciones/datos entrantes. El decodificador revisará 3 veces continuamente las direcciones y si los códigos de las direcciones concuerdan con la dirección local del decodificador, los 4 bits de datos siguiente serán decodificados y enviados a los pines 8-11 del chip. Al mismo tiempo una señal será enviada al pin 17 en donde se ha conectado un indicador luminoso que nos dará la señal de un perfecta recepción/decodificación de datos.

Estos datos que salen de los pines 8-11 del decodificador son enviados a un demultiplexor 74154, donde este tiene la función de poner una de sus salidas en cero lógico. A la salida del demultiplexor se coloca una compuerta NOT (7404) la cual al tener un cero lógico en su entrada nos proporciona una señal de 1 lógico en su salida, este 1 lógico sirve como señal de disparo para la base del transistor 2N3904, el cual funciona como interruptor para el relé. Este relé tiene en su entrada la señal de AC que irá a la entrada de un PLC para que éste realice la función definida por su programa previamente cargado.

En la figura 5 se muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del decodificador HT-12D.

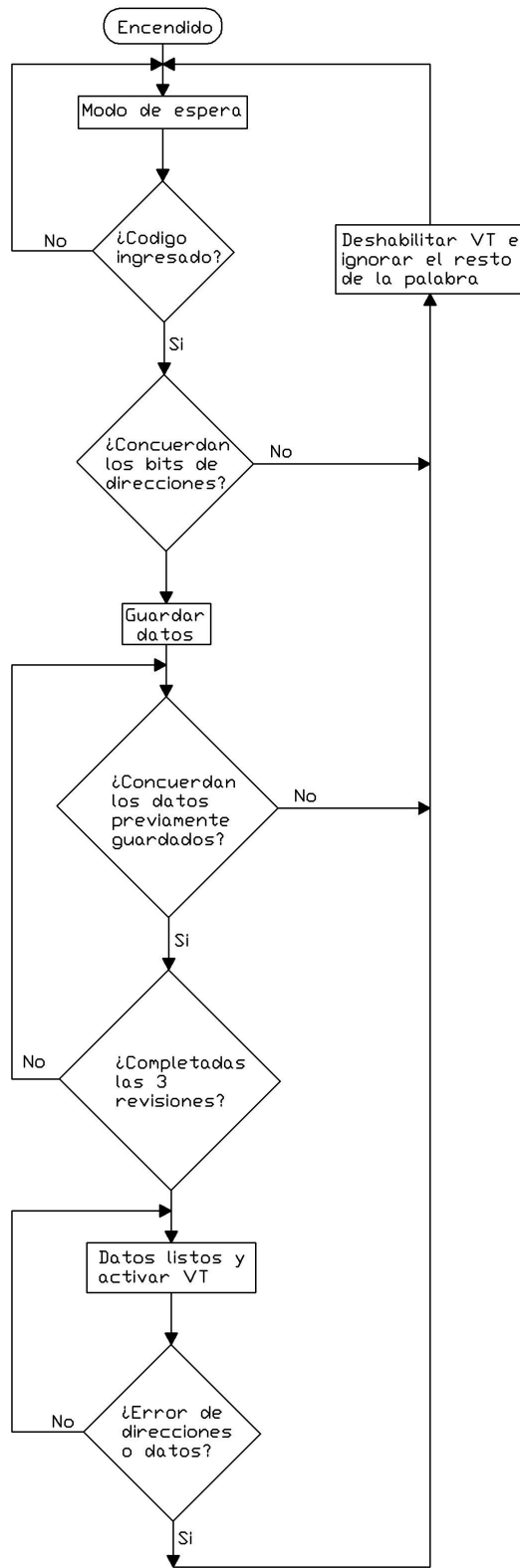


Fig. 5. Diagrama de bloques del funcionamiento del decodificador HT-12D.

## 2.4. DIAGRAMAS DE CONEXIONES.

### 2.4.1. TRANSMISOR:

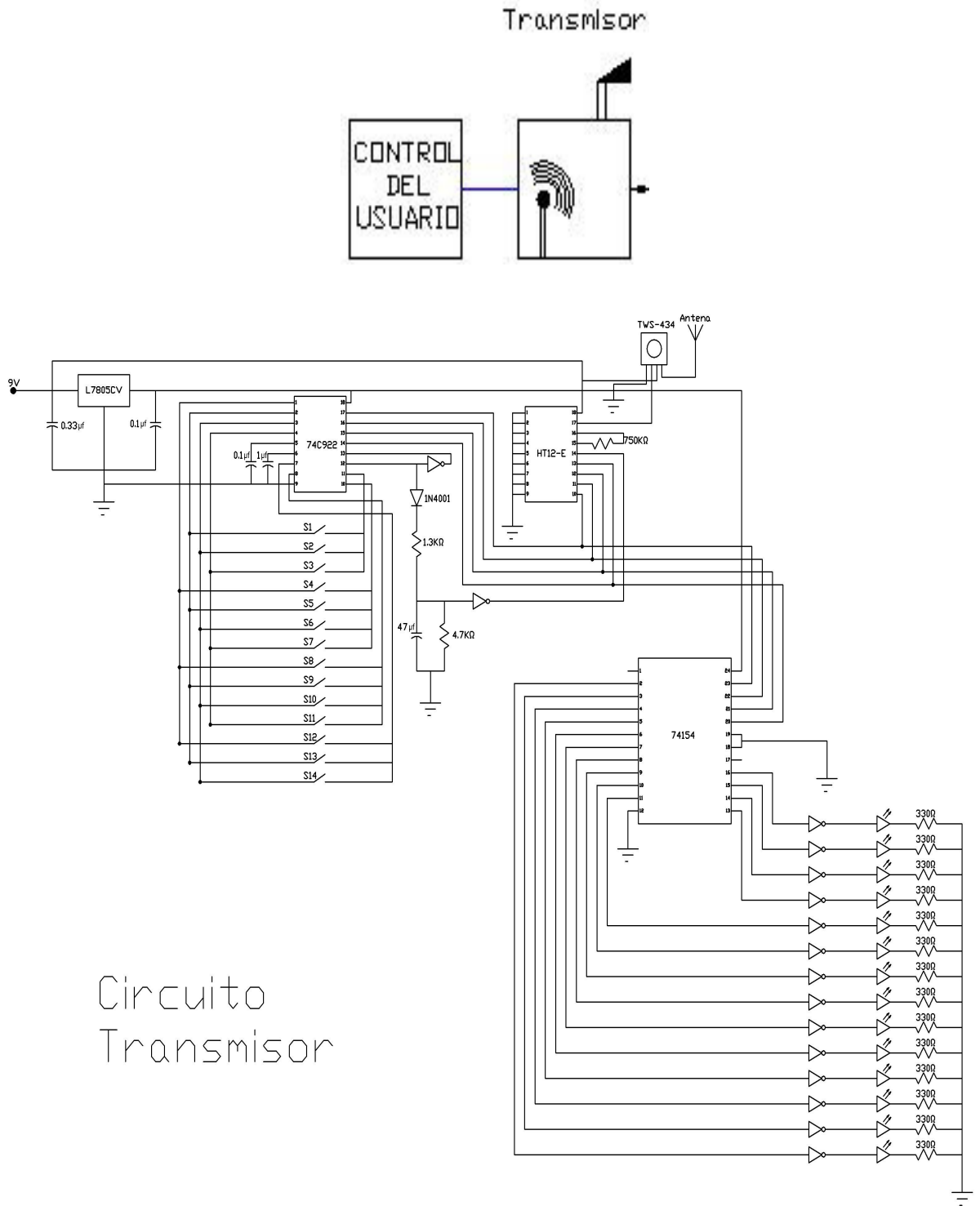


Fig.6 Circuito eléctrico de Transmisor. Esta etapa es la encargada de capturar la información proveniente del usuario, codificarla y transmitirla, logrando de esta manera el envío de señales de mando para los diferentes arranques de motores a control remoto.

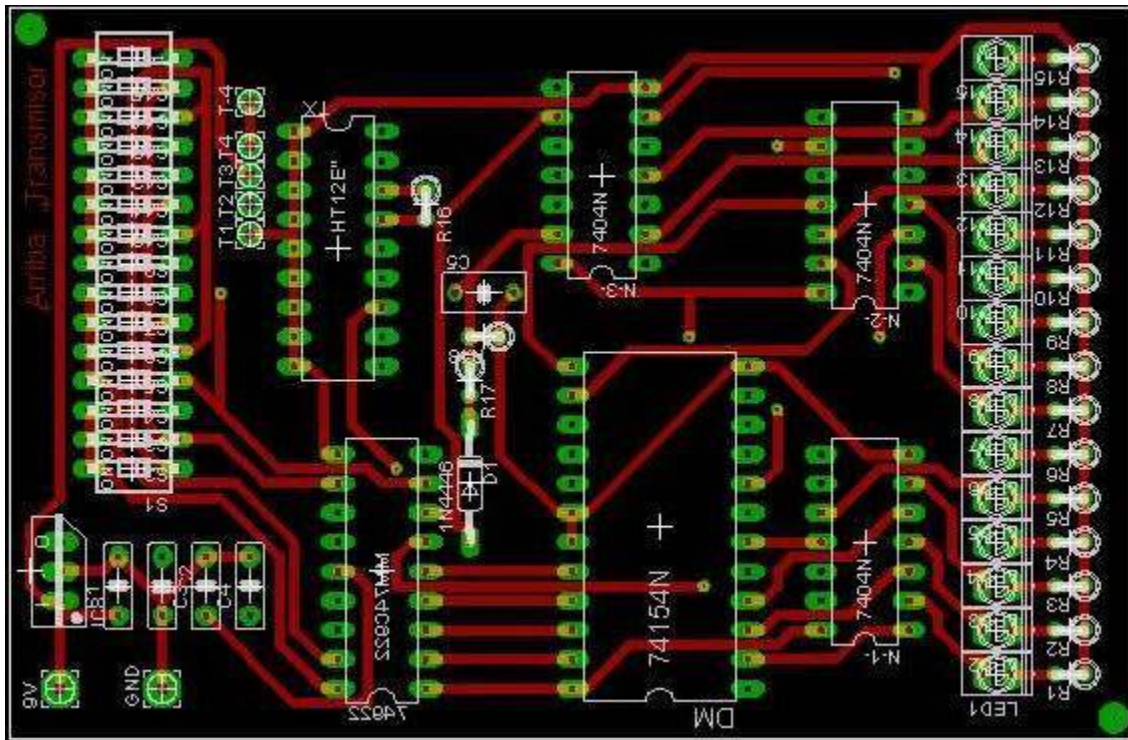
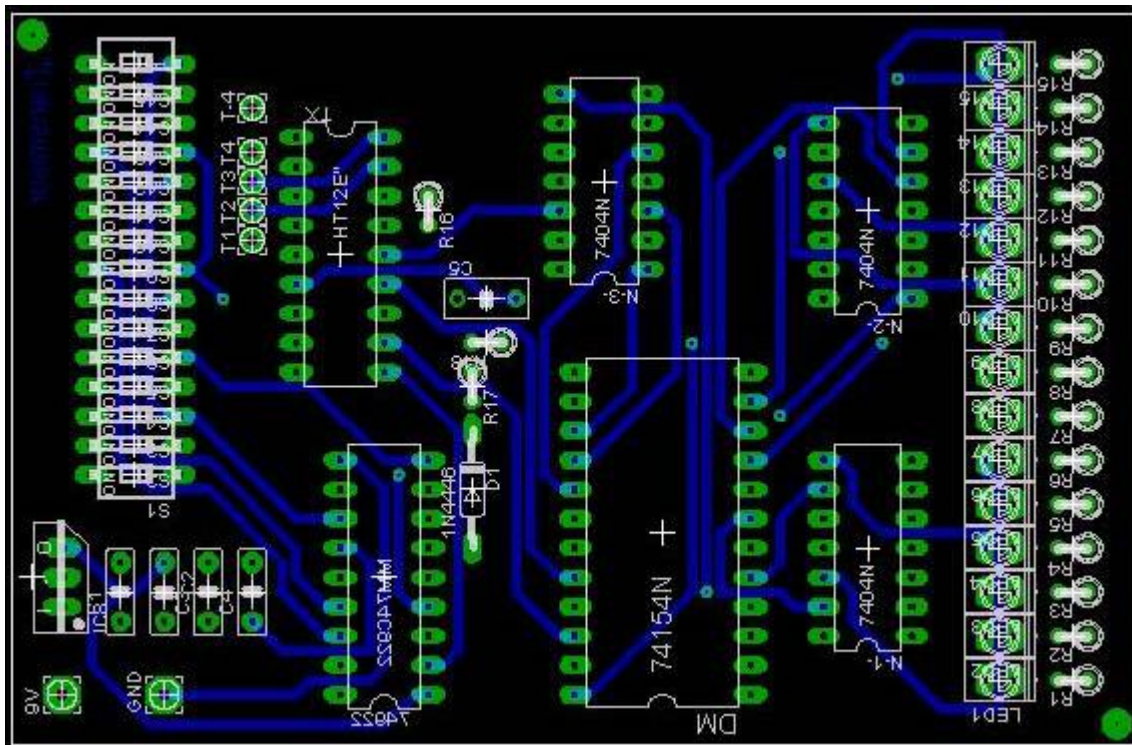
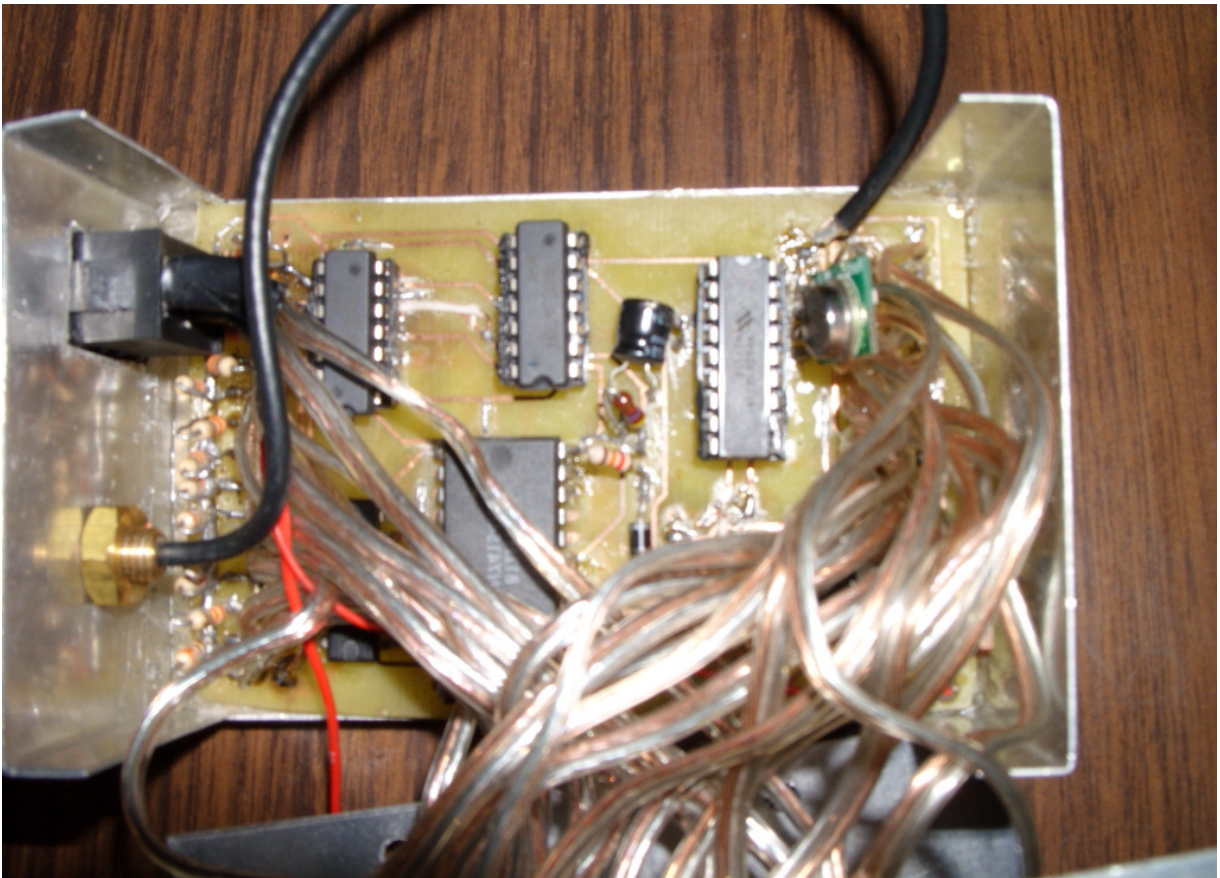


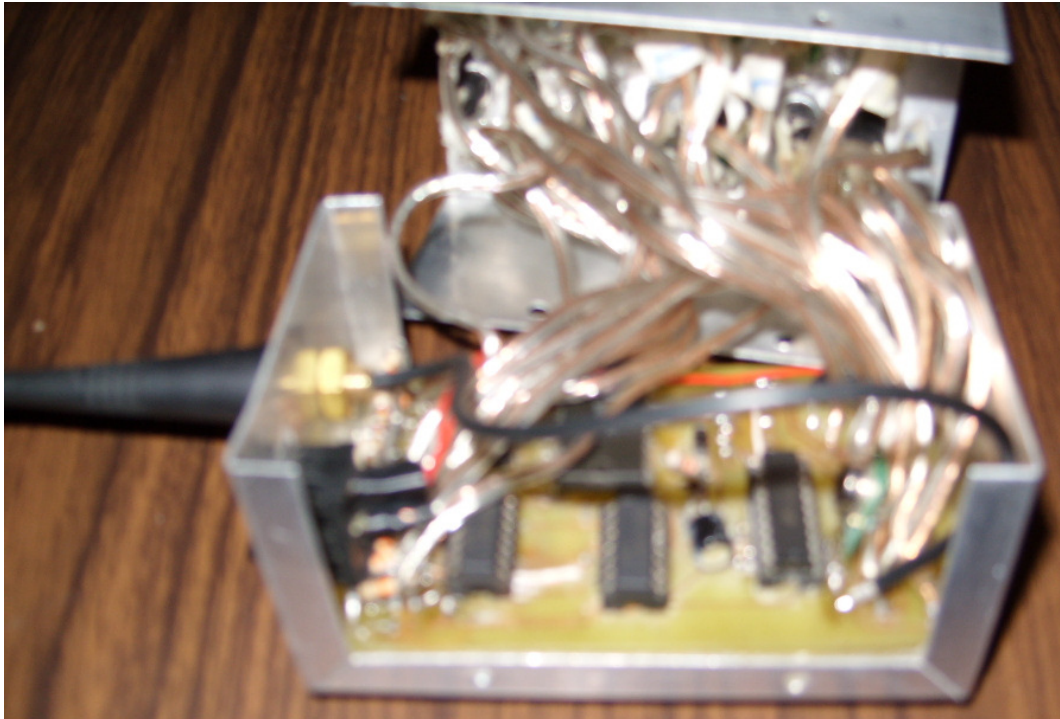
Fig.7. Parte superior del circuito impreso de transmisor.



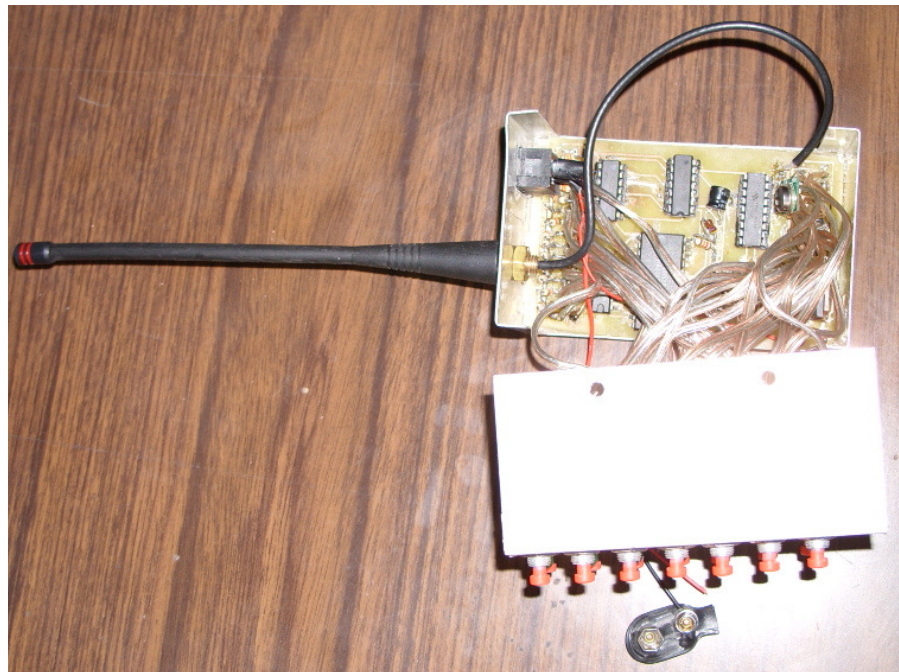
*Fig.8. Parte inferior del circuito impreso de transmisor.*



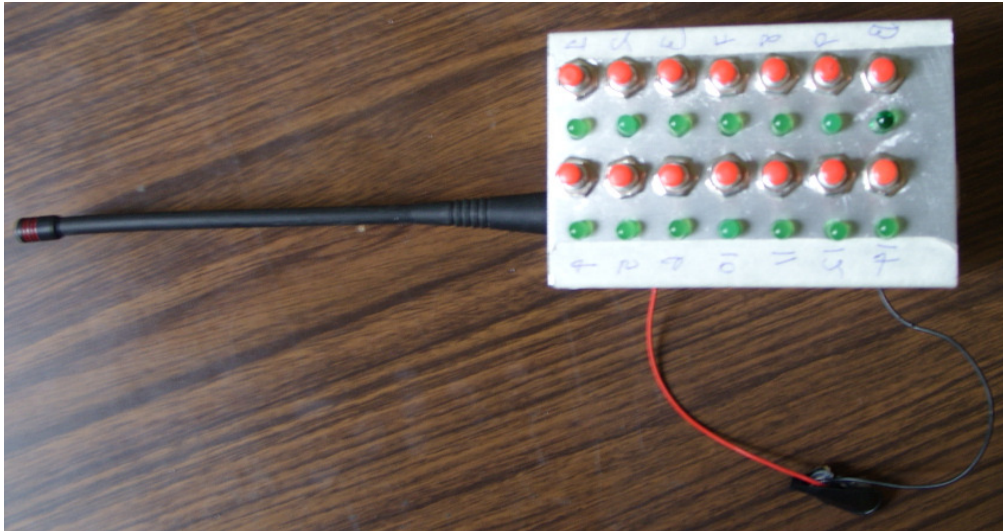
*Fig.9. Fotografía del circuito impreso final ensamblado.*



*Fig.10. Vista lateral del transmisor ensamblado.*

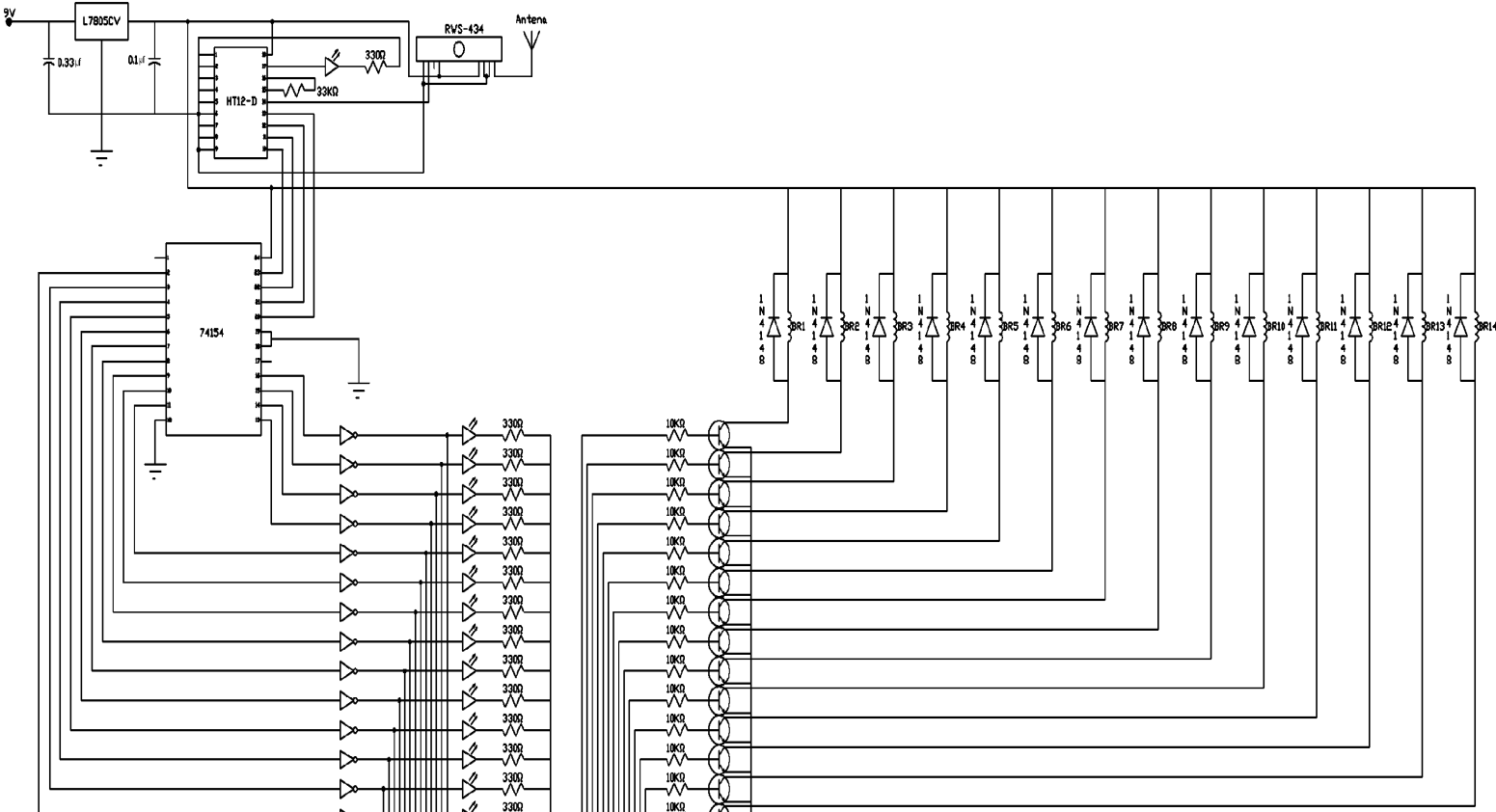


*Fig.11. Vista aérea del transmisor.*



*Fig.12. Fotografía de cómo quedo ensamblado el transmisor.*

2.4.2. RECEPTOR:



*Fig.13.Circuito receptor. Esta etapa se encarga de recibir la señal proveniente del trasmisor la cual es decodificada y enviada al circuito de Relés.*

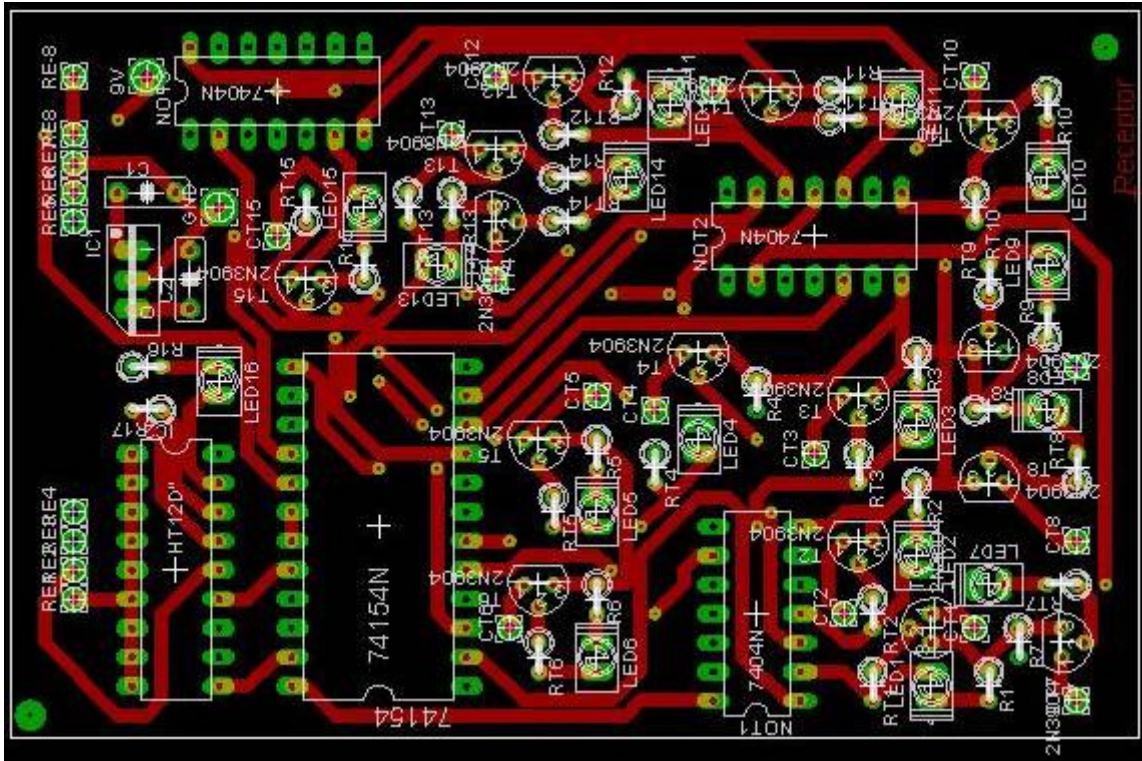


Fig.14. Parte superior del circuito impreso de receptor.

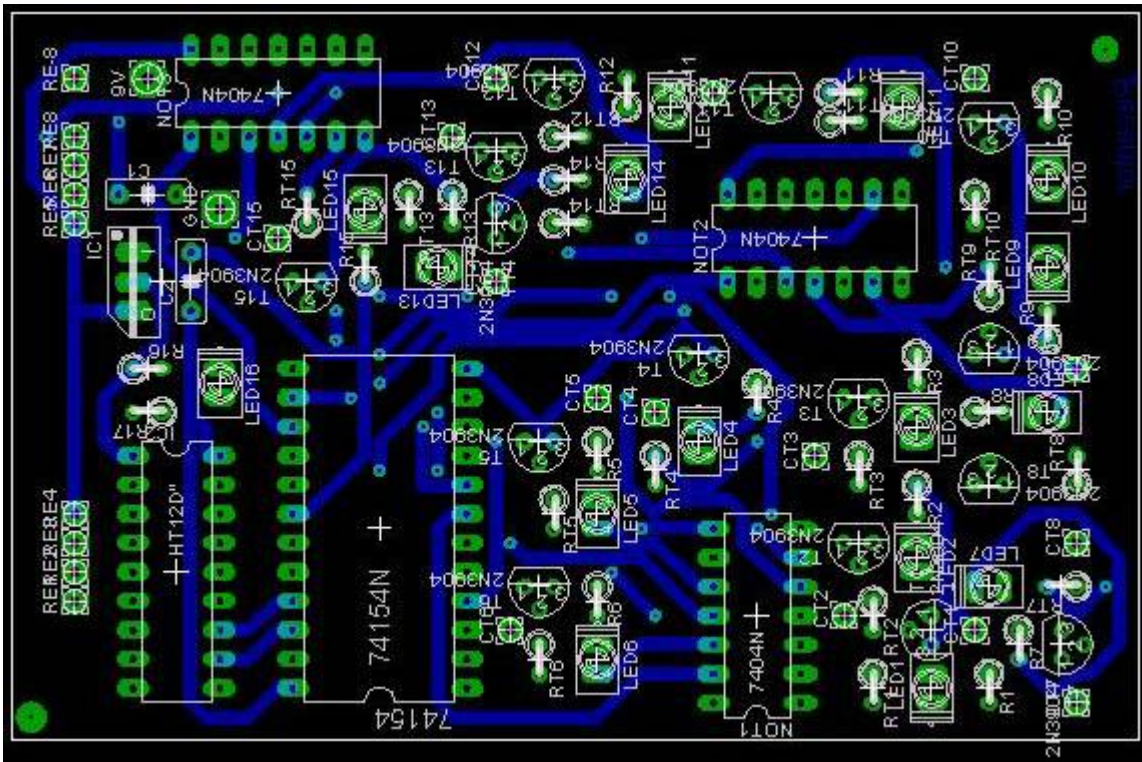
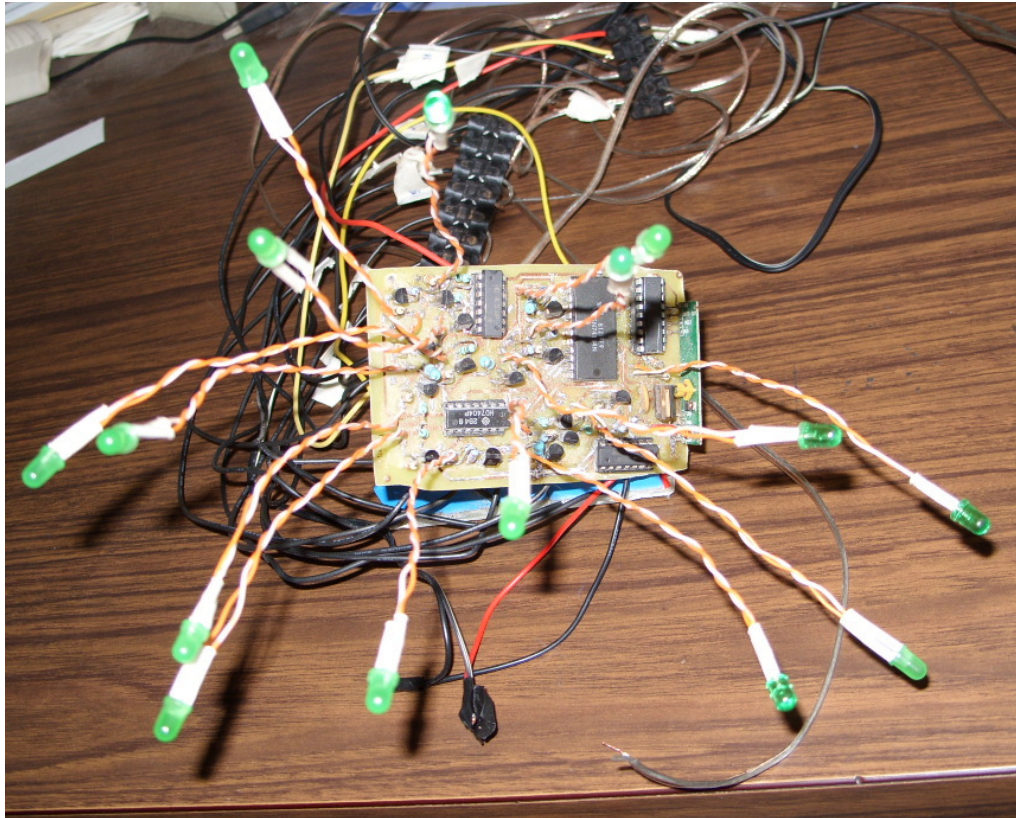
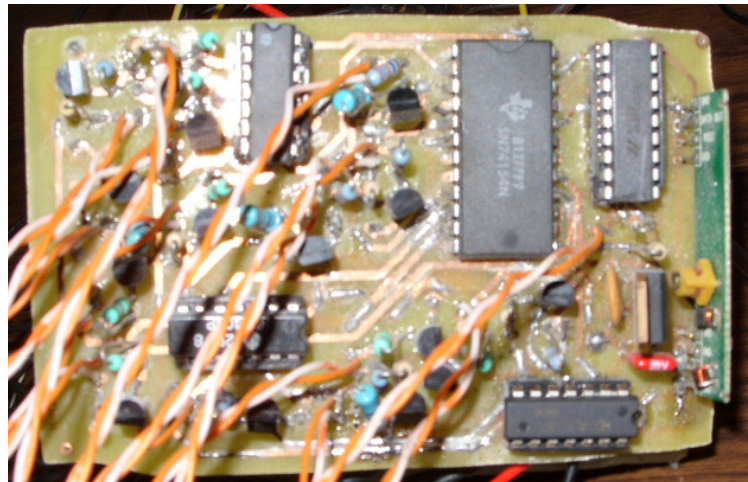


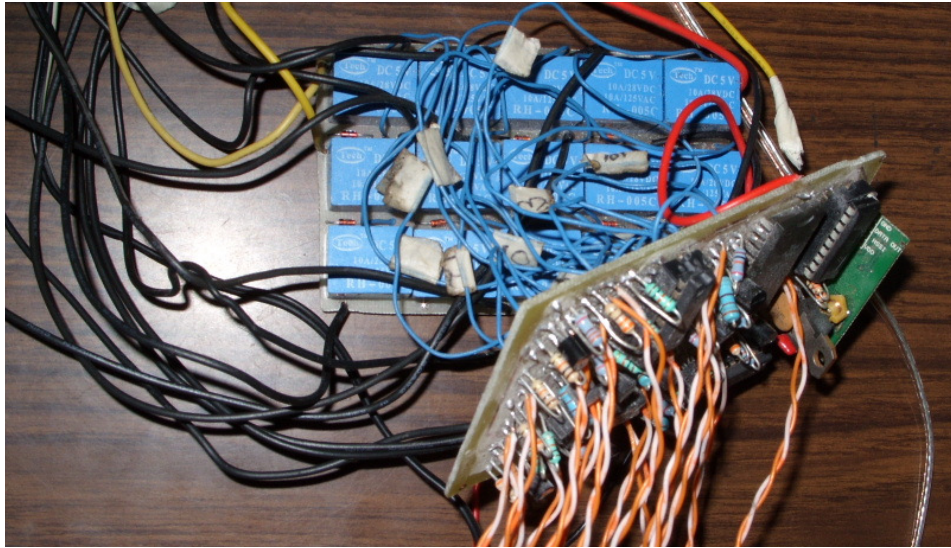
Fig.15. Parte inferior del circuito impreso de receptor.



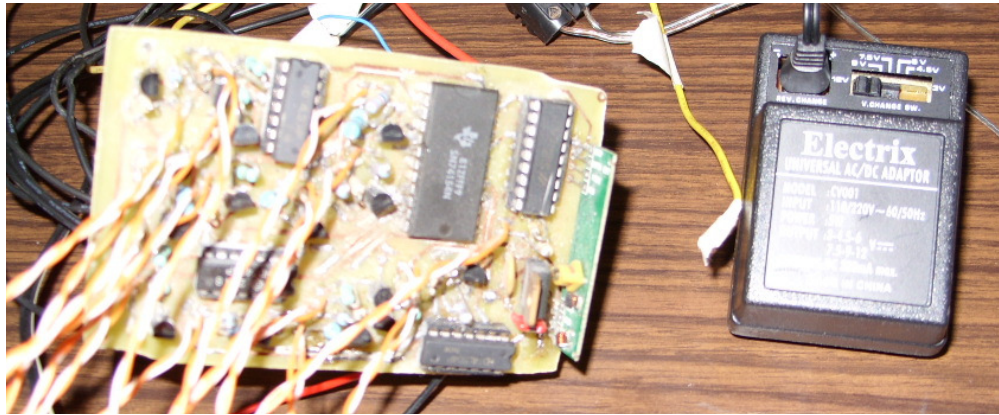
*Fig.16. Fotografía del circuito impreso final.*



*Fig.17. Vista aérea del receptor.*



*Fig.18. Fotografía del circuito receptor en conjunto con su etapa de acople para los PLC's.*



*Fig.19. Fotografía del receptor en la cual se puede apreciar la fuente de alimentación del circuito.*

### 2.4.3. RELÉS:

En esta etapa se toman las señales decodificadas en el receptor y se conectan a una serie de relés los cuales a su vez, se encargaran de activar las entradas en los PLC's que controlan las acciones de los motores.

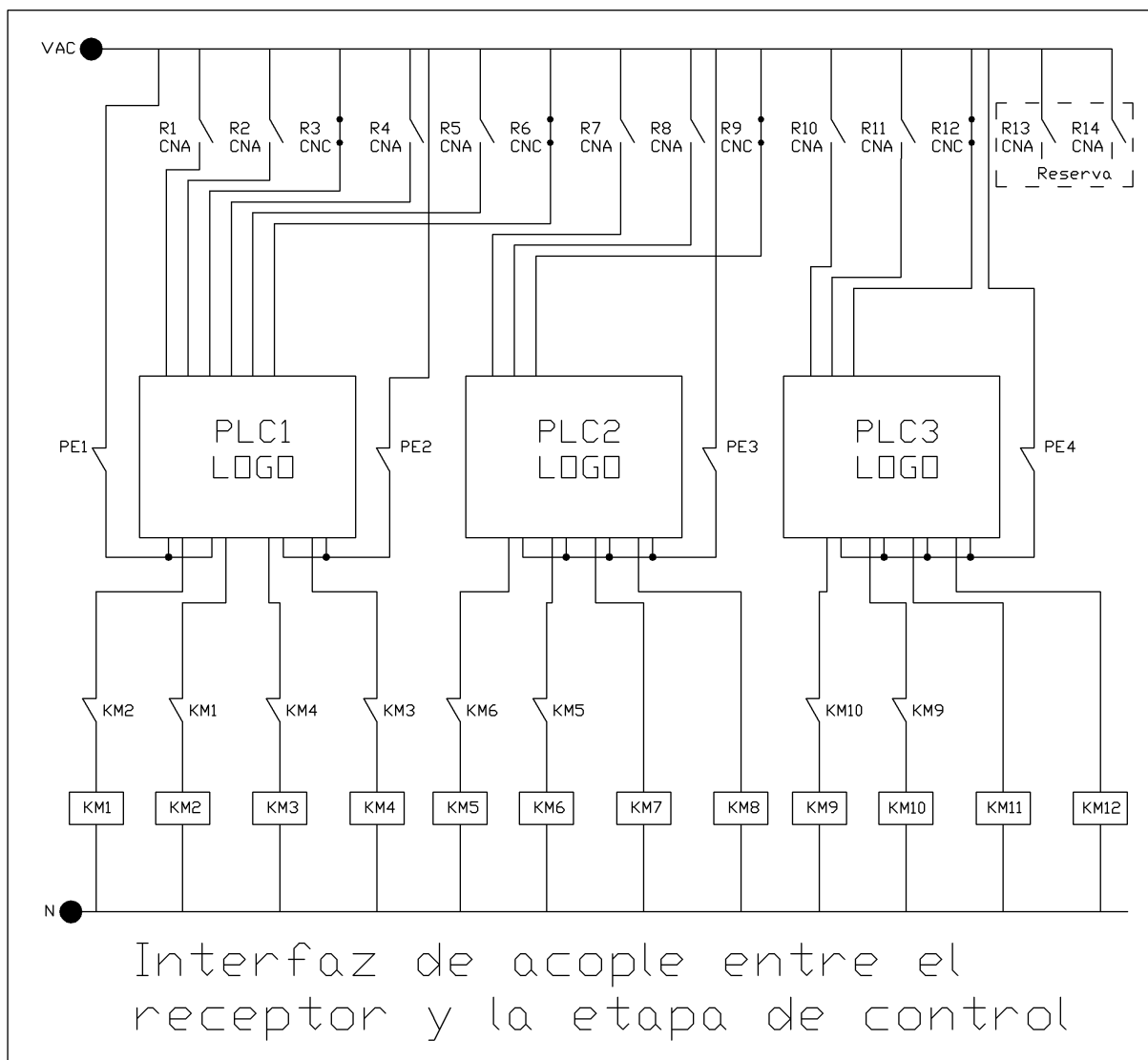


Fig.20 Circuito eléctrico de Relés.

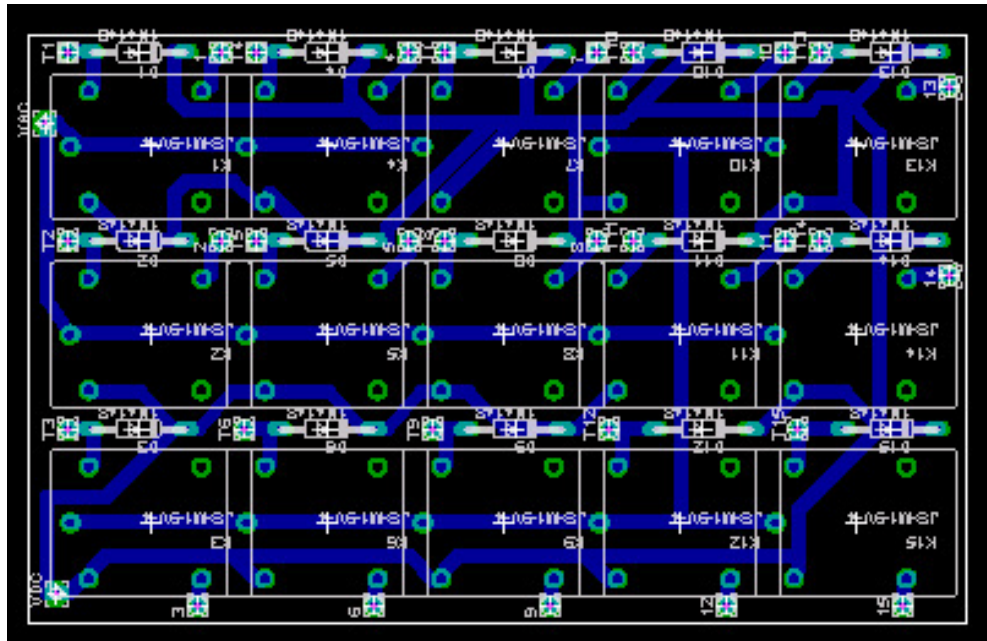


Fig. 21 Circuito impreso de Relés.

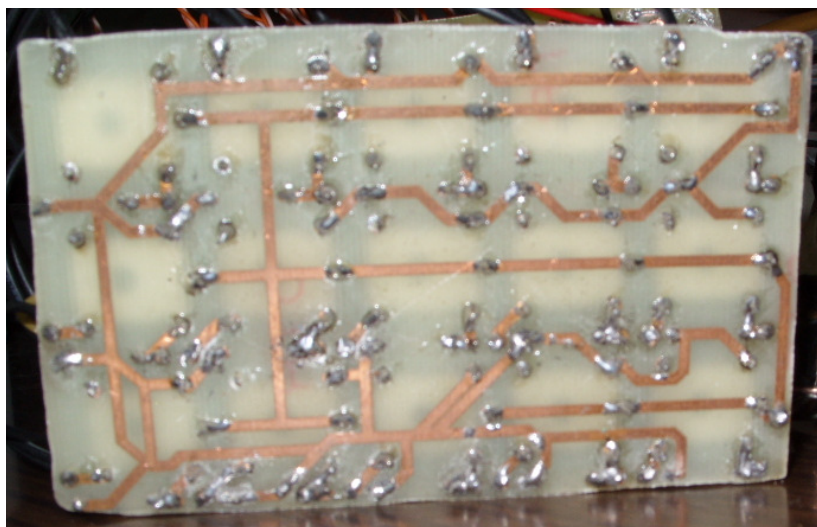
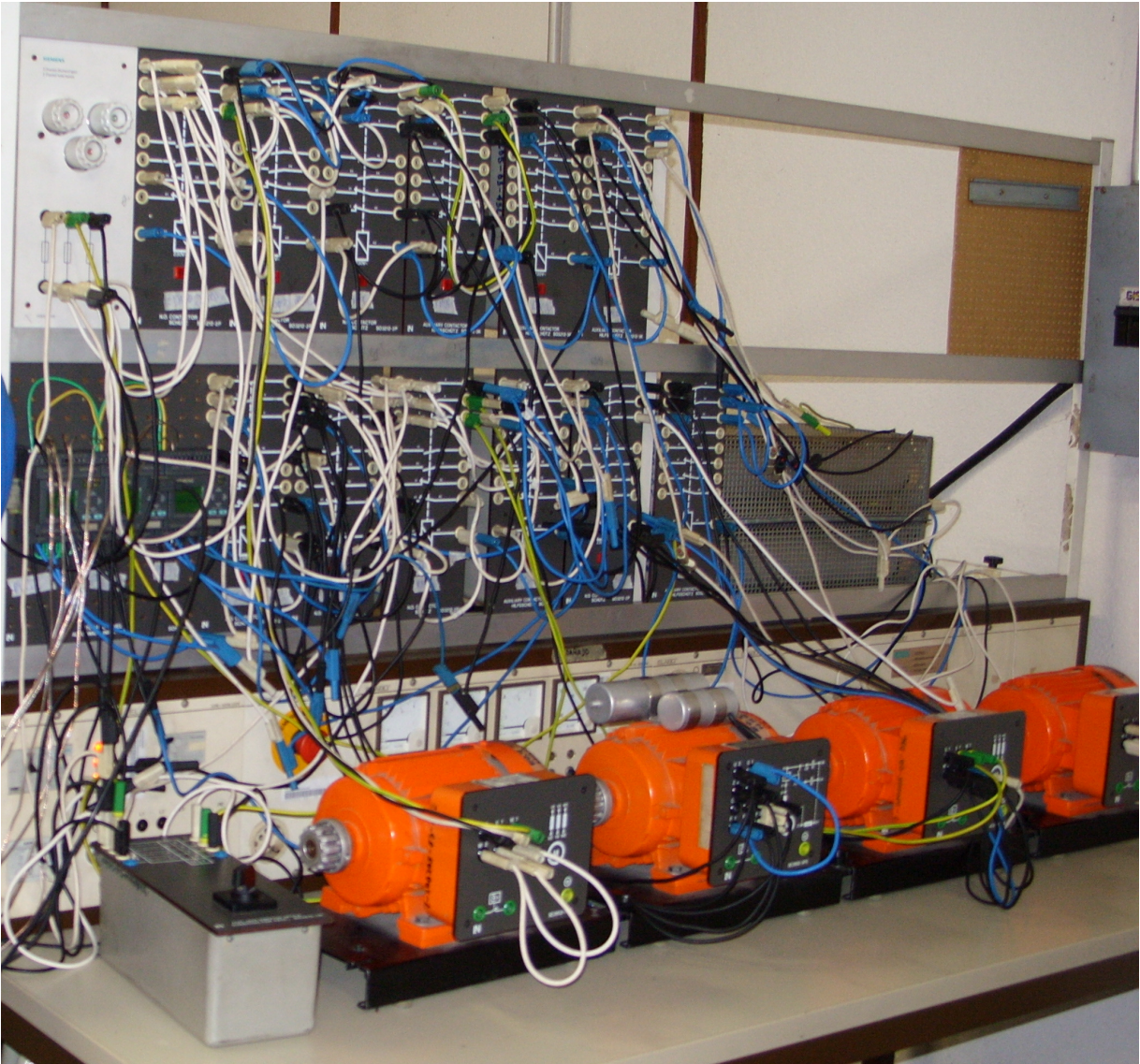
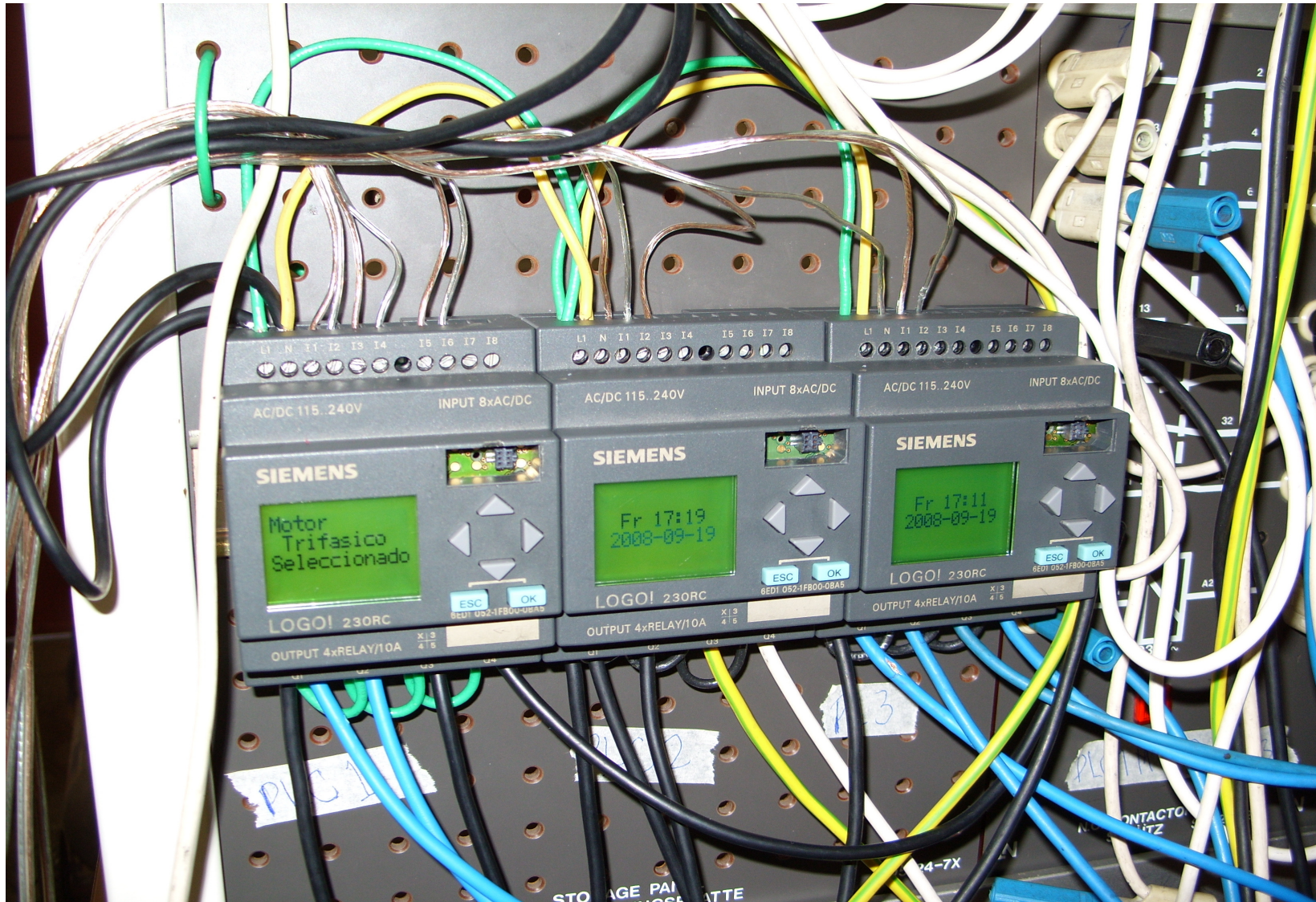


Fig.22. Fotografía del impreso de la parte de acople del receptor (relés).





*Fig.23. Fotografía del prototipo implementado en la Universidad Don Bosco.*



*Fig.24. Fotografía de la disposición de los PLC's en la implementación realizada en la Universidad Don Bosco.*

## CAPÍTULO 3

### 3. AUTOMATIZACION DEL PROTOTIPO

#### 3.1. ARRANCADORES PARA MOTORES DE ALTA POTENCIA.

Se dice que un motor arranca en forma directa cuando a sus bornes se aplica directamente la tensión nominal a la que debe trabajar.

Si el motor arranca a plena carga, el bobinado tiende a absorber una cantidad de corriente muy superior a la nominal, lo que hace que las líneas de alimentación incrementen considerablemente su carga y como consecuencia directa se produzca una caída de tensión. La intensidad de corriente durante la fase de arranque puede tomar valores entre 6 a 8 veces mayores que la corriente nominal del motor. Su principal ventaja es el elevado par de arranque: 1,5 veces el nominal.

Siempre que sea posible conviene arrancar los motores a plena tensión por el elevado par de arranque que se obtiene, pero si se tuvieran muchos motores de media y gran potencia que paran y arrancan en forma intermitente, se tendrá un gran problema de perturbaciones en la red eléctrica.

Por lo tanto, de existir algún inconveniente, se debe recurrir a alguno de los métodos de arranque por tensión reducida los cuales reducen considerablemente las perturbaciones.

#### 3.2. ARRANCADORES

Son necesarios los arrancadores para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta. El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito. El aparato de control ajusta entonces la velocidad del motor según sea necesario.

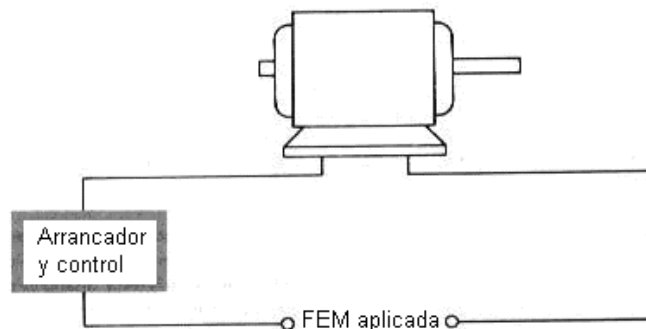
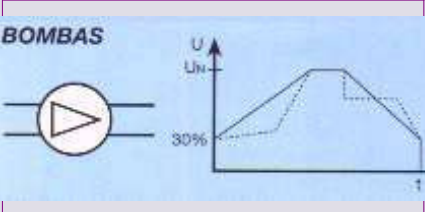

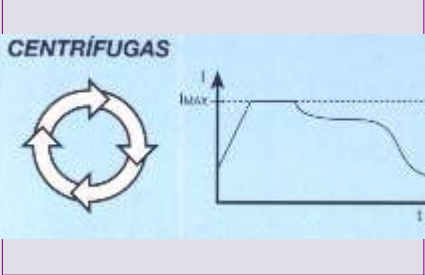
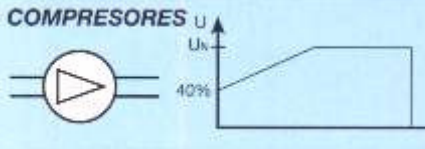
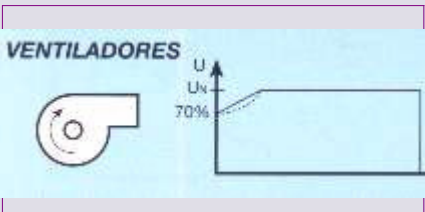

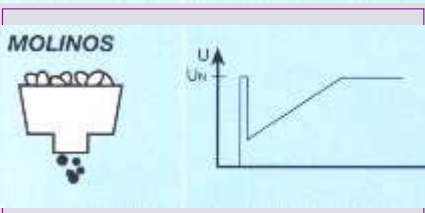
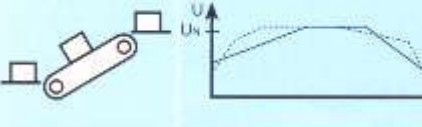
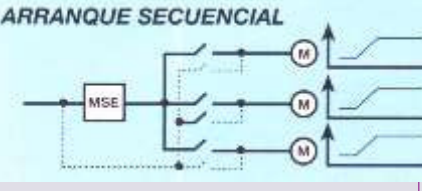


Fig. 25. Muestra la conexión física de un arrancador para un motor

### 3.2.1. VENTAJAS DE ALGUNOS TIPOS DE ARRANCADORES

#### Propiedades de los arrancadores estáticos

Aplicación	Método	Beneficios para las instalaciones
<b>BOMBAS</b> 	Rampa de arranque y paro o aplicación bomba	El bajo par de arranque minimiza el golpe de ariete en las conducciones. El paro suave evita el golpe de ariete en la bomba y en la conducción. Reduce la intensidad de arranque. Minimiza el stress mecánico del eje del motor.
<b>CINTAS TRANSPORTADORAS</b> 	Rampa de arranque y paro o rampa dual	Arranque suave controlado sin shocks mecánicos. Prolongación de la vida mecánica útil de la cinta transportadora.
<b>CENTRÍFUGAS</b> 	Arranque con límite de intensidad. Freno de continúa	La intensidad máxima de arranque esta controlada (ahorro de costes). Proporciona un Par/Intensidad de arranque flexible que optimiza el tiempo de arranque. El freno de continúa se puede utilizar para el frenado rápido de cargas de alta inercia, p.e. centrifugas, volantes...
<b>COMPRESORES</b> 	Rampa de arranque o arranque con límite de intensidad	Reduce el shock mecánico y eléctrico. Reduce la intensidad de arranque.
<b>VENTILADORES</b> 	Rampa de arranque y paro o rampa de arranque dual	Optimización del Par en el arranque en el mecanismo de transmisión entre el motor y el ventilador. Se reduce la intensidad de arranque. Se incrementa la vida útil de la máquina.
<b>AGITADORES / MEZCLADORES</b> 	Rampa de arranque y paro o rampa dual	La rotación suave durante el arranque reduce el stress mecánico. Proporciona un alto y suave Par de arranque para cargas pesadas
<b>MOLINOS</b> 	Pulso de arranque y rampa de arranque	El pulso de arranque proporciona el máximo Par durante un tiempo de 0,1 a 2 s. Permite un arranque suave del motor incluso si el par resistente en el arranque es muy elevado. Permite arrancar molinos y trituradores con carga.

<p><b>MÁQUINAS CON CONDICIONES DE CARGA VARIABLE</b></p> 	<p>Rampa dual o cuatro arrancadores en uno</p>	<p>Se puede personalizar un arranque para cada tipo de carga. Si la carga varía durante el arranque, se utiliza la rampa dual. Para cada tipo de arranque se pueden programar en algunos arrancadores hasta 4 tipos de arranque distintos.</p>
<p><b>ARRANQUE SECUENCIAL</b></p> 	<p>Rampa de arranque, rampa dual o 4 arrancadores en uno</p>	<p>Con un solo arrancador podemos arrancar distintos y diversos motores, personalizando el arranque para cada uno de ellos, p.e. arrancar una bomba de 22 KW, un ventilador de 75 KW y una cinta transportadora de 15 KW.</p>

### 3.2.2. ARRANQUE DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.

En la mayor parte de las zonas si se cuenta con un motor pequeño de inducción de jaula de ardilla de unos cuantos caballos de [fuerza](#) se pueden poner en marcha directamente desde la línea con una caída de voltaje que es de poca importancia en la fuente de voltaje, y con un retardo pequeño o sin retardo para acelerarse a su velocidad nominal. Igualmente, los motores grandes de inducción de jaula de ardilla hasta de varios miles de HP, se pueden arrancar conectándolos directamente a la línea sin daños ni cambios indeseados de voltaje, siempre que las tomas de voltaje tengan una capacidad bastante alta.

Aunque hay algunas excepciones entre las diversas clasificaciones de motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, que necesitan normalmente seis veces el valor de su corriente nominal para arrancar cuando se aplica el voltaje nominal a su estator. En el instante de arranque la corriente del rotor está determinada por la impedancia de rotor bloqueado  $R_r + jX_r$  ( $R_r$  es la resistencia de rotor bloqueado y  $jX_r$  es la reactancia de rotor bloqueado). Así, el voltaje del estator se reduce a la mitad de su valor nominal, la corriente de arranque se reduciría en esa proporción, es decir a unas tres veces la corriente nominal. Si el motor se arranca bajo carga grande, esto tiene cierta importancia y hay la [probabilidad](#) de que el motor pueda arrancar con dificultad o no arranque. Por otro lado si el motor se arranca sin carga, la reducción en el par puede no ser importante para algunos casos, y es ventajosa la reducción de la corriente.

Las fluctuaciones frecuentes de voltaje pueden también afectar al equipo electrónico y a la [iluminación](#) al grado de que se necesite algún [método](#) alternativo para arrancar el motor de inducción, para limitar la corriente de arranque. Si las líneas que alimentan al motor de inducción de jaula de ardilla, tienen impedancias diferentes; los voltajes del estator puede desbalancearse, desbalanceando así severamente las corrientes en las líneas y originando que el equipo de protección deje al descubierto al motor. De hecho un desbalance de 1 o 2 % en los voltajes de la línea del estator pueden originar un desbalance del 20 % en las corrientes de línea, presentando calentamiento localizado del motor y fallas del devanado

### **3.2.3. ARRANQUE A VOLTAJE REDUCIDO CON RESISTOR O REACTOR PRIMARIOS.**

Si se introduce un resistor en serie con cada una de las conexiones del estator o primarias de la línea, la gran corriente de arranque produce una reducción inmediata de voltaje aplicado a las terminales del estator, la corriente de línea se reduce solo en proporción a la reducción del voltaje de línea.

Empleando una resistencia o reactancia en el primario la reducción en el voltaje estator aumenta debido a la reducción en el voltaje del estator al momento de arrancar se produce la reducción en el par de arranque.

El arranque a voltaje reducido mediante una resistencia en serie con el estator mejora el factor de potencia al arranque, pero se producen pérdidas algo mayores; y el par máximo no es tan grande para la misma impedancia en serie con un factor equivalente.

### **3.2.4. ARRANQUE EN ESTRELLA - DELTA**

La mayor parte de los motores polifásicos se devanan con sus estatores conectados en delta. En algunos casos los fabricantes que ofrecen motores de inducción con el principio y el final de cada devanado de fase en forma saliente, con fines de conexión externa. En el caso de motores trifásicos se pueden conectar a la línea ya sea en estrella o en delta cuando se conectan en estrella, el voltaje que se imprime al devanado es  $1/\sqrt{3}$ , (57.8%) del voltaje de línea. Por tanto mediante la conmutación como la que se muestra en la figura 26.

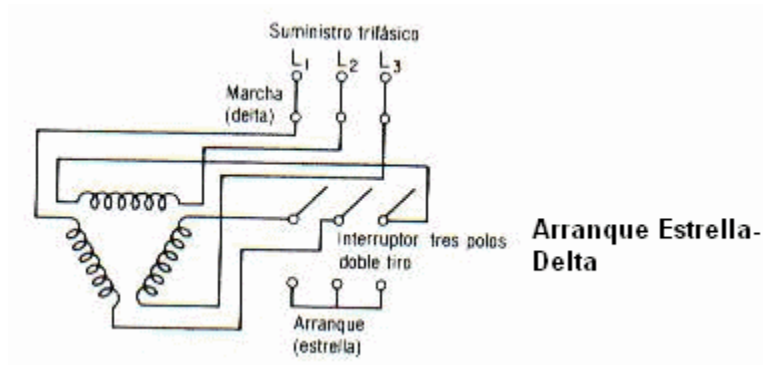


Fig. 26. Circuito de arrancador estrella-delta

Es posible arrancar un motor con poco más de la mitad de su voltaje nominal y a continuación hacerlo trabajar en delta, con el voltaje nominal de línea y fase aplicados. Como el par varía de acuerdo con el cuadrado del voltaje aplicado al estator la reducción del voltaje cuando se conecta en estrella producirá aproximadamente la tercera parte del par de arranque a pleno voltaje.

La conmutación de estrella a delta se debe hacer tan rápidamente como sea posible para eliminar grandes corrientes transitorias debidas a la pérdida momentánea de potencia. Por este motivo, se emplean interruptores de tres polos doble tiro con tensión de resorte y acción instantánea, en lugar de interruptores de cuchillas.

### 3.3. DIAGRAMAS DE CONTROL.

Los diagramas de conexiones que se presentan a continuación son los diagramas de control y fuerza. Donde los diagramas de control, son los programas de los tres PLC's que se ocuparan.

### **3.3.1. PROGRAMA DE PLC 1**

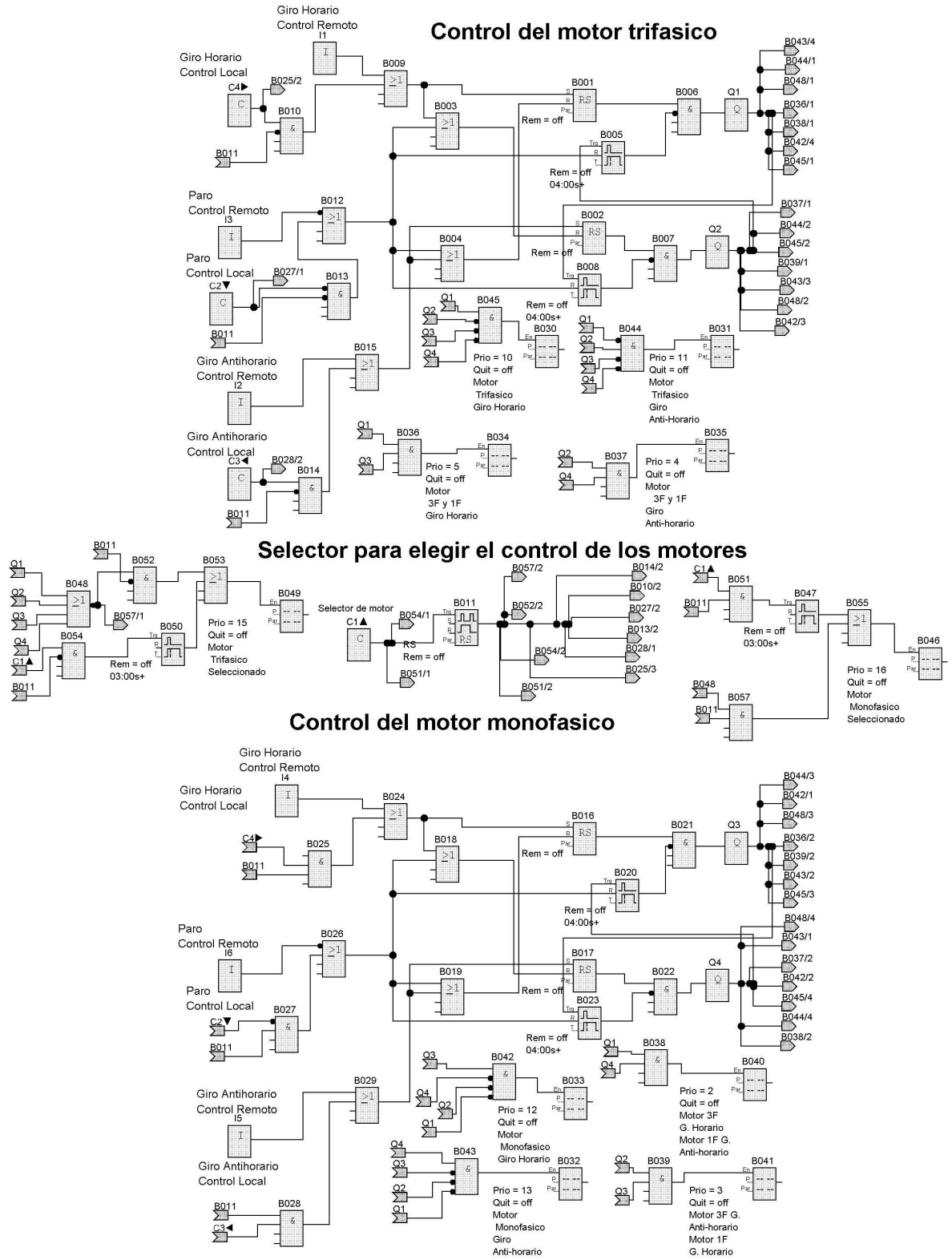


Fig.27 Programa de PLC1, para el control de motores de baja potencia.

### 3.3.1.1. EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 1

A continuación se explicara el programa del PLC 1, pero para hacer más sencilla la explicación, se partirá en 3 bloques. A continuación se presenta la parte de control del motor trifásico, la cual corresponde a la figura 27.

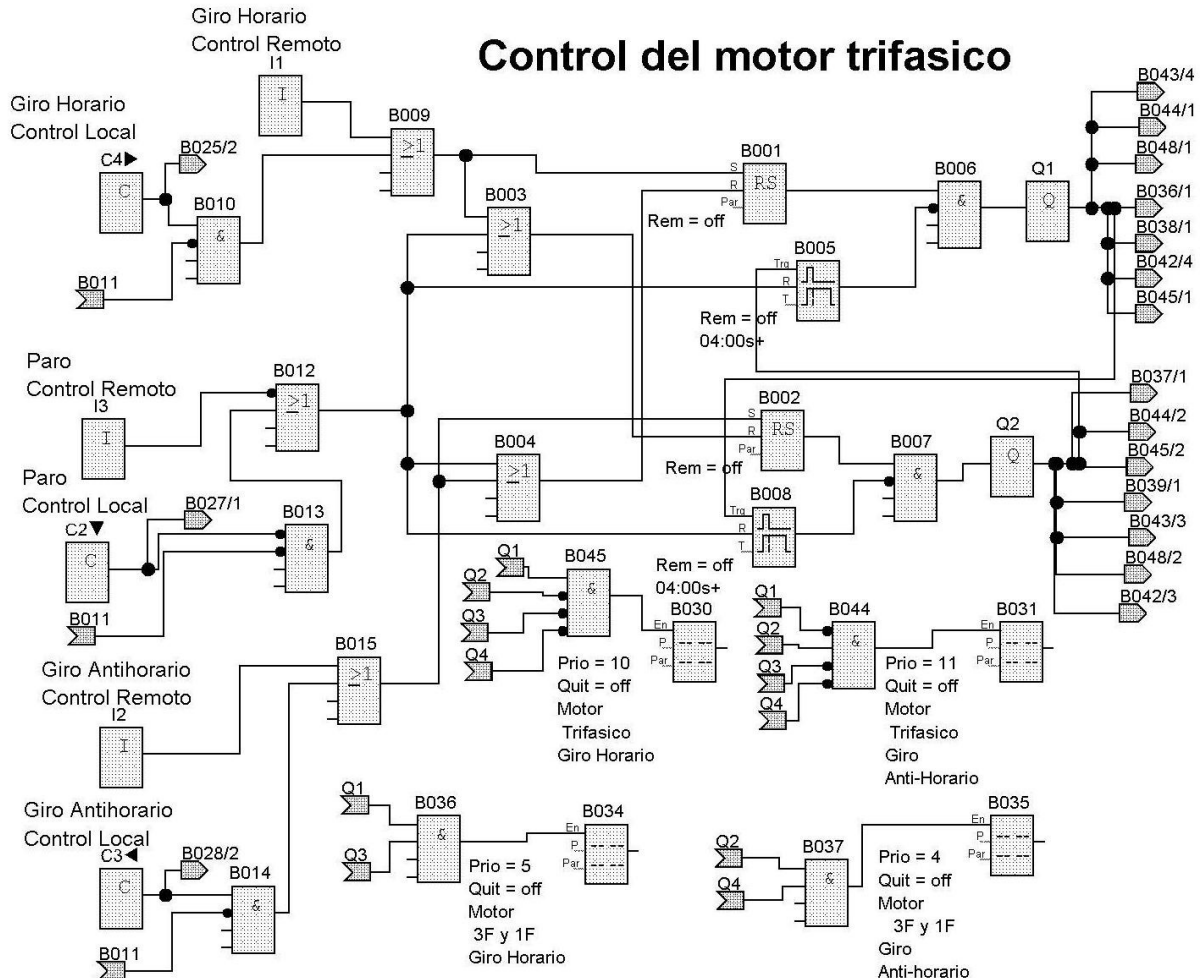


Fig.28. Programa de PLC1, para el control del motor trifásico.

El PLC 1 al encenderse mostrara un mensaje indicando que motor se puede controlar por medio del control manual (las teclas del PLC), se ha ajustado para que cuando el PLC encienda controle el motor trifásico. Para cambiar el motor a controlar con el control manual solamente hay que presionar la tecla ^ del PLC, he inmediatamente el PLC mostrara el mensaje de que se puede controlar el motor monofásico con el control manual. Más adelante en el documento se detallara el funcionamiento del selector del control manual.

El bloque I1 corresponde a la entrada física en el PLC que será activada por el relé correspondiente en el circuito receptor, cabe decir que esta entrada es análoga a lo que pudiera ser un accionamiento por un pulsador normalmente abierto. El bloque

C4> tiene la misma función que la entrada I1, con la diferencia de que su accionamiento corresponde al botón > del PLC, el bloque B009 corresponde a una compuerta OR, es decir que cuando se accione la entrada I1 o la tecla > del PLC dará la señal de encendido para el bloque B001 (donde el bloque B001 es un relé auto enclavador). Es de gran importancia señalar que el bloque C4> solamente le dará la señal de encendido al bloque B001 cuando el bloque B010 correspondiente a una compuerta AND, reciba una señal lógica de 0 del bloque B011 hacia la entrada 2 del bloque B010. El bloque B001 al activarse dará la señal para el bloque Q1 se active, donde el bloque Q1 corresponde a la salida del PLC 1 que hará que el motor trifásico gire en sentido anti horario, pero cabe señalar que para que esto último pase se debe de cumplir la condición del bloque B006, la cual consiste en que el bloque B005 tenga una señal de cero lógico. El bloque B005 y el bloque B008 están para proteger el motor trifásico, ya que su función es la de retrasar el encendido del motor en sentido opuesto al que ya giraba, por ejemplo, si el motor estaba girando en sentido anti horario y el usuario decide hacerlo girar en sentido horario, el motor se apagará y esperará el tiempo ajustado por el bloque B005 para que pueda comenzar a girar en sentido horario. Esto se hace para que el motor no sufra daño en su eje debido a la torsión provocada por el cambio de giro. El bloque B003 funciona para darle la señal de apagado al bloque B002, lo cual detendrá al motor en el caso de ya estar girando. De manera similar funciona el bloque B004.

Lo anterior corresponde al funcionamiento del programa para que el motor gire en sentido horario, de la misma manera se puede establecer una analogía para el control de giro anti horario, es decir que los siguientes bloques hacen lo mismo para el arranque en sus respectivos sentidos:

Analogía entre bloques	
Sentido horario	Sentido anti horario
I1	I2
C4>	C3<
B010	B014
B009	B015
B003	B004
B001	B002
B005	B008
B006	B007
Q1	Q2

*Tabla 1. Analogía entre bloques para el arranque del motor trifásico del PLC1.*

Ya habiendo explicado el arranque del motor trifásico en sentido horario, así como su respectiva analogía de bloques para el arranque del motor trifásico en sentido anti horario procedemos a explicar el paro del motor trifásico.

El paro del motor trifásico se acciona por medio del bloque I3, que físicamente es la entrada del PLC 1 controlada por medio de un relé en el receptor. De la misma manera como se explico para el arranque del motor trifásico, existe un botón en el control manual capaz de detener el motor, la cual es  $\checkmark$  en el PLC 1 correspondiente al bloque C2 $\checkmark$  en el programa del PLC 1. Es importante recalcar que en esta parte del programa hay una analogía entre los bloques B010, B013 y B014, estos bloques en el programa sirven para que el control manual pueda operar el motor trifásico siempre y cuando el selector este ajustado para tal función. Para el paro del motor trifásico hay una cadena de señales que se dan para apagar el motor, comienza cuando se acciona el bloque I3 que le manda la señal al bloque B012, este se la manda a los bloques B003 y B004 que le dan la señal de paro a los bloques B001 y B002 respectivamente, debido a que los bloques B001 y B002 son los que mantienen al motor girando en su respectivo sentido, al desactivarse cualquiera de los últimos bloques anteriores hará que el motor trifásico detenga su marcha.

En el programa se ha tomado en cuenta para que el usuario tenga una visualización en el PLC 1 del funcionamiento de los motores y en qué sentido lo hacen, es decir que si el motor trifásico está girando en sentido horario, el PLC 1 mostrara en su pantalla el mensaje “Motor Trifásico Giro Horario”, y así sucesivamente para cualquier otra operación del motor trifásico, motor monofásico o ambos. La condición para mostrar el mensaje adecuadamente para el funcionamiento de los motores se hace por medio de los bloques AND, por ejemplo para mostrar el mensaje “Motor Trifásico Giro Anti horario” (Ver los bloques B044 y B031 de la figura 28). Como se puede ver en la figura 28 el bloque B044 es una compuerta AND en cuyas entradas tiene las señales de Q1, Q2, Q3 Y Q4. Las señales de Q1, Q3, y Q4 están negadas haciendo que la condición sea que el mensaje antes dicho solamente se mostrara cuando Q2 le este enviando la señal de 1 lógico al bloque B044. Con esta misma lógica se hace para mostrar los demás mensajes de funcionamiento de los motores en el PLC 1.

Como se ha mencionado antes, en el programa del PLC 1 existe un selector para poder manipular ya sea el motor trifásico o el motor monofásico con el control manual, dicho selector permite que únicamente se pueda manipular un motor a la vez. A continuación se muestra dicha parte del programa y su respectiva explicación de su funcionamiento.

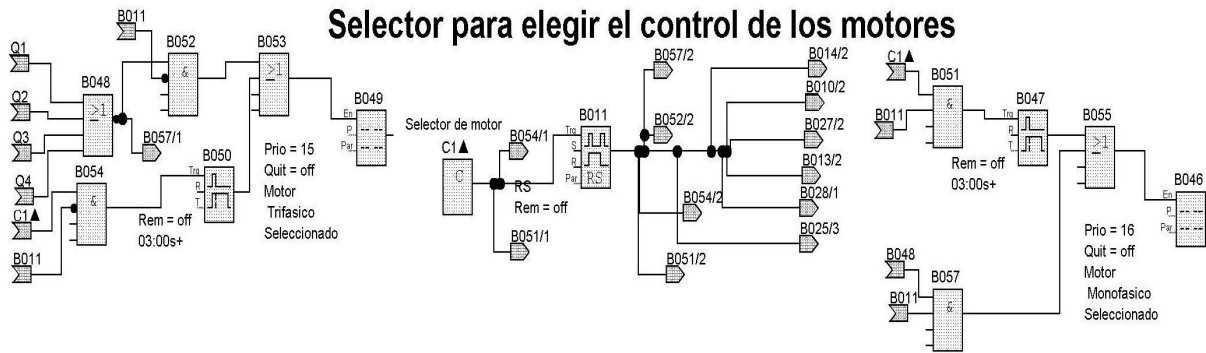


Fig.29. Selector del PLC1, para poder operar el motor trifásico o monofásico con el control manual.

Como ya se dijo antes el programa del PLC 1 esta ajustado para que al encenderse el PLC 1 se pueda manipular el motor trifásico (este ajuste se puede cambiar, colocando las condiciones necesarias para manipular el motor monofásico) esto se hace con los bloques C1 $\wedge$ , B011, B052, B053 y B049. Cuando el PLC1 se enciende el bloque C1 $\wedge$  tiene en su salida una señal de 0 lógico, esta le llega al bloque B011 (donde el bloque B011 funciona como un interruptor ON/OFF) dando como consecuencia que en el bloque B011 también haya una señal de 0 lógico (esta señal de salida llega a diferentes bloques en el programa que se pueden ver en la figura 29) lo cual llega a la entrada 2 del bloque B052. La entrada 1 del bloque B052 llega desde el bloque B048 que corresponde a una compuerta NAND, cuyas entradas son Q1, Q2, Q3 y Q4, puesto que se ha dicho anteriormente que el PLC 1 se acaba de encender, es decir que todas las señales de entrada del bloque B048 son 0 lógico, y por la naturaleza de la compuerta NAND en la salida habrá un 1 lógico. Por lo tanto sabiendo que hay un 1 lógico en ambas entradas de la compuerta B052, hará que en la salida de esta haya un 1 lógico que llegara a la entrada 1 del bloque B053 lo que hará que se muestre el mensaje “Motor trifásico seleccionado”. Ahora la entrada 2 del bloque B053 consiste en la salida del bloque B050 que es un timer con retardo a la conexión, cuando este último bloque tenga en su entrada de disparo una señal de 1 lógico, hará que el timer tenga una señal de 1 lógico en su salida por un tiempo de 3 segundos. Este timer se ha colocado debido a que si cualquiera o ambos motores están funcionando, el PLC 1 tendrá en su pantalla un mensaje de funcionamiento de uno o ambos motores, es decir que mientras está funcionando uno o ambos motores y el usuario quiere usar el selector para manipular cualquier motor por medio del control manual puede usar la tecla C1 $\wedge$  y en seguida en el PLC 1 se mostrara por 3 segundos (cabe decir que el tiempo para mostrar el mensaje en pantalla es ajustable según requerimiento o deseos del usuario) que motor puede manipularse por medio del control manual. De forma similar se hace para mostrar el mensaje de “Motor monofásico seleccionado”. La parte del programa correspondiente al control del motor monofásico es exactamente igual a la del motor trifásico con la diferencia de

los nombres en los bloques y las condiciones de los bloques para mostrar los mensajes de funcionamiento de los motores.

### 3.3.2. PROGRAMA DE PLC 2

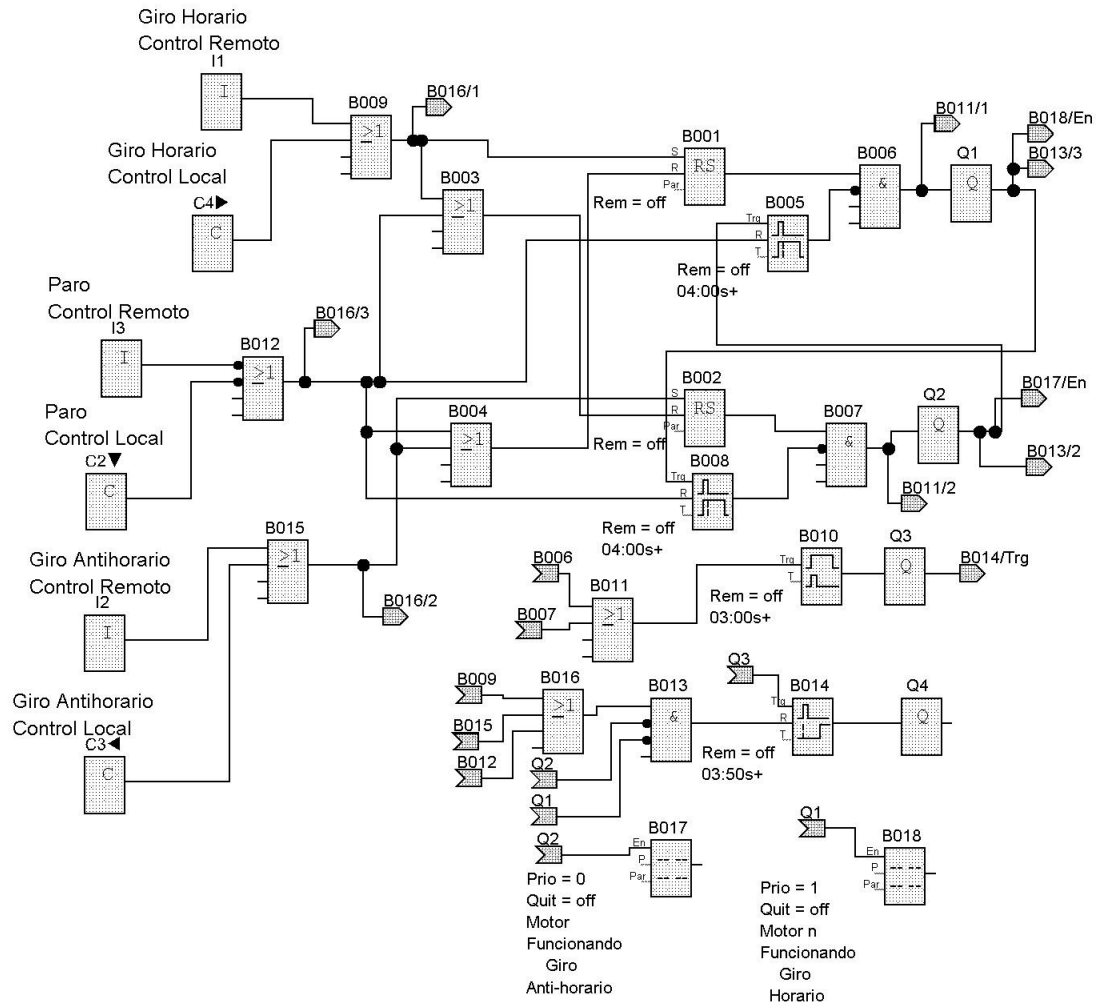


Fig. 30. Programa de PLC2, para el control de un motor de alta potencia con arrancador estrella-delta

#### 3.3.2.1. EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 2

El programa para el PLC 2 es muy similar al programa del PLC1 (arranque del motor trifásico y monofásico) con las diferencias de que en este programa no hay selector, el botón C1<sup>^</sup> esta deshabilitado y la secuencia para hacer la conmutación entre la conexión estrella a delta.

Al accionarse cualquiera de los bloques I1 ó C4>, el bloque B009 recibirá en cualquiera de sus entradas una señal de 1 lógico y debido a que esta compuerta es una compuerta OR, habrá una señal de 1 lógico en su salida, la cual llega al bloque B001 (relé auto enclavador), este último queda activado con una señal de 1 lógico que le manda al bloque B006 que corresponde a una compuerta AND, para que este último bloque tenga una señal de 1 lógico en su salida debe cumplir la condición de que el bloque B001 le mande una señal de 1 lógico y el bloque B005 le mande una señal de 0 lógico, existiendo esta condición el bloque Q1 y B011 se activan, al haberse activados estos dos últimos bloques se activará también el bloque B010 que corresponde a un relé de barrido, que hace la función de un relé con retardo a la conexión, que hará que el bloque Q3 se active por 3 segundos, lo cual hace que el motor permanezca conectado en estrella por el mismo tiempo. El bloque Q3 le da la señal de 1 lógico al bloque B014 que corresponde a un timer con retardo a la conexión memorizado, es decir que después de recibir un 1 lógico de parte del bloque Q3, este se tardará 3.5 segundos para activarse y así dar señal de 1 lógico al bloque Q4 que hace la conexión delta. Como se puede ver hay una diferencia de 05 segundos entre el cambio de conexión estrella a delta, esto es para evitar cualquier corto circuito que pueda haber en el cambio de conexión. El bloque B016 corresponde a una compuerta OR y recibe las señales de los bloques B009, B015, B016 y que al activarse cualquiera de estos bloques con 1 lógico en su salida hará que el bloque B016 tenga un 1 lógico que llegará al bloque B013 correspondiente a una compuerta AND, este último bloque tiene como función la de resetear el bloque B014 (en caso de ya estar activo). Por ejemplo si el motor ya está girando en sentido horario y el usuario decide hacerlo girar en sentido anti horario puede hacerlo pulsando la tecla correspondiente al bloque I2 ó C3<, sin pasar por el botón de paro. Al hacer esto el motor detendrá su marcha y esperará un tiempo ajustado por el bloque B008, habiendo pasado ese tiempo el bloque B007 cumplirá la condición para que el bloque Q2, Q3 encienda y comience el proceso para girar en sentido anti horario.

Este programa al igual que el del PLC 1 muestra mensajes de funcionamiento del motor trifásico, esto bloques son los B017 y B018 con mensajes de “Motor funcionando Giro anti-horario” y “Motor Funcionando giro horario” respetivamente.

### 3.3.3. PROGRAMA DE PLC 3

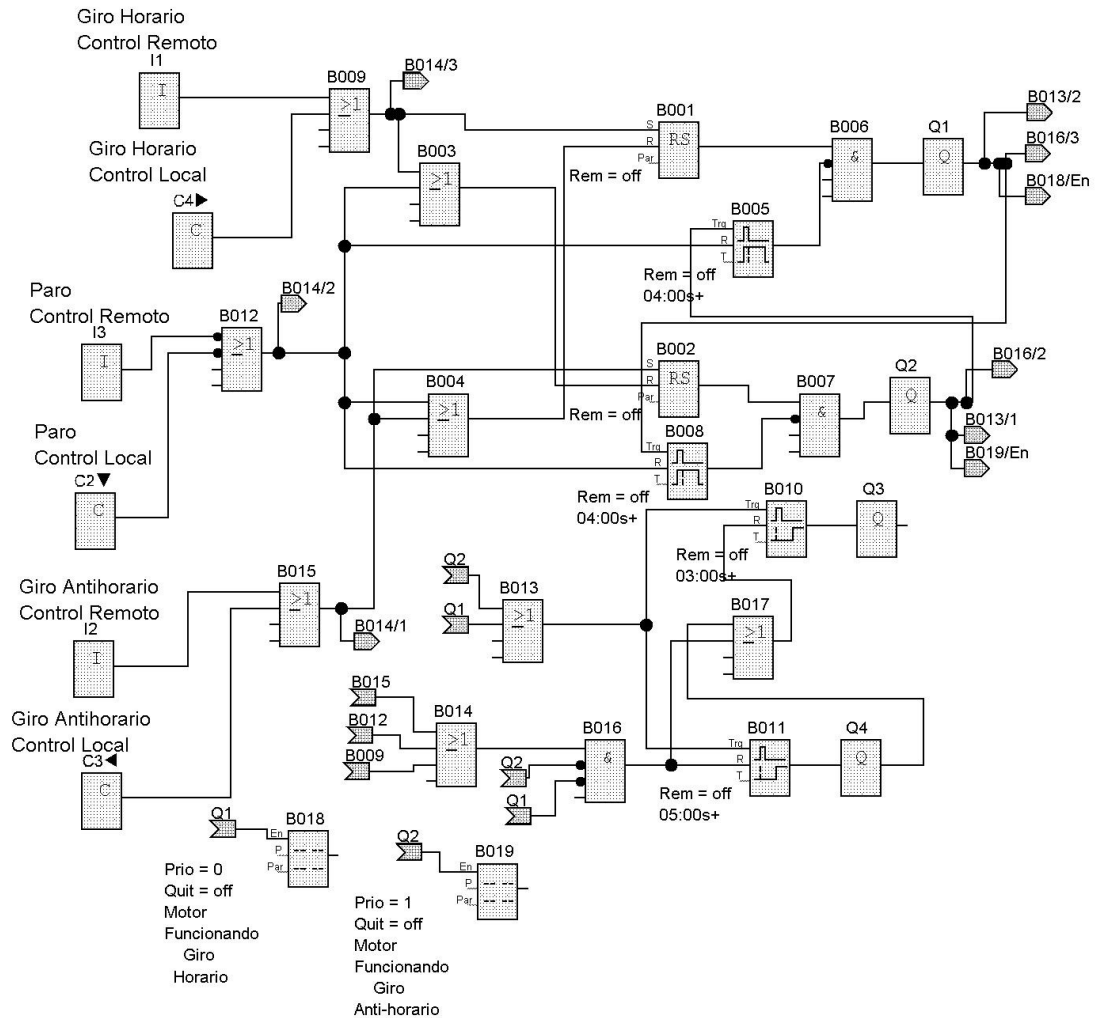


Fig.31. Programa de PLC3, para el control de un motor de alta potencia con arrancador de resistencias estáticas

#### 3.3.3.1. EXPLICACION DE PROGRAMA DEL PLC 3

El programa para el PLC 3 es muy parecido a los programas de los PLC 1 y PLC 2, solo con las modificaciones para que funcione como arrancador para el motor trifásico.

Al igual que en los anteriores programas al accionarse el bloque I1 o el bloque C4>, le enviara una señal de 1 lógico a la entrada del bloque B009 y este a la vez le enviara un 1 lógico al bloque B001 para que se active. Habiendo se activado el bloque B001, el bloque B006 correspondiente a una compuerta AND, dará la señal de encendido al bloque Q1, claro siempre y cuando se cumpla la condición del bloque B006, que ya se menciona anteriormente en el documento. Al activarse el bloque Q1 comenzará la secuencia del arrancador. La secuencia del arrancador es que después de activarse Q1, pasaran 3 segundos para que se active Q3 y 5 segundos después se activara Q4 para que el motor funcione normalmente.

Para que la secuencia del arrancador funcione tiene que activarse ya sea Q1 o Q2, ya que estos le mandan la señal al bloque B013 que es una compuerta OR. Al activarse el bloque B013, este le manda la señal de activación a los bloques B010 y B011 donde ambos son timers con retardo a la conexión memorizado, la función de estos timers es la de esperar un tiempo ajustado por el programador para poder activarse, es así como se logra la secuencia del arrancador. Los bloques B014 y B016 sirven para resetear los bloques B010 y B011, estos bloques se deben resetear debido a que si el motor ya está girando hacia un determinado sentido y el usuario desea cambiar de giro, estos bloques tienen que resetearse para poder volver a realizar la secuencia para el giro contrario. El bloque B010 también se resetea al activarse la salida Q4, no es necesaria la salida Q3, esto puede verse en el diagrama de fuerza de la figura 34.

Nota: cabe recalcar que todos los tiempos de los timers en los programas de los 3 PLC's son ajustables para adaptarse a cualquier tipo de motor.

### **3.4. DIAGRAMAS DE FUERZA**

#### **3.4.1. CIRCUITOS DE FUERZA DEL PLC 1**

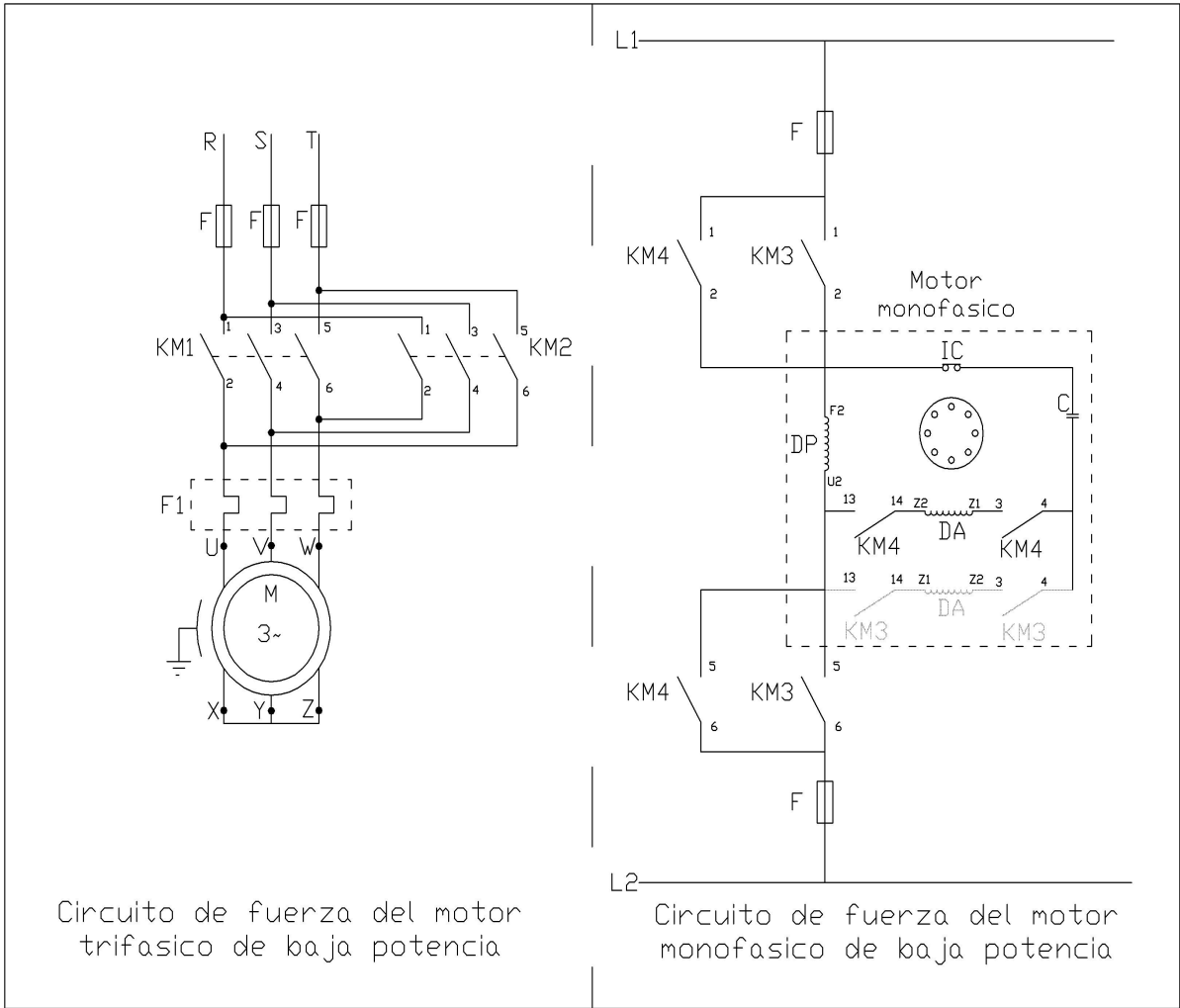


Fig.32. Diagrama de fuerza para motores de baja potencia

### **3.4.2. DIAGRAMA DE FUERZA DEL PLC 2**

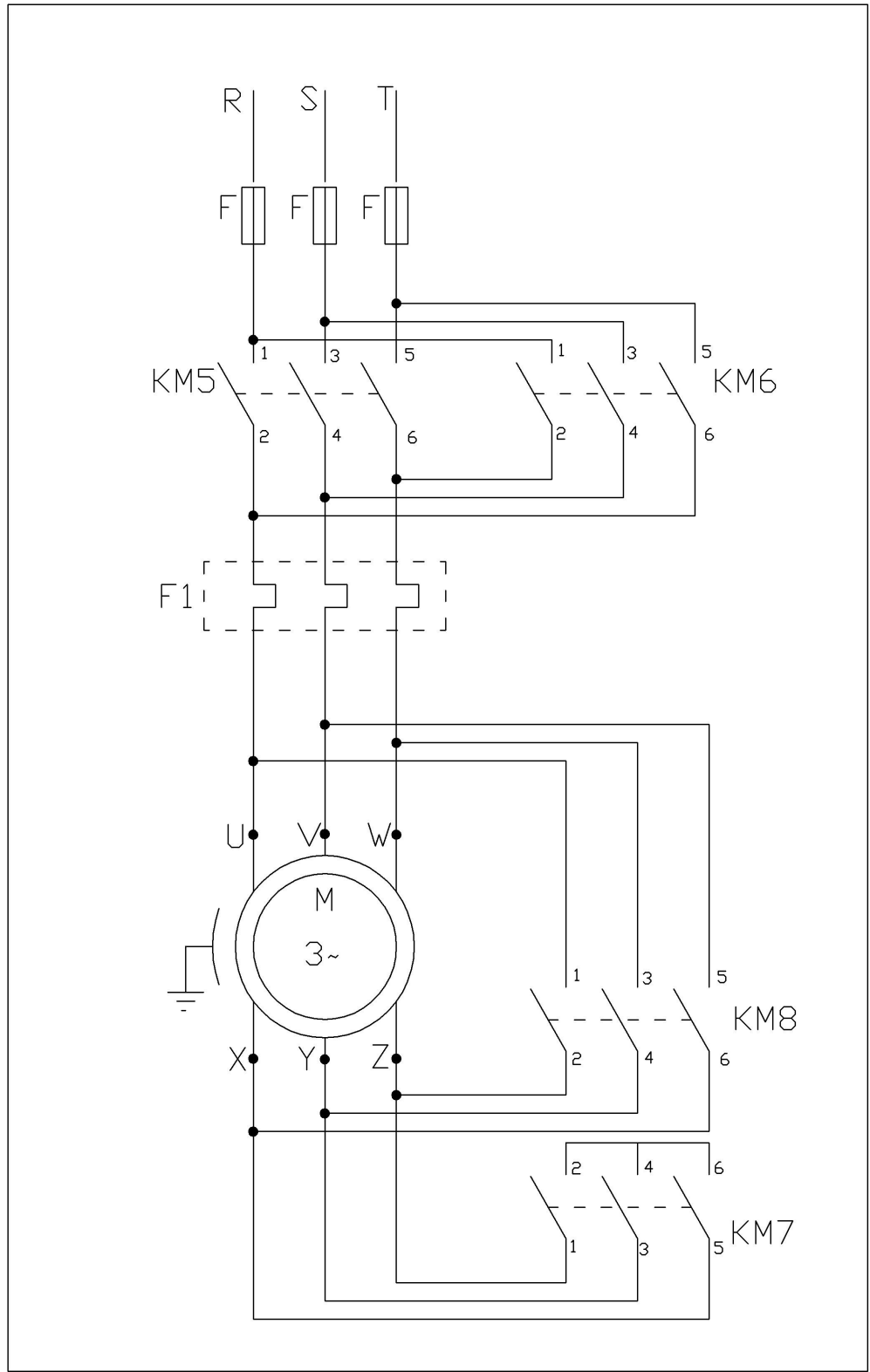


Fig.33. Diagrama de fuerza para motor de alta potencia con arrancador estrella-delta

### 3.4.3. DIAGRAMA DE FUERZA DEL PLC 3

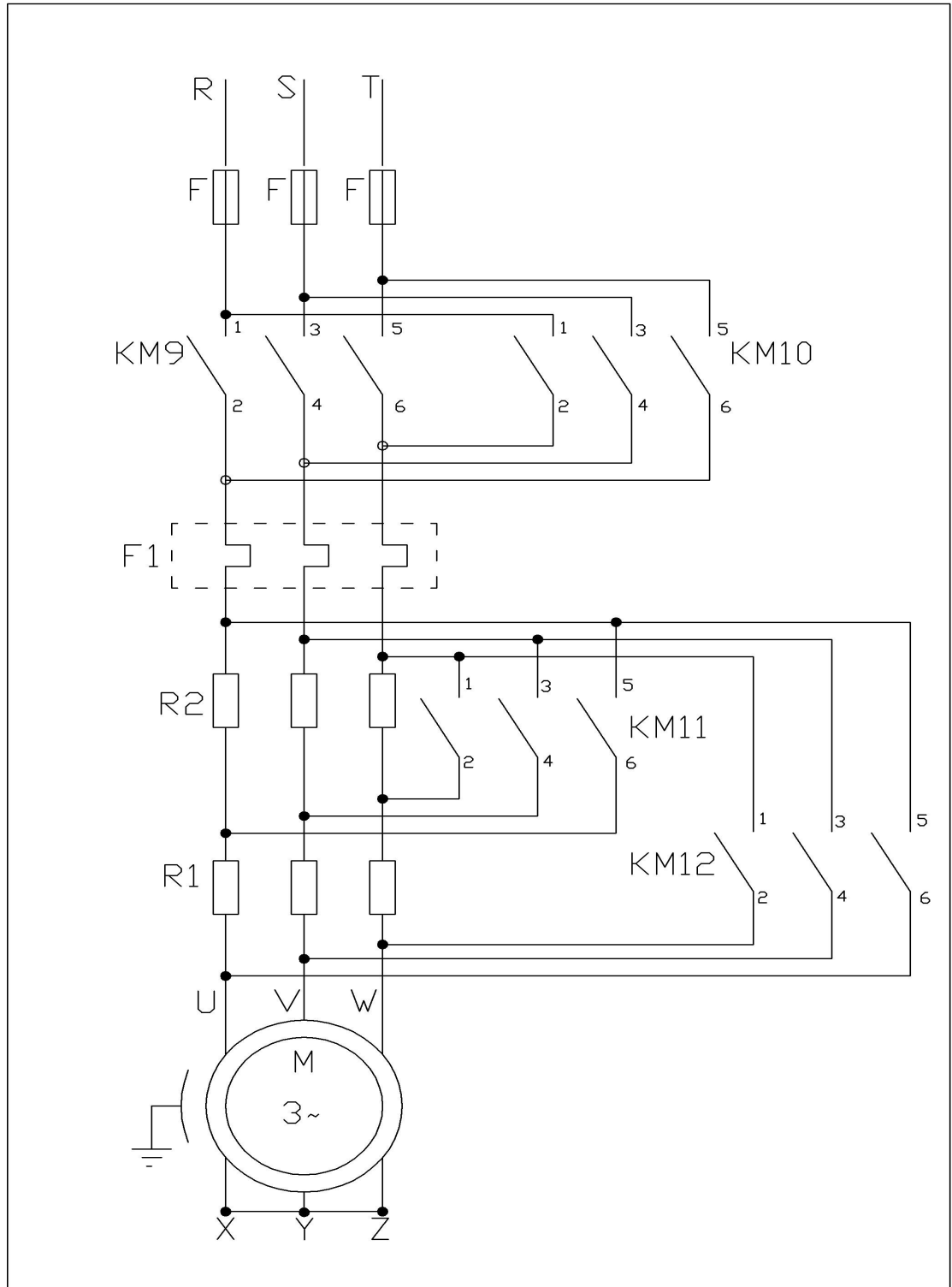


Fig.34. Diagrama de fuerza para motor de alta potencia con arrancador de resistencias estatoricas.

Nota: en los anexos se muestra un plano con todas las conexiones juntas y su respectiva simbología.

## **3.5. CARACTERÍSTICAS DE CONTACTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.**

### **3.5.1. EL CONTACTOR.**

Podemos definir un contactor como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, hidráulicas, etc. Los contactores corrientemente utilizados en la industria son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, y a ellos nos referimos seguidamente.

Un contactor accionado por energía magnética, consta de un núcleo magnético y de una bobina capaz de generar un campo magnético suficientemente grande como para vencer la fuerza de los muelles antagonistas que mantienen separada del núcleo una pieza, también magnética, solidada al dispositivo encargado de accionar los contactos eléctricos.

Así pues, una característica importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia. Según sea el fabricante, dispondremos de una extensa gama de tensiones de accionamiento, tanto en corriente continua como en alterna siendo las más comúnmente utilizadas, 24, 48, 220, y 380. La intensidad y potencia de la bobina, naturalmente dependen del tamaño del contador.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone. El tamaño del contactor también depende de la tensión máxima de trabajo que puede soportar, pero esta suele ser de 660 V. para los contactores de normal utilización en la industria.

Referente a la intensidad nominal de un contactor, sobre catálogo y según el fabricante, podremos observar contactores dentro de una extensa gama, generalmente comprendida entre 5 A y varios cientos de amperios. Esto equivale a decir que los contactores son capaces de controlar potencias dentro de un amplio margen; así, por ejemplo, un contactor para 25 A. conectado en una red bifásica de 380 V. es capaz de controlar receptores de hasta  $380 \times 25 = 9.500$  VA. Y si es trifásica  $3 \times 220 \times 25 = 16.454$  VA. Naturalmente nos referimos a receptores cuya carga sea puramente resistiva ( $\cos \theta = 1$ ), ya que de lo contrario, las condiciones de trabajo de los contactos quedan notablemente modificadas.

Cuando el fabricante establece la corriente característica de un contactor, lo hace para cargas puramente óhmicas y con ella garantiza un determinado número de maniobras, pero si el  $\cos \theta$  de la carga que se alimenta a través del contactor es menor que uno, el contactor ve reducida su vida como consecuencia de los efectos destructivos del arco eléctrico, que naturalmente aumentan a medida que disminuye el  $\cos \theta$ .

Por lo general, los contactores que utilicemos referirán sus características a las recomendaciones C. E. I (Comité Electrotécnico Internacional), que establecen los siguientes tipos de cargas:

AC-1 Para cargas resistivas o débilmente inductivas  $\cos \theta = 0,95$ .

AC-2 Para cargar inductivas ( $\cos \theta = 0.65$ ) .Arranque e inversión de marcha de motores de anillos rozantes.

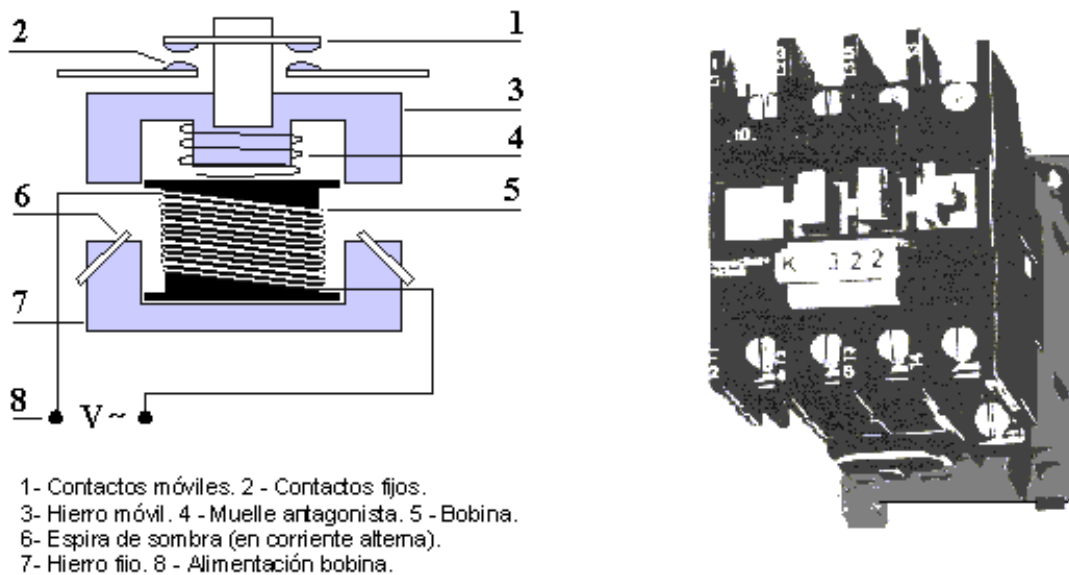
AC-3 Para cargas fuertemente inductivas ( $\cos \theta = 0.35$  a  $0.65$ ). Arranque y desconexión de motores de jaula.

AC-4 Para motores de jaula: Arranque, marcha a impulsos y frenado por inversión.

Prácticamente, la casi totalidad de las aplicaciones industriales, tales como máquinas-herramientas, equipos para minas, trenes de laminación, puentes-grúas, etc., precisan de la colaboración de gran número de motores para realizar una determinada operación, siendo conveniente que puedan ser controlados por un único

operador situado en un "centro de control", desde donde sea posible observar y supervisar todas las partes de la instalación. Esta clase de trabajo no se puede realizar con interruptores o cualquier otro elemento de gobierno que precise de un mando manual directo, debido a que el operador no tendría tiempo material de accionar los circuitos que correspondiesen de acuerdo con las secuencias de trabajo. Estos y otros problemas similares pueden quedar solventados con el uso de contactores montados según un circuito de marcha-paro que es la base de los automatismos eléctricos.

### ➤ DESCRIPCIÓN DEL CONTACTOR.



*Fig.35. Descripción de las partes de un contactor*

### ➤ PARTES DEL CONTACTOR.

#### • CARCAZA.

La carcasa es el elemento en el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor, para lo cual es fabricada en un material no conductor con propiedades como la resistencia al calor, y un alto grado de rigidez. Uno de los más utilizados materiales es la fibra de vidrio pero tiene un inconveniente y es que este material es quebradizo y por lo tanto su manipulación es muy delicada. En caso de quebrarse alguno de los componentes no es recomendable el uso de pegantes.

- **ELECTROIMAN.**

También es denominado circuito electromagnético, y es el elemento motor del contactor. Este está compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en un campo magnético muy intenso mediante el cual se produce un movimiento mecánico aprovechando las propiedades electromagnéticas de ciertos materiales.

- **BOBINA.**

Consiste en un arrollamiento de alambre de cobre con unas características muy especiales con un gran número de espiras y de sección muy delgada para producir un campo magnético. El flujo magnético produce un par magnético que vence los pares resistentes de los muelles de manera que la armadura se puede juntar con el núcleo estrechamente.

- **BOBINA ENERGIZADA CON CA.**

Para el caso cuando una bobina se energiza con corriente alterna, se produce una corriente de magnitud muy alta puesto que solo se cuenta con la resistencia del conductor, ya que la reactancia inductiva de la bobina es muy baja debido al gran entrehierro que existe entre la armadura y el núcleo, esta corriente tiene factor de potencia por consiguiente alto, del orden de 0.8 a 0.9 y es llamada corriente de llamada.

Esta corriente elevada produce un campo magnético muy grande capaz de vencer el par ejercido por los muelles o resorte que los mantiene separados y de esta manera se cierra el circuito magnético uniéndose la armadura con el núcleo trayendo como consecuencia el aumento de la reactancia inductiva y así la disminución de hasta aproximadamente diez veces la corriente produciéndose entonces una corriente llamada corriente de mantenimiento con un factor de potencia más bajo pero capaz de mantener el circuito magnético cerrado.

Para que todo este procedimiento tenga éxito las bobinas deben ser dimensionadas para trabajar con las corrientes bajas de mantenimiento pues si no se acciona el

mecanismo de cierre del circuito magnético la corriente de llamada circulará un tiempo más grande del previsto pudiendo así deteriorar la bobina.

- **BOBINA ENERGIZADA CON CC.**

En este caso no se presenta el fenómeno anterior puesto que las corrientes de llamada y de mantenimiento son iguales. La única resistencia presente es la resistencia de la bobina misma por lo cual las características y la construcción de estas bobinas son muy especiales.

La bobina puede ser energizada por la fuente de alimentación o por una fuente independiente.

- **EL NUCLEO.**

Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético con el fin de atraer la armadura eficientemente. Está construido de láminas de acero al silicio superpuestas y unidas firmemente unas con otras con el fin de evitar las corrientes parásitas.

El pequeño entrehierro entre la armadura y el núcleo se crea con el fin de eliminar los magnetismos remanentes.

Cuando circula una corriente alterna por la bobina es de suponerse que cuando la corriente pasa por el valor cero, el núcleo se separa de la armadura puesto que el flujo también es cero pero como esto sucede 120 veces en un segundo (si la frecuencia es de 60Hz) por lo cual en realidad no hay una verdadera separación pero esto sin embargo genera vibraciones y un zumbido además del aumento de la corriente de mantenimiento; por esto las bobinas que operan con corriente alterna poseen unos dispositivos llamados espiras de sombra las cuales producen un flujo magnético desfasado con el principal de manera que se obtiene un flujo continuo similar al producido por una corriente continua.

- **ARMADURA.**

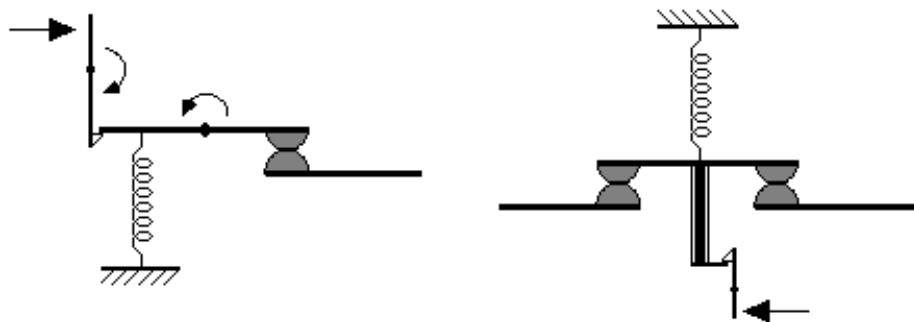
Es un elemento móvil muy parecido al núcleo pero no posee espiras de sombra, su función es la de cerrar el circuito magnético ya que en estado de reposo se encuentra separada del núcleo. Este espacio de separación se denomina entrehierro.

Tanto el cierre como la apertura del circuito magnético suceden en un espacio de tiempo muy corto (10 milisegundos aproximadamente), todo debido a las características del muelle, por esto se pueden presentar dos situaciones.

- ✓ Cuando el par resistente es mayor que el par electromagnético, no se logra atraer la armadura.
- ✓ Si el par resistente es débil no se lograra la separación rápida de la armadura.

Cada una de las acciones de energizar o desenergizar la bobina y por consiguiente la atracción o separación de la armadura, es utilizada para accionar los contactos que obran como interruptores, permitiendo o interrumpiendo el paso de la corriente. Estos contactos están unidos mecánicamente pero son separados eléctricamente.

### • CONTACTOS.



*Fig. 36. Representación gráfica de los contactos internos de un contactor.*

El objeto de estos elementos es permitir o interrumpir el paso de la corriente, son elementos conductores, los cuales se accionan tan pronto se energiza o se desenergiza la bobina por lo que se les denomina contactos instantáneos. Esta función la cumplen tanto en el circuito de potencia como en el circuito de mando.

Los contactos están compuestos por tres partes dos de las cuales son fijas y se encuentran ubicadas en la carcasa y una parte móvil que une estas dos y posee un resorte para garantizar el contacto

Las partes que entran en contacto deben tener unas características especiales puesto que al ser accionados bajo carga, se presenta un arco eléctrico el cual es proporcional a la corriente que demanda la carga, estos arcos producen sustancias que deterioran los contactos pues traen como consecuencia la corrosión, también las características mecánicas de estos elementos son muy importantes.

- **CONTACTOS PRINCIPALES.**

Son los encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente en el circuito principal, es decir que actúa sobre la corriente que fluye de la fuente hacia la carga.

Es recomendable estar verificando la separación de estos que permiten que las partes fijas y móviles se junten antes de que el circuito magnético se cierre completamente, esta distancia se le denomina cota de presión. Esta no debe superar el 50%.

En caso de cambio de los contactos se tienen las siguientes recomendaciones:

- ✓ Cambiar todos los contactos y no solamente el dañado.
- ✓ Alinear los contactos respetando la cota inicial de presión.
- ✓ Verificar la presión de cada contacto con el contactor en funcionamiento.
- ✓ Verificar que todos los tornillos y tuercas se encuentren bien apretados.

Debido a que operan bajo carga, es determinante poder extinguir el arco que se produce puesto que esto deteriora el dispositivo ya que produce temperaturas extremadamente altas, para esto, los contactos se encuentran instalados dentro de la llamada cámara apagachispas, este objetivo se logra mediante diferentes mecanismos.

- Soplado por auto-ventilación: Este dispositivo consiste en dos aberturas, una grande y una pequeña, al calentarse el aire, este sale por la abertura pequeña

entrando aire fresco por la abertura grande y este movimiento de aire hace que se extinga la chispa.

- Cámaras desionizadoras: Estas cámaras consisten en un recubrimiento metálico que actúa como un disipador de calor y por esto el aire no alcanza la temperatura de ionización. Este método suele acompañarse por el soplado por auto-ventilación.
- Transferencia y fraccionamiento del arco: Consiste en dividir la chispa que se produce de manera que es más fácil extinguir chispas más pequeñas. Esto se realiza mediante guías en los contactos fijos.
- Soplo magnético: Este método emplea un campo magnético que atrae la chispa hacia arriba de la cámara aumentando de esta manera la resistencia. Este método suele ir acompañado del soplado por auto-ventilación y debe realizarse en un tiempo no muy largo pero tampoco extremadamente corto.

- **CONTACTOS AUXILIARES.**

Estos son contactos secundarios, se encuentran dimensionados para corrientes muy pequeñas porque estos actúan sobre la corriente que alimenta la bobina del contactor o sobre elementos de señalización.

Dado que en ocasiones deben trabajar con los PLC estos contactos deben tener una confiabilidad muy alta.

Gran parte de la versatilidad de los contactores depende del correcto uso y funcionamiento de los contactos auxiliares. Normalmente los contactos auxiliares son:

- ✓ Instantáneos: Actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor.
- ✓ De apertura lenta: La velocidad y el desplazamiento del contacto móvil es igual al de la armadura.
- ✓ De apertura positiva: Los contactos abiertos y cerrados no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

Sin embargo se encuentran contactores auxiliares con adelanto al cierre o a la apertura y con retraso al cierre o a la apertura. Estos contactos actúan algunos milisegundos antes o después que los contactos instantáneos. Existen dos clases de contactos auxiliares:

- ✓ Contacto normalmente abierto: (NA o NO), llamado también contacto instantáneo de cierre: contacto cuya función es cerrar un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra abierto.
- ✓ Contacto normalmente cerrado: (NC), llamado también contacto instantáneo de apertura, contacto cuya función es abrir un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra cerrado.

### **3.5.2. FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR.**

Cuando la bobina se energiza genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura, con un movimiento muy rápido. Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente de estado.

Existen dos consideraciones que debemos tener en cuenta en cuanto a las características de los contactores:

- ✓ Poder de cierre: Valor de la corriente independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro que sus contactos se suelden.
- ✓ Poder de corte: Valor de la corriente que el contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apagachispas.

Para que los contactos vuelvan a su posición anterior es necesario desenergizar la bobina. Durante esta desenergización o desconexión de la bobina se producen sobre-tensiones de alta frecuencia, que pueden producir interferencias en los aparatos electrónicos.

Desde el punto de vista del funcionamiento del contactor las bobinas tienen la mayor importancia y en cuanto a las aplicaciones los contactos tienen la mayor importancia.

### **3.5.3. CLASIFICACION DE LOS CONTACTORES.**

Los contactores se pueden clasificar de acuerdo con:

- ✓ Por su construcción
- ✓ Contactores electromecánicos: Son aquellos ya descritos que funcionan de acuerdo a principios eléctricos, mecánicos y magnéticos.
- ✓ Contactores estáticos o de estado sólido: Estos contactores se construyen a base de tiristores. Estos presentan algunos inconvenientes como:
  - Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario.
  - La potencia disipada es muy grande (30 veces superior).
  - Son muy sensibles a los parásitos internos y tiene una corriente de fuga importante.
  - Su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

Por el tipo de corriente eléctrica que alimenta la bobina.

- ✓ Contactores para AC.
- ✓ Contactores para DC.

Por los contactos que tiene:

- ✓ Contactores principales.
- ✓ Contactores auxiliares.

Por la carga que pueden maniobrar. Tiene que ver con la corriente que debe maniobrar el contactor bajo carga.

### **3.5.4. CATEGORIA DE EMPLEO.**

Para establecer la categoría de empleo se tiene en cuenta el tipo de carga controlada y las condiciones en las cuales se efectúan los cortes.

Las categorías más usadas en AC son:

- ✓ AC1: Cargas no inductivas (resistencias, distribución) o débilmente inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0.95.
- ✓ AC2: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de anillos.

Al cierre el contactor establece el paso de corrientes de arranque equivalentes a más o menos 2.5 la corriente nominal del motor. A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque, con una tensión inferior o igual a la tensión de la red.

- ✓ AC3: Para el control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito) que se apagan a plena marcha.

Al cierre se produce el paso de corrientes de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. A la apertura corta el paso de corrientes equivalentes a la corriente nominal absorbida por el motor. Es un corte relativamente fácil.

- ✓ AC4: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de jaula.

Al cierre se produce el paso de la corriente de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la corriente nominal del motor. Su apertura provoca el corte de la corriente nominal a una tensión, tanto mayor como tanto mayor es la velocidad del motor. Esta tensión puede ser igual a la tensión de la red. El corte es severo.

En corriente continua se encuentran cinco categorías de empleo: DC1, DC2, DC3, DC4 y DC5.

Un mismo contactor dependiendo de la categoría de empleo, puede usarse con diferentes corrientes.

### **3.5.5. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE UN CONTACTOR.**

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- Potencia nominal de la carga.
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.
- Por la categoría de empleo.

### **3.5.6. VENTAJAS DEL USO DE LOS CONTACTORES.**

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cual es recomendable su utilización.

- Automatización en el arranque y paro de motores.
- Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones.
- Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.
- Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, presóstatos, temporizadores, etc.
- Ahorro de tiempo al realizar maniobras prolongadas.

### **3.5.7. CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS CONTACTORES.**

Cuando un contactor no funciona o lo hace en forma deficiente, lo primero que debe hacerse es revisar el circuito de mando y de potencia (esquemas y montaje), verificando el estado de los conductores y de las conexiones, porque se pueden presentar falsos contactos, tornillos flojos etc.

Además de lo anterior es conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos en cada una de las partes que componen el contactor:

### **3.5.8. DETERIORO EN LA BOBINA.**

- La tensión permanente de alimentación debe ser la especificada por el fabricante con un 10% de tolerancia.
- El cierre del contactor se puede producir con el 85% de variación de la tensión nominal y la apertura con el 65%.
- Cuando se producen caídas de tensión frecuentes y de corta duración, se pueden emplear retardadores de apertura capacitivos.
- Si el núcleo y la armadura no se cierran por completo, la bobina se recalentará hasta deteriorarse por completo, por el aumento de la corriente de mantenimiento.

### **3.5.9. DETERIORO EN EL NUCLEO Y ARMADURA.**

Cuando el núcleo y la armadura no se juntan bien y/o se separan, produciendo un campo electromagnético ruidoso, es necesario revisar:

- La tensión de alimentación de la bobina: si es inferior a la especificada, generará un campo magnético débil, sin la fuerza suficiente para atraer completamente la armadura.
- Los muelles, ya que pueden estar vencidos por fatiga del material, o muy tensos.

- La presencia de cuerpos extraños en las superficies rectificadas del núcleo y/o armadura. Estas superficies se limpian con productos adecuados (actualmente se fabrican productos en forma de aerosoles). Por ningún motivo se deben raspar, lijar y menos limar.

### **3.5.10. DETERIORO EN LOS CONTACTOS.**

Cuando se presenta un deterioro prematuro es necesario revisar:

- Si el contactor corresponde a la potencia nominal del motor, y al número y frecuencia de maniobras requerido.
- Cuando la elección ha sido la adecuada y la intensidad de bloqueo del motor es inferior al poder de cierre del contactor, el daño puede tener origen en el circuito de mando, que no permite un correcto funcionamiento del circuito electromagnético.
- Caídas de tensión en la red, provocadas por la sobre-intensidad producida en el arranque del motor, que origina pérdida de energía en el circuito magnético, de tal manera que los contactos, al no cerrarse completamente y carecer de la presión necesaria, acaban por soldarse.
- Cortes de tensión en la red: al reponerse la tensión, si todos los motores arrancan simultáneamente, la intensidad puede ser muy alta, provocando una caída de tensión, por lo cual es conveniente colocar un dispositivo, para espaciar los arranques por orden de prioridad.
- Micro-cortes en la red: cuando un contactor se cierra nuevamente después de un micro-corte (algunos milisegundos), la fuerza contra-electromotriz produce un aumento de la corriente pico, que puede alcanzar hasta el doble de lo normal, provocando la soldadura de algunos contactos y un arco eléctrico, entre otros problemas. Este inconveniente puede eliminarse usando un contacto temporizado, que retarde dos o tres segundos el nuevo cierre.
- Vibración de los contactos de enclavamiento, que repercute en el electroimán del contactor de potencia, provocando cierres incompletos y soldadura de los contactos.

### **3.6. ELEMENTOS AUXILIARES DE MANDO.**

#### **3.6.1. DESCRIPCION Y DEFINICION DE LOS ELEMENTOS AUXILIARES DE MANDO.**

Son aparatos con funciones similares a la de los pulsadores, pero que a diferencia de estos, no son accionados por el operario sino por otros factores, como presión, tiempo, luz, acción mecánica, campos magnéticos, temperatura etc. Dentro del diagrama general de un automatismo eléctrico, se ubican en las etapas de detección y de tratamiento.

Los elementos usados en la etapa de detección, tienen las mismas aplicaciones e importancia en los automatismos electrónicos. Como en el caso de los pulsadores, únicamente trataremos aquellos que tienen un uso más frecuente y generalizado en los procesos industriales actuales.

### **3.7. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN**

#### **3.7.1. PROTEGIENDO MOTORES TRIFASICOS**

Proteger los motores trifásicos, se ha vuelto una necesidad imperativa para los usuarios y/o propietarios de los mismos. Ello debido a las pérdidas económicas que implican la reparación o reposición del motor dañado y las asociadas al servicio que dejaron de prestar estando fuera de operación.

La protección de un motor trifásico debe de contemplar problemas asociados a voltajes y al consumo de corriente. Para ello, se requieren de dispositivos que estén en capacidad de supervisar los valores de voltaje y de las corrientes, con que opera el motor.

Muchos dispositivos en el mercado ofrecen protección de motores trifásicos, la oferta es amplia y contempla desde los clásicos relés térmicos de sobrecarga, los supervisores electrónicos de voltaje, los relés electrónicos de sobrecarga, hasta las últimas tecnologías de protecciones integrales y las protecciones totales para motores trifásicos. Las dos últimas ofrecen protección al motor procesando

digitalmente los valores de las corrientes, de los voltajes y de la temperatura del motor simultáneamente.

### **3.7.2. RELÉS TÉRMICOS DE SOBRECARGA**

Generalmente la protección más utilizada en las aplicaciones de motores trifásicos es el relé térmico de sobrecarga. A través de él fluyen las corrientes que consume el motor, calentándose y enfriándose de igual manera que este. Para ello, hacen uso de unas resistencias calentadoras por las que fluyen las corrientes del motor. Si el calor acumulado en las resistencias es mayor o igual al máximo permitido, un contacto asociado a estas, se dilatará por efecto del calor y desenergizará al motor. En ese momento, el relé térmico comenzará a enfriarse y cuando el calor remanente llegue a un nivel seguro, energizará nuevamente al motor. Por lo general los relés térmicos de sobrecarga poseen un selector, que permite programar su rearme de manera manual o automática.

Proteger un motor trifásico exclusivamente con un relé térmico de sobrecarga, es un error en el que incurren muchos profesionales electrotécnicos con consecuencias desastrosas. Estos relés, tan solo actúan en función del calor acumulado producto de las corrientes que fluyen por ellos, siendo incapaces de tomar en cuenta el sobrecalentamiento que provoca al motor el desbalance de voltaje.

Adicionalmente en condiciones de fallas de voltaje sostenidas en el tiempo, del tipo bajo voltaje, sobrevoltaje o pérdida de una fase, los relés térmicos de sobrecarga, estando programados para en rearme automático, presentarán un desempeño poco satisfactorio. En estas condiciones, desconectarán el motor cuando el calor acumulado innecesariamente supere o iguale al máximo permitido. Una vez que el motor este frío, el relé térmico de sobrecarga se rearmará automáticamente y energizará al motor. Al ser la falla de voltaje sostenida en el tiempo, el relé térmico nuevamente se calentará hasta desconectar al motor, para posteriormente enfriarse y volver a energizarlo. Así este dispositivo de protección, entrará en un ciclo indefinido de maniobras de parada y arranque que dañará al motor de manera irreversible.

De igual manera que en el caso anteriormente descrito, de presentarse una sobrecarga mecánica sostenida en el tiempo, los relés térmicos de sobrecarga

entraran en ciclo indefinido de paradas y arranques, dañándose el motor supuestamente protegido.

Estando un relé térmico de sobrecarga sometido a un ciclo continuo de calentamiento y enfriamiento, producto de una falla sostenida en el tiempo, en muy poco tiempo estará descalibrado y su capacidad de protección se vera severamente afectada.

### **3.8. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS JAULA DE ARDILLA Y MONOFÁSICOS DE FASE PARTIDA.**

Estos motores provienen de los motores polifásicos de [inducción](#). Suponiendo que un [motor](#) de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con el voltaje nominal de las terminales de línea de su estator desarrollará un par de arranque que hará que aumente la [velocidad](#). Al aumentar la velocidad a partir del reposo (100% de deslizamiento) disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta que se desarrolla un par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al [valor](#) de desplazamiento que produce el par máximo, en ambos exceden el par de la carga, por lo tanto la velocidad del motor aumentará hasta que el valor de desplazamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esa velocidad y el valor de [equilibrio](#) del desplazamiento, hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

La [característica](#) esencial que distingue a una máquina de inducción de los demás [motores eléctricos](#) es que las corrientes secundarias son creadas únicamente por inducción. Cuando se desarrolló por primera vez el rotor de doble jaula de ardilla se creo tal variedad y adaptabilidad en el [diseño](#) de rotores para motores de inducción que ha llevado a diversas características de curva deslizamiento – par.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Eléctricl Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un [sistema](#) de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo

con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la [construcción](#) eléctrica y [mecánica](#) el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la siguiente tabla:

Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Los voltajes citados son para el voltaje nominal en el arranque.

### 3.8.1. MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE A

El motor clase A es un motor de jaula de ardilla normal o estándar fabricado para uso a velocidad constante. Tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de [calor](#), y barras con ranuras [ondas](#) en el motor. Durante el periodo de arranque, la [densidad](#) de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad. Esta diferencia origina algo de alta [resistencia](#) y baja reactancia de arranque, con lo cuál se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal ( a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor producen una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal. Tiene la mejor regulación de velocidad pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes de corriente que sean indeseables.

### **3.8.2. MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA CLASE B**

A los motores de clase B a veces se les llama motores de propósito general; es muy parecido al de la clase A debido al [comportamiento](#) de su deslizamiento-par. Las ranuras de su motor están embebidas algo más profundamente que en los motores de clase A y esta mayor profundidad tiende a aumentar la reactancia de arranque y la marcha del rotor. Este aumento reduce un poco el par y la corriente de arranque.

Las corrientes de arranque varían entre 4 y 5 veces la corriente nominal en los tamaños mayores de 5 HP se sigue usando arranque a voltaje reducido. Los motores de clase B se prefieren sobre los de la clase A para tamaños mayores.

Las aplicaciones típicas comprenden las [bombas](#) centrífugas de impulsión, las [máquinas herramientas](#) y los sopladores.

### **3.8.3. MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE C**

Estos motores tienen un rotor de doble jaula de ardilla, el cual desarrolla un alto par de arranque y una menor corriente de arranque.

Debido a su alto par de arranque, acelera rápidamente, sin embargo cuando se emplea en grandes cargas, se limita la disipación térmica del motor por que la mayor parte de la corriente se concentra en el devanado superior.

En condiciones de arranque frecuente, el rotor tiene tendencia a sobre calentarse se adecua mejor a grandes cargas repentinas pero de tipo de baja inercia.

Las aplicaciones de los motores de clase C se limitan a condiciones en las que es difícil el arranque como en bombas y [compresores](#) de pistón

### **3.8.4. MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA CLASE D**

Los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla clase D se conocen también como de alto par y alta resistencia.

Las barras del rotor se fabrican en aleación de alta resistencia y se colocan en ranuras cercanas a la superficie o están embebidas en ranuras de pequeño diámetro. La relación de resistencia a reactancia del rotor de arranque es mayor que en los motores de las clases anteriores.

El motor está diseñado para [servicio](#) pesado de arranque, encuentra su mayor aplicación con cargas como cizallas o troqueles, que necesitan el alto par con aplicación a carga repentina la regulación de velocidad en esta clase de motores es la peor.

### **3.8.5. MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA DE CLASE F**

También conocidos como motores de doble jaula y bajo par. Están diseñados principalmente como motores de baja corriente, porque necesita la menor corriente de arranque de todas las clases. Tiene una alta resistencia del rotor tanto en su devanado de arranque como en el de marcha y tiende a aumentar la impedancia de arranque y de marcha, y a reducir la corriente de marcha y de arranque.

El rotor de clase F se diseño para remplazar al motor de clase B. El motor de clase F produce pares de arranque aproximadamente 1.25 veces el par nominal y bajas corrientes de arranque de 2 a 4 veces la nominal. Los motores de esta clase se fabrican de la capacidad de 25 hp para servicio directo de la línea. Debido a la resistencia del rotor relativamente alta de arranque y de marcha, estos motores tienen menos regulación de voltaje de los de clase B, bajan capacidad de sobrecarga y en general de baja [eficiencia](#) de funcionamiento. Sin embargo , cuando se arrancan con grandes cargas, las bajas de corrientes de arranque eliminan la necesidad de equipo para voltaje reducido, aún en los tamaños grandes.

### **3.8.6. SELECCIÓN DE VELOCIDADES NOMINALES DE MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA O DE ROTOR DEVANADO.**

Dado que el deslizamiento de la mayor parte de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla, a la velocidad nominal en general de alrededor de un 5% , no se pueden alcanzar velocidades mayores a 3600 r.p.m. A 60 Hz, las velocidades son muy múltiplos de los inversos del números de polos en el estator: 1800, 1200, 900, 720 r.p.m. Etc. En general, se prefieren los motores de alta velocidad a los de baja velocidad, de la misma potencia y voltaje, debido a que:

- Son de tamaño menor y en consecuencia de menor peso
- Tienen mayor par de arranque
- Tienen mayores eficiencias
- A la carga nominal, tienen mayores factores de potencia
- Son menos costosos.

Por estas razones se suele dotar de cajas de engranes o embrague a los motores de inducción de jaula de ardilla para permitir velocidades de eje de cerca sobre 3600 r.p.m. y por debajo de 200 r.p.m. En muchos usos o aplicaciones comerciales particularmente en capacidades de menor potencia, la caja de engranes o de embrague va incorporada en la caja del motor, formando unidad integral con este.

## **CAPÍTULO 4**

### **4. ANÁLISIS DEL PROTOTIPO Y EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO**

El prototipo surge del problema de controlar motores de forma remota, es decir que el operador de los motores puede operar los motores desde un radio de 100 metros, una forma con la cual se soluciona este problema ha sido la implementada en este documento, el cual consiste de las partes antes mencionadas. En esta parte del documento se explicará el circuito electrónico y eléctrico.

El circuito electrónico consiste de dos partes que son:

1. Circuito transmisor
2. Circuito receptor

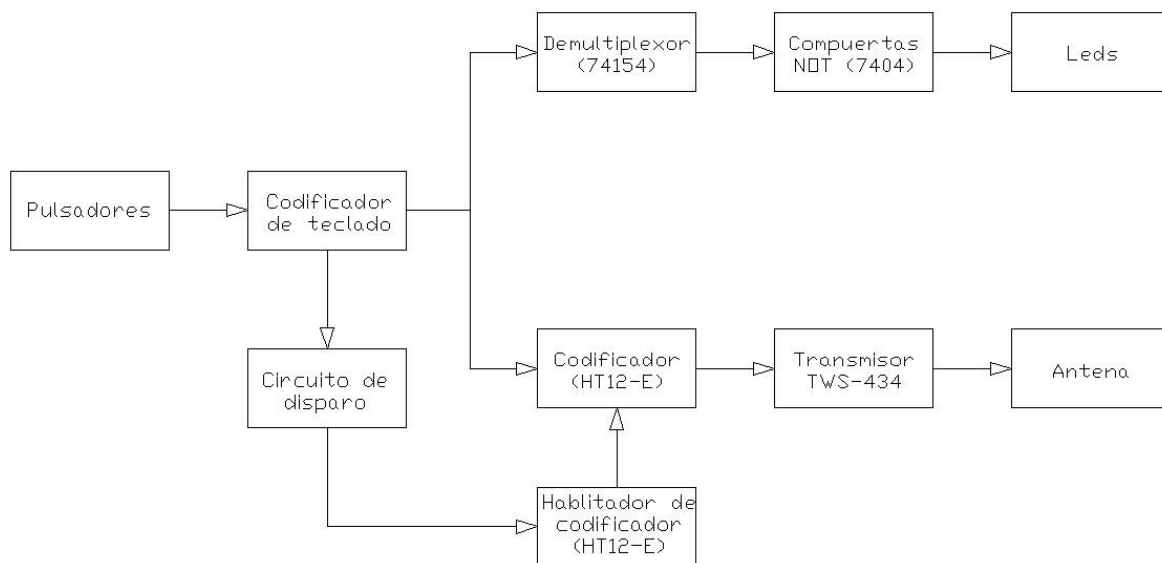
#### **4.1. CIRCUITO TRANSMISOR**

Este circuito consta de los siguientes dispositivos:

1. 74c923
2. 74154
3. TWS-434

4. HT-12E
5. 7404
6. Led's
7. Pulsadores
8. Resistencias de 330Ω
9. Antena

A continuación se explicara etapa por etapa de cómo funciona el circuito transmisor, con lo cual se ha elaborado un diagrama de bloques (figura 37) para comprender de mejor manera el funcionamiento del transmisor.



*Fig. 37. Diagrama de bloques del circuito transmisor*

La explicación del diagrama de bloques debe entenderse de izquierda a derecha.

En primer lugar se encuentra una serie de 14 pulsadores conectados al codificador de teclado (74c922, para mayor información de este integrado puede verse su hoja técnica en los anexos) de los cuales 12 sirven para controlar los diferentes motores y 2 están como reserva previendo algún fallo de los 12 pulsadores o bien como una posibilidad de agregar más funciones o motores, estos pulsadores lo que hacen es

unir ciertos pines del codificador de teclado con lo cual se logra que en la salida de este codificador se obtenga un determinado código binario, y cabe decir que el código binario dependerá de la unión de los pines del codificador (para mayor detalle ver la hoja técnica). Al hacer la combinación de pines no solo se logra un código binario sino que también este codificador nos da una señal de habilitación para el mismo codificador de teclado, la cual a la vez se aprovecha para introducirla en nuestro circuito de disparo, donde este circuito de disparo consiste en dos resistencias, un capacitor y un diodo, con lo cual logramos que el codificador HT12-E solamente envíe datos al presionar un pulsador, con lo cual evitamos que el circuito esté gastando energía inútilmente y aumentando la vida de la batería que lo alimenta.

Al obtener el código binario del codificador de teclado éste se utiliza de dos formas, las cuales son la de proporcionarnos un esquema visual de qué función se está enviando al receptor para que este manipule un determinado motor que se requiera controlar. La segunda forma de utilización es la de enviar este código binario y que el receptor la interprete para así poder realizar una función o controlar un motor determinado.

El código binario que llega al demultiplexor (74154), hace que este deshabilite una salida, obteniendo así un cero lógico, lo cual hace que se active una salida de la compuerta NOT (7404) para que así se pueda visualizar por medio de un led la acción que estamos ejecutando con el pulsador.

Por otro lado el código binario recibido en el codificador HT12-E sirve para que este se codifique y se envíe en una sola salida hacia el transmisor TWS-434.

#### **4.1.1. DESEMPEÑO**

El transmisor tuvo un desempeño que cumple con lo planteado en el anteproyecto, el cual logro un alcance de transmisión de 100mts que era lo que se planteo desde un principio. En las pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes datos:

Datos prácticos tomados durante las pruebas del transmisor	
Datos tomados en estado de reposo	Datos tomados en funcionamiento
V=8.08V; I=65.05mA	V=8.04V; I=72.95mA

*Tabla 2. Mediciones eléctricas del transmisor.*

Por lo tanto la potencia disipada por el circuito en estado de reposo es de 0.5256W y una potencia disipada en funcionamiento de 0.5865W

En la fig. 38 se puede ver una foto de la prueba de alcance realizada en la Universidad Don Bosco.



*Fig. 38. Foto de la prueba de alcance realizada en la Universidad Don Bosco*

Nota: La prueba se realizó entre el edificio 4 y los parqueos de la Universidad Don Bosco.

## 4.2. CIRCUITO RECEPTOR

El circuito consta de los siguientes elementos:

1. RWS 434
2. Antena
3. Demultiplexor (74154)
4. Compuertas NOT (7404)
5. Led's
6. Relés
7. Transistores
8. Resistencias de  $10k\Omega$  y  $330\Omega$
9. Diodos

A continuación se explicara etapa por etapa de cómo funciona el circuito transmisor, con lo cual se ha elaborado un diagrama de bloques (figura 39) para comprender de mejor manera el funcionamiento del transmisor

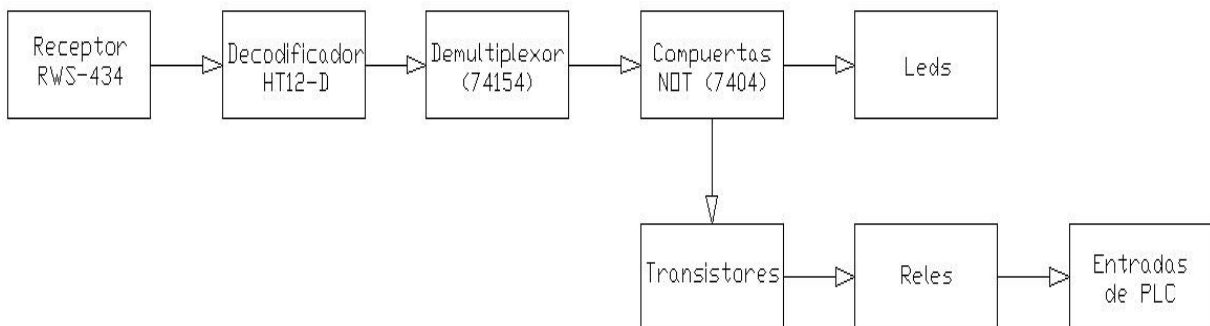


Fig. 39. Diagrama de bloques del circuito receptor

La explicación del diagrama de bloques debe entenderse de izquierda a derecha

El circuito receptor (RWS-434) al obtener la señal enviada por el transmisor, le envía la señal al decodificador HT12-D para que este la convierta en el código binario que se envió en un principio en el transmisor. Al obtener este código binario, que sirve para seleccionar una de las salidas del demultiplexor (74154), pero debido a que las salidas del demultiplexor son negadas se necesita de compuertas NOT (7404) para obtener una señal con uno lógico, la cual sirve para los led's que indican cual fue la orden enviada por el transmisor y a la vez envía un voltaje a la base de un transistor para que este conmute la bobina de un relé, el cual tiene en su contacto normalmente abierto una señal de AC que le sirve al PLC para que el programa de este pueda funcionar y así controlar los motores, mediante su circuito de potencia.

#### 4.2.1. DESEMPEÑO

El receptor tuvo un desempeño que cumple con lo planteado en el anteproyecto, el cual logro un alcance de recepción de 100mts que era lo que se planteo desde un principio. En las pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes datos:

Datos prácticos tomados durante las pruebas del receptor	
Datos tomados en estado de reposo	Datos tomados en funcionamiento
V=9.9V; I=68mA	V=9V; I=130mA

*Tabla 3. Mediciones del receptor.*

Por lo tanto la potencia disipada por el circuito en estado de reposo es de 0.6732W y una potencia disipada en funcionamiento de 0.117W

### 4.3. PRUEBAS DEL PROTOTIPO

Cuando se utilizan autómatas programables es necesario seguir ciertos pasos que se detallan a continuación en el documento, con el fin de evitar que haya cortocircuitos, falsos contactos, o cualquier problema que pudiese surgir a la hora de probar el prototipo.

Las pruebas que se hicieron antes de conectar la parte electrónica con la de etapa de potencia fueron las siguientes:

1. Verificar que todos los componentes estén en el lugar que les corresponde, perfectamente conectados.
2. Comprobar que es correcta la instalación de las conexiones a periféricos (a la computadora personal).
3. Comprobar que las conexiones de las entradas y las salidas están bien sujetas, tanto en los módulos de E/S como en los captadores y actuadores (pulsadores y contactores), y que el conexionado es correcto.
4. Teniendo al Autómata programable en la posición de STOP o PARO, suministrar tensión
  - a. Comprobar que los indicadores de diagnóstico no indiquen nada anómalo.
  - b. Confirmar que funcionan correctamente los paros de emergencia.
  - c. Activar manualmente las entradas una a una, comprobando, mediante los diodos LED presentes en los módulos de entradas (en el caso de LOGO! Se puede colocar un programa que no active las salidas para comprobar esto) que el autómata reconoce la señal.
5. Para verificar las salidas, antes hay que quitar la alimentación a aquellas cargas que puedan provocar situaciones de riesgo; con el equipo en RUN o MARCHA, habrá que comprobar mediante, el forzado de salidas, que estas se activan. (En el caso de LOGO! se puede colocar un programa sencillo que active las salidas mediante las teclas de cursor).
6. Después de realizar todas estas comprobaciones, se debe grabar el programa en la memoria del CPU, y aplicar tensión al sistema; se hacen pruebas de funcionamiento, corrigiendo los pequeños errores que puedan surgir. Es

conveniente que estas pruebas sean por zonas y no globales, para facilitar la localización de estos problemas.

Para la parte de fuerza también fue necesaria una prueba de dispositivos para evitar cortocircuitos y/o fallas que pudiesen dañar la parte electrónica a la hora de acoplar ambas partes, dichas pruebas se mencionan a continuación:

1. Se verificó el correcto estado de las bobinas de todos los contactores
2. Se verificó la continuidad de todos los contactos de todos los contactores
3. Se verificó manualmente el encendido y correcto funcionamiento de todos los motores

Después de haber hecho todas las pruebas antes mencionadas se procedió a conectar la parte electrónica con la parte de fuerza del prototipo, dando como resultado la siguiente tabla de comprobación:

Botón del control remoto	KM 1	KM 2	KM 3	KM 4	KM 5	KM 6	KM 7	KM 8	KM 9	KM 10	KM 11	KM 12	M 1	M 2	M 3	M 4
1	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
5	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
7	x	x	X	x	1	x	2	3	x	x	x	x	x	x	x	x
8	x	x	X	x	x	1	2	3	x	x	x	x	x	x	x	x
9	x	x	X	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x
10	x	x	X	x	x	x	x	x	1	x	2	3	x	x	x	x
11	x	x	X	x	x	x	x	x	x	1	2	3	x	x	x	x
12	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
13	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
14	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X

Tabla 4. Pruebas realizadas al prototipo en funcionamiento.

	Indica encendido de contactor, si tiene numeración, la numeración indica la secuencia de encendido
	indica paro de contactor y/o motor
	Inicia giro de motor en sentido horario
	inicia giro de motor en sentido anti horario

Todas estas pruebas pueden verse en un video que se tomó a la hora de hacer todas estas verificaciones, el video está adjunto al final de este trabajo en un disco compacto.

#### 4.4. PRESUPUESTO

Cantidad	Producto	Precio unitario	Total
1	Módulo TWS-434A 433MHz RF	\$8.50	\$8.50
1	Módulo RWS-434 433MHz RF	\$8.50	\$8.50
2	Whip Antenna 434MHz, 50-Ohm	\$9.00	\$18.00
1	HT-12E 4-Bit Encoder IC	\$1.90	\$1.90
1	HT-12D 4-Bit Decoder IC	\$1.90	\$1.90
3	Fabricación de circuitos impresos	\$10.00	\$30.00
14	Relés	\$0.94	\$13.16
2	Demultiplexores (74154)	\$1.89	\$3.78
2	Reguladores de voltaje (7805)	\$0.45	\$0.90
14	Resistencias de 10k $\Omega$ , 1/4W	\$0.25	\$3.50

29	Leds	\$0.15	\$4.35
14	Diodos (1N4148)	\$0.28	\$3.92
5	Bases de 14 pines	\$0.34	\$1.70
14	Transistores (2N3904)	\$0.46	\$6.44
2	Bases de 18 pines	\$0.34	\$0.68
6	Compuertas NOT (7404)	\$1.00	\$6.00
2	Capacitores de 0.33 $\mu$ f	\$0.28	\$0.56
2	Capacitores de 0.1 $\mu$ f	\$0.16	\$0.32
29	Resistencias de 330 $\Omega$ , 1/4W	\$0.25	\$7.25
14	Pulsadores	\$0.25	\$3.50
12	Contactores	\$45.00	\$540.00
4	Guardamotors	\$60.00	\$240.00
1	Decodificador 74c922	\$2.35	\$2.35
3	PLC Logo	\$100.00	\$300.00
-	Mano de obra	-	\$1,200.00
-	Importación de materiales	-	\$25.00
Total			\$2,432.21

Materiales a suministrar a la UDB

Cantidad	Producto
3	PLC
12	Contactores
4	Guarda motor
1	Osciloscopio
4	Pulsadores
1	Codificador de teclado (74922)

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Se eligió este transmisor (TWS-434) debido a su simplicidad de uso y su rango de alcance, además cumplía con los requerimientos necesarios para el circuito transmisor, como lo es el costo, tamaño, desempeño, voltaje de operación, corriente de operación, alcance de transmisión, frecuencia de transmisión en una banda libre según la SIGET, etc.

5.1.2. Se creó un prototipo inalámbrico eléctrico-electrónico para motores de inducción que es capaz de controlar las funciones básicas de un grupo de motores de baja y alta potencia.

5.1.3. El prototipo inalámbrico eléctrico–electrónico es capaz de realizar una interfaz humano-máquina para se puedan controlar los grupos de motores simultáneamente desde una distancia máxima de 100 con línea vista y una distancia máxima de 70 con obstáculos entre el transmisor y receptor.

5.1.4. Se verificó el correcto acoplamiento de la parte electrónica con la parte de fuerza del prototipo.

5.1.5. El proyecto ha quedado en una situación de buena estabilidad, el prototipo es funcional sin dejar de ser un prototipo. Se dejan documentos y recomendaciones para continuar con su evolución.

5.1.6. El prototipo está diseñado para cumplir con todas las funciones básicas de los 4 motores implementados, sin embargo, se ha dejado una reserva de 2 funciones extras, las cuales pueden ser utilizadas en caso de que alguna de las funciones asignadas a cualquier motor pudiese fallar. Estas dos funciones de reserva también pueden servir para controlar otro motor o máquina, claro que con la respectiva modificación de los programas de los PLC o bien en la implementación de otro PLC o bien agregando módulos de expansión a cualquier PLC.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

5.2.1. Se pueden obviar las compuertas NOT tanto en el trasmisor como en el receptor, al poner invertidos los led's y conectándolos a +V de esta manera

cuando se seleccione una salida del demultiplexor este tendrá un voltaje de 0V, con lo cual funciona como tierra para que el led pueda encender.

5.2.2. Se debe considerar un precio menor del prototipo debido a los materiales suministrados por la Universidad Don Bosco, ya que hubiese sido más barato hacer todo con un solo relé programable LOGO! y añadirle módulos de expansión para controlar todos los motores.

5.2.3. Se recomienda hacer pruebas individuales de los diferentes dispositivos que conforman el prototipo, debido a que es más fácil encontrar fallas en pequeñas partes a buscarlas cuando todo el sistema está armado.

## **6. FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **6.1. BIBLIOGRAFÍA**

- Hojas técnicas.
- Material proporcionado en clases.
- Rashid, Muhammad H. Circuitos microelectrónicos, análisis y diseño. International Thomson editoresA. 2000.
- Savant, J.C. Diseño Electrónico”.Adisson Wesley 2ª. Edición México 1992.
- Rashid, Muhammad H. “Electrónica de Potencia, Circuitos Dispositivos y Aplicaciones”.Prentice-Hall. Hispanoamerica. 1995.
- CONTROLES Y AUTOMATISMOS ELECTRICOS, Teoría y prácticas, Luís Flower Leiva, Séptima edición, Panamericana Formas e Impresiones SA. 2001 páginas 21-42.
- LOGO! Manual Edición 3. SIEMENSAG 1996.
- -Boylestad, Robert, Electrónica, teoría de circuitos, sexta edición. Edit. Prentice-Hall hispanoamericana,S. A. 1997.

### **6.2. SITIOS WEB**

- Remote Control, [http://www.rentron.com/rf\\_remote\\_control.htm](http://www.rentron.com/rf_remote_control.htm); Última revisión 21/08/08
- **Contactores y elementos auxiliares de mando**  
[www.bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/Tema4/4-1](http://www.bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/Tema4/4-1); Última revisión 11/05/08
- Control Remoto RF 433.92 MHZ Usando los módulos TWS-434 y RWS-434,  
Carlos A. Narváez V. [www.bolivar.udo.edu.ve/microinternet](http://www.bolivar.udo.edu.ve/microinternet), última revisión 21/08/08.

# 7. ANEXOS

## Programación de PLC LOGO.



Siemens desarrollo el PLC LOGO! el cual permitía con un juego de entradas/salidas reducido programarlo de forma fácil.

LOGO! es un producto diseñado para un mercado muy amplio, apto para solucionar problemas de control en múltiples áreas, como son industriales, domésticos, oficinas, etc.

LOGO! es un módulo lógico universal de Siemens.

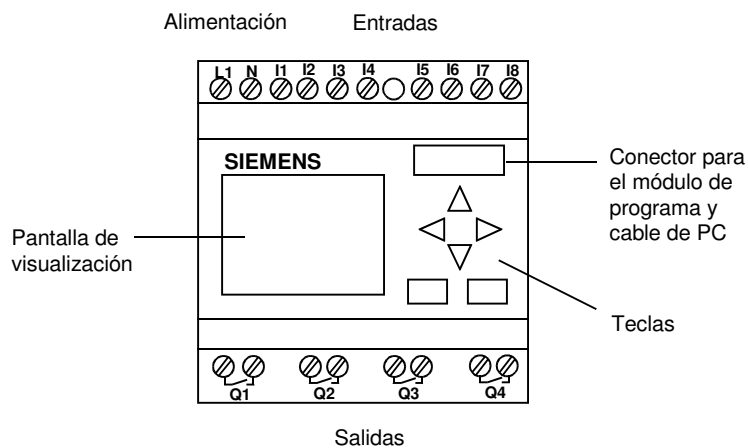
Tiene integrados en  $72 \times 90 \times 55$  mm:

- Control
- Unidad de operación y visualización con luz de fondo
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de aplicación
- Interfaz para módulo de programa (Card) y cable de PC
- Ciertas funciones comunes en la práctica, p. ej. para activación/desactivación temporizada, relés de corriente, interruptor de software y relés de impulsos
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo
- Diseñado para un mercado muy amplio: la industria, el hogar, oficinas, etc.
- Se le puede programar sin más accesorios y sin mayores conocimientos de un lenguaje de programación.

Mediante LOGO! se solucionan necesidades en la técnica de instalaciones en edificios (p. ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc.) y en la construcción de máquinas y aparatos (p. ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua residuales, etc.)

LOGO! está certificado según UL, CSA y FM. LOGO! lleva el símbolo CE, cumple las normas VDE 0631 y TEC 1 131 y cuenta con supresión de radiofrecuencias según EN 55011 (clase de valor límite B).

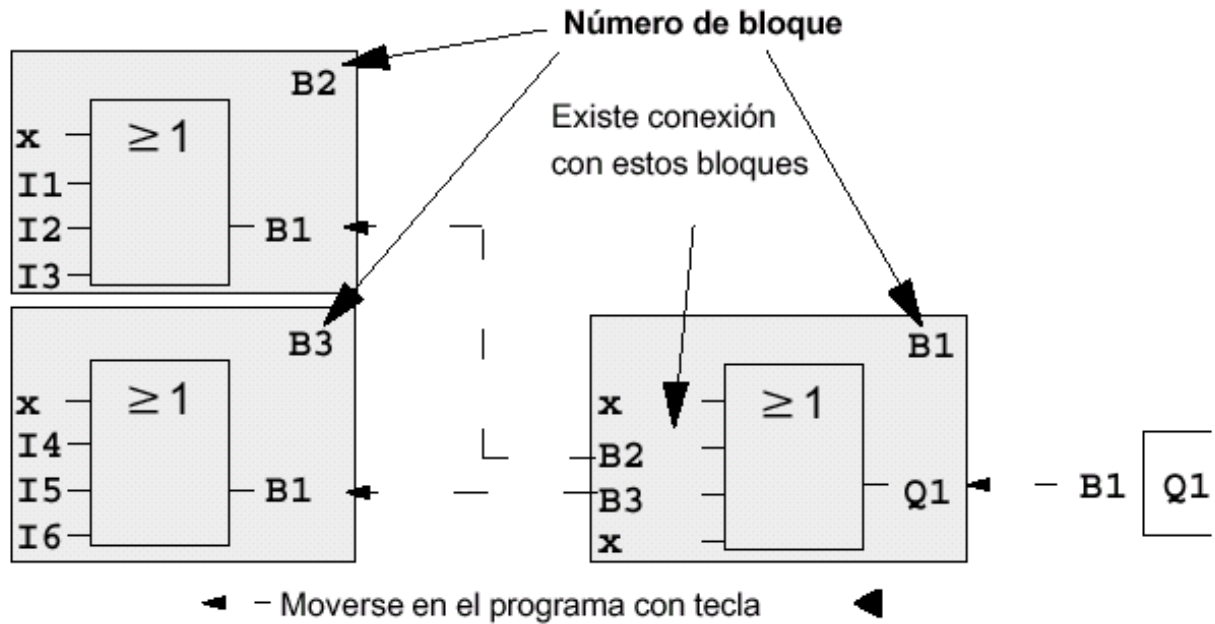
Estructura Externa:



Programación de LOGO! :

Bloques

Cada vez que se intercala un bloque en un programa, LOGO! asigna un número a ese bloque, el cual se denomina número de bloque. El número de bloque aparece en la parte superior derecha de la pantalla (display).



A través del número de bloque, LOGO! muestra la relación existente entre los bloques:

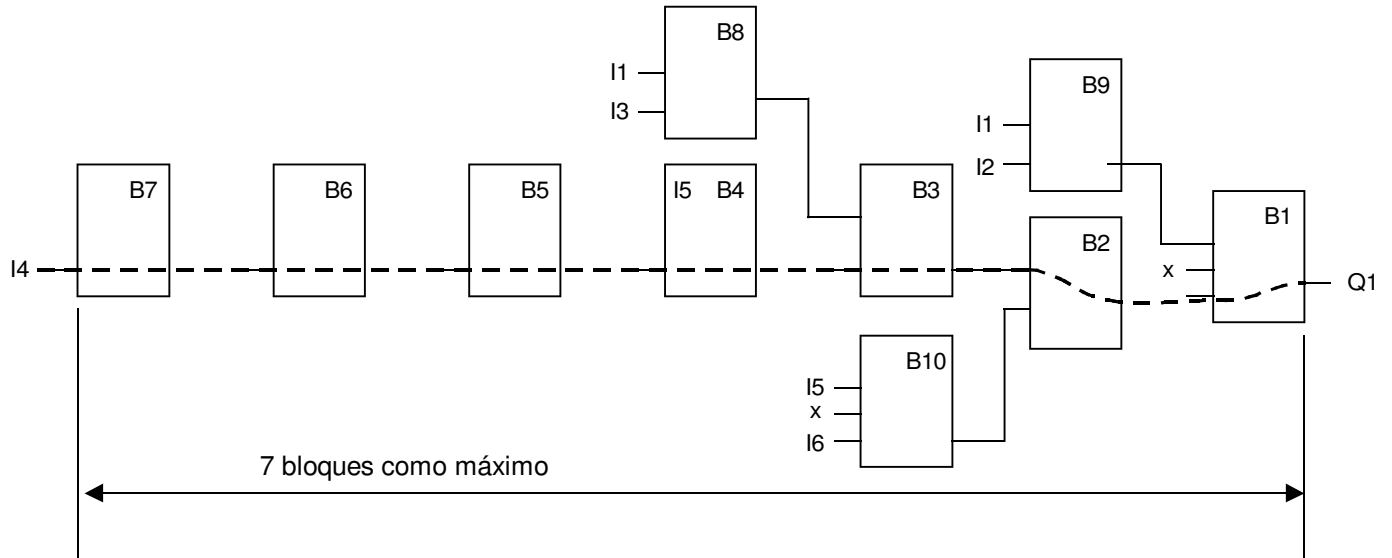
Para desplazar el cursor hacia un bloque dentro del programa:

Posicionar el cursor en la entrada de un bloque donde aparece un número de bloque (en el ejemplo de la figura, llevar el cursor a la segunda entrada del bloque B01) y pulsar la tecla 4. El cursor salta hacia el bloque con ese número de bloque (en la figura, bloque B03).

Los números de bloque tienen aún otra ventaja: A través de su número de bloque, es posible añadir un bloque cualquiera a una entrada del bloque actual. De esta manera, pueden utilizarse repetidas veces los resultados intermedios de relaciones lógicas u otras operaciones. Con ello se ahorra trabajo y capacidad de memoria en LOGO!, y los circuitos resultan más transparentes.

Capacidad de almacenamiento

Limitante para las primeras versiones



Reglas fundamentales para operar con LOGO!

Regla 1 (Versión OBA0 hasta OBA2)

Los circuitos se introducen en el modo de servicio "Programación". A este modo de servicio se llega pulsando las 3 teclas <, > y OK simultáneamente.

Los valores de los tiempos y parámetros se modifican en el modo de servicio "PARAMETRIZACIÓN". A este modo de servicio se llega pulsando las 2 teclas ESC y OK simultáneamente.

Regla 1 (Versión OBA3 en adelante)

Cambio del modo de operación.

- El programa se elabora en el modo de programación.
- Tras una conexión de alimentación y “No Program /Press ESC” en la pantalla, debe pulsar la tecla ESC para acceder al modo de programación.
- La modificación de los valores de tiempo y de parámetros en un programa ya existente pueden realizarse en los modos de parametrización y programación. Durante la parametrización LOGO! se encuentra en modo RUN, es decir, que el programa continúa en procesamiento. Para programar debe finalizar el procesamiento del programa con el comando “Stop”.

Regla 1 (Versión OBA3 en adelante)

Cambio del modo de operación.

- Para acceder al modo RUN debe ejecutar el comando de menú 'Start' del menú principal.
- En el modo RUN, para regresar al modo de operación Parametrización, deberá pulsar la tecla ESC.
- Si está en el modo de parametrización y desea regresar al modo de programación, ejecute el comando “Stop” del menú de parametrización y responda con “Yes” a “Stop Prg”, colocando el cursor sobre “Yes” y pulsando la tecla OK.

Regla 2

Cada circuito debe introducirse siempre: DESDE LA SALIDA A LA ENTRADA.

- Es posible enlazar una salida con varias entradas, pero no conectar varias salidas a una entrada.
- Dentro de una ruta del programa no se puede enlazar una salida con una entrada precedente. Para tales retroacciones internas (recursiones) es necesario intercalar marcas o salidas.

### Regla 3

Para introducir un circuito rige lo siguiente:

Si el cursor se presenta subrayado,

- pulsar las teclas ^, v, <, > para posicionar el cursor dentro del circuito
- cambiar a “ELEGIR BORNE/BLOQUE” pulsando OK
- terminar la introducción del circuito pulsando ESC
- Si el cursor está enmarcado, se deben pulsar las teclas ^ o v para elegir bloque/borne confirmar la selección pulsando OK retroceder un paso pulsando ESC

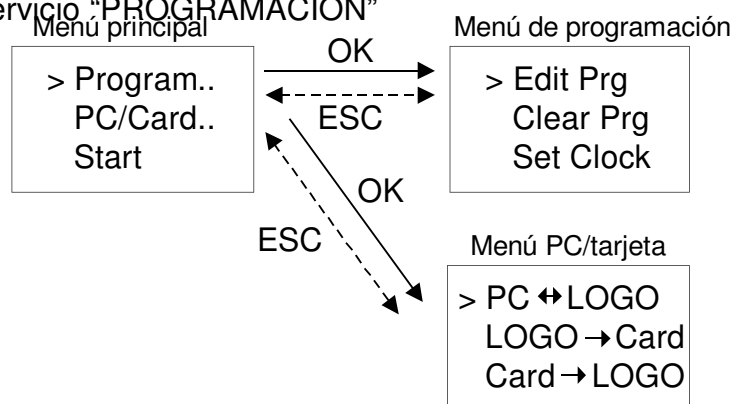
### Regla 4

LOGO! sólo puede almacenar programas completos y correctos.

- Antes de elaborar un programa planifíquelo primero completamente sobre el papel.

Vista general de los menús del LOGO! (Versiones OBA0 – OBA2)

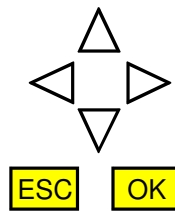
Clase de servicio “PROGRAMACIÓN”



## Clase de servicio "PARAMETRIZACIÓN"

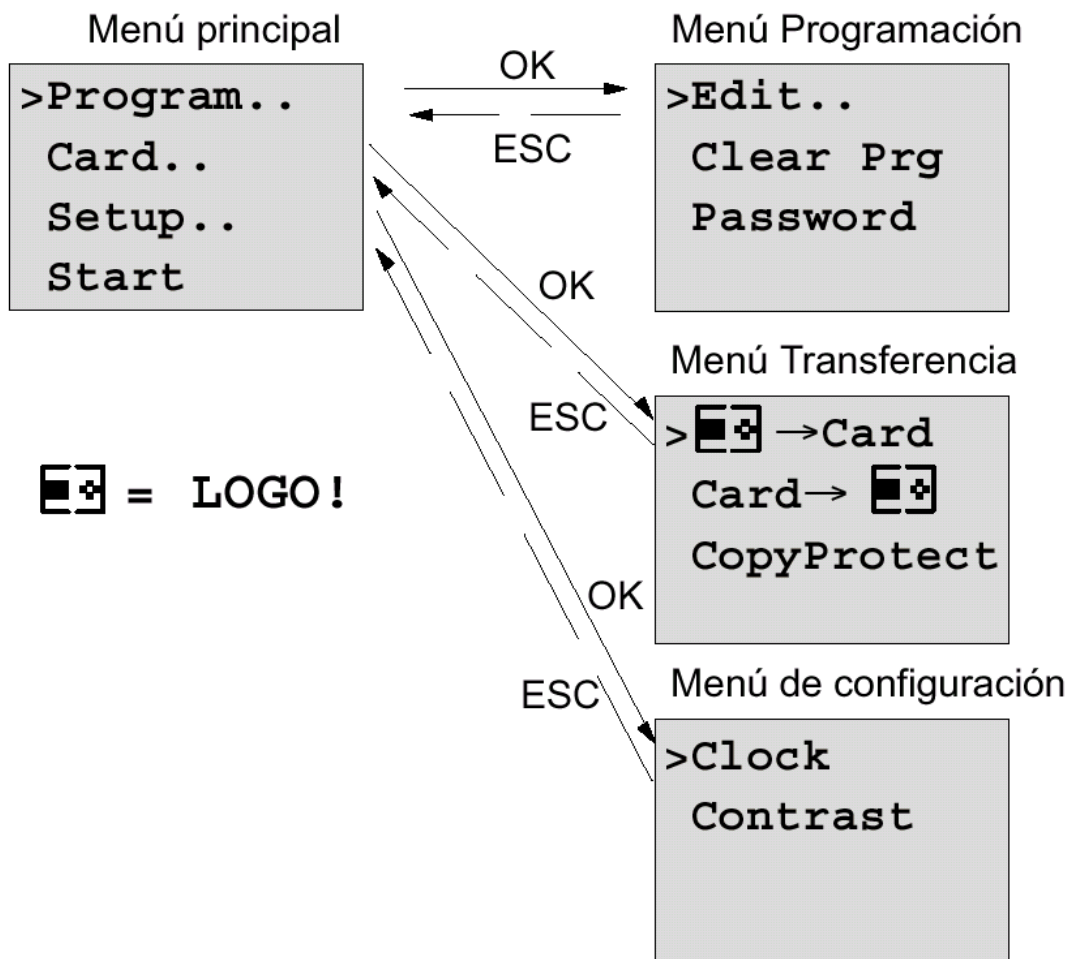
Menú parametrización

> Set Clock  
Set Param



Vista general de los menús del LOGO! (Versiones OBA3 en adelante)  
Modo de operación "PROGRAMACIÓN"

### Modo de operación "Programación"

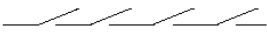
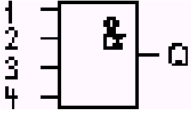
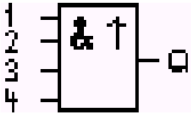
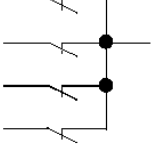
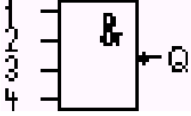
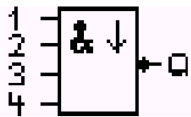


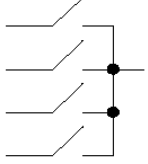
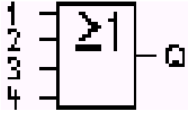
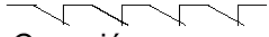
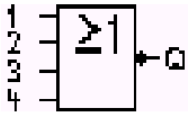
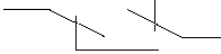
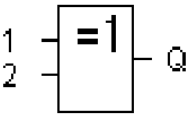
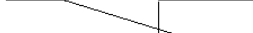
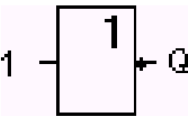
Vista general de los menús del LOGO! (Versiones OBA3 en adelante)  
Modo de operación "PARAMETRIZACIÓN"

## Menú Parametrización

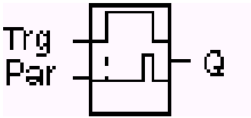
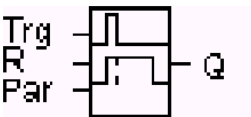
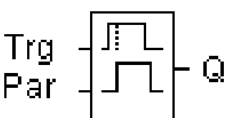
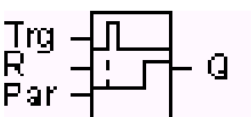
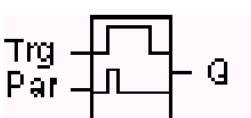
```
>Stop  
Set Param  
Set..  
Prg Name
```

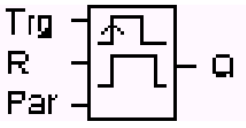
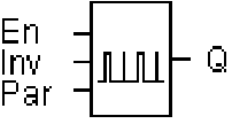
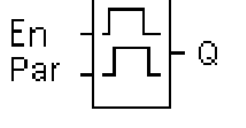
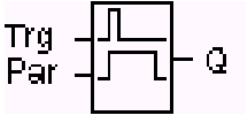
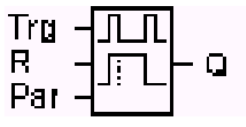
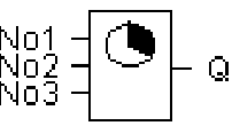
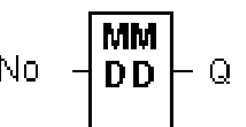
Funciones Generales

Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en serie contacto de cierre</p>		<p>Y (AND) (véase la página 122)</p>
		<p>AND con valoración de flanco (véase la página 123)</p>
 <p>Conexión en paralelo contacto de apertura</p>		<p>Y-NEGADA (NAND) (véase la página 124)</p>
		<p>NAND con valoración de flanco (véase la página 125)</p>

Representación en el esquema	Representación en LOGO!	Designación de la función básica
 <p>Conexión en paralelo contacto de cierre</p>		<p>O (OR) (véase la página 126)</p>
 <p>Conexión en serie contacto de apertura</p>		<p>O-NEGADA (NOR) (véase la página 127)</p>
 <p>Alternador doble</p>		<p>O-EXCLUSIVA (XOR) (véase la página 128)</p>
 <p>Contacto de apertura</p>		<p>INVERSOR (NOT) (véase la página 128)</p>

Funciones Especiales

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	REM
<b>Tiempos</b>		
	Retardo a la conexión (véase la página 142)	REM
	Retardo de desactivación (véase la página 146)	REM
	Retardo de conexión/de- sconexión (véase la página 148)	REM
	Retardo de activación memorizable (véase la página 150)	REM
	Relé disipador (salida de impulsos) (véase la página 152)	REM

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	REM
	Relé disipador activado por flanco (véase la página 154)	REM
	Generador de impulsos asínc. (véase la página 157)	REM
	Generador aleatorio (véase la página 158)	
	Interruptor de alumbrado para escalera (véase la página 160)	REM
	Pulsador de confort (véase la página 163)	REM
	Temporizador semanal (véase la página 166)	
	Temporizador anual (véase la página 171)	

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	REM
<b>Contador</b>		
	Contador avance/retroceso (véase la página 174)	REM
	Contador de horas de funcionamiento (véase la página 178)	REM
	Interruptor de valor umbral (véase la página 183)	

<b>Interruptor</b>		
	Analógico de valor umbral (véase la página 186)	
	Interruptor analógico de valor umbral diferencial (véase la página 189)	
	Comparador analógico (véase la página 193)	
	Control de valor analógico (véase la página 199)	
	Amplificador analógico (véase la página 203)	

Representación en LOGO!	Designación de la función especial	REM
	Multiplexor analógico (véase la página 225)	
	Control de rampa (véase la página 229)	
	Regulador (véase la página 235)	REM

Otros		
	Relé autoenclavador (véase la página 206)	REM
	Relé de impulsos (véase la página 208)	REM
	Textos de aviso (véase la página 211)	
	Interruptor de software (véase la página 218)	REM
	Registro de desplazamiento (consulte la página 222)	REM

# 8. ANEXOS







































































































