

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRONICA Y
AMBIENTAL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**“AUTOMATISMO MEDIANTE PLC SIEMENS 200 DE UN SISTEMA DE
ACCIONAMIENTO DE TRES MOTORES CON ARRANCADOR
ELECTRÓNICO, COMO ALTERNATIVA PARA LA DISMINUCIÓN DE
LA CORRIENTE DE ARRANQUE”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

GARCÍA ARAUJO PAUL MIGUEL

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de ingeniería a todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria y que han hecho posible que pueda desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

A los profesores de la Universidad Tecnológica de Lima Sur por sus aportes para profundizar mis conocimientos y crecimiento personal. A mis padres que me apoyaron incondicionalmente en esta etapa de mi vida académica.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	11
1.2. Justificación del Problema	13
1.3. Delimitación del Proyecto	14
1.4. Formulación del Problema	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1. Objetivo General	15
1.5.2. Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.2 Bases Teóricas	19
2.3 Marco Conceptual	89
CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	
3.1 Diseño del Automatismo mediante PLC	94
3.2 Descripción del Automatismo mediante PLC	103
3.3 Revisión y Consolidación de resultados	110
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	118

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Modo de Funcionamiento del PLC.
- Figura N° 02: CPU S7-200.
- Figura N° 03: Fuente de alimentación del S7-200.
- Figura N° 04: Memoria de Datos del S7-200.
- Figura N° 05: Software de Programación del PLC S7-200.
- Figura N° 06: Instalación del software STEP 7 – MICRO/WIN.
- Figura N° 07: Elementos de la Ventana.
- Figura N° 08: Ventana de Tipo de CPU.
- Figura N° 09: Ventana de enlaces de comunicación.
- Figura N° 10: Comparar proyecto con CPU.
- Figura N° 11: Ventana Borrar.
- Figura N° 12: Ventana Bloque de Sistema.
- Figura N° 13: Áreas remanentes .
- Figura N° 14: Venta de ajustar interface.
- Figura N° 15: Ventana Opciones.
- Figura N° 16: Tensión y frecuencia del motor.
- Figura N° 17: Diagrama Electrónico Típico.
- Figura N° 18: Par anormal del motor.
- Figura N° 19: Principio de Funcionamiento.
- Figura N° 20: (A) Constitución interna del S.C.R. y (B) Símbolo.
- Figura N° 21: Estados del S.C.R. (A) Bloqueo directo e inverso, y B) Conducción.
- Figura N° 22: Circuito Equivalente del Tiristor.

- Figura N° 23: Curvas Características del S.C.R.
- Figura N° 24: Circuito para la obtención de la Característica Directa del S.C.R.
- Figura N° 25: Estructura TRIAC.
- Figura N° 26: La relación en el circuito entre la fuente de voltaje.
- Figura N° 27: Forma de Ondas.
- Figura N° 28: Conexionado y regulación del arrancador.
- Figura N° 29: Rampa de Tensión de Arranque.
- Figura N° 30: Potenciómetro para el ajuste de la tensión de arranque.
- Figura N° 31: Potenciómetro para el ajuste del tiempo de rampa.
- Figura N° 32: Funcionamiento del contactor ON.
- Figura N° 33: Conexionado del circuito de control y potencia.
- Figura N° 34: Circuito de Mano con contactor de línea.
- Figura N° 35: Características del PLC SIEMENS 200 – CPU 226.
- Figura N° 36: Modo de conexión de entrada y salidas del PLC SIEMENS 200 – CPU 226.
- Figura N° 37: Esquema de Conexionado del Circuito de potencia.
- Figura N° 38: Esquema de conexionado de circuito de control con el PLC S7-200.
- Figura N° 39: Intensidad de corrientes obtenidas en el ensayo para diversos arranques del motor.
- Figura N° 40: Comparación del voltaje en el motor para diferentes arranques.
- Figura N° 41: Comparación de la corriente en el motor para diferentes arranques.
- Figura N° 42: Comparación del par motor para diferentes arranques.

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 01: Tipos de memoria y la posible aplicación dentro de un PLC .

Tabla N° 02: Módulos de ampliación S7-200.

Tabla N° 03: Rango Decimales y Hexadecimales.

Tabla N° 04: Motores Asíncronos de 0.18 a 2,2 KW.

Tabla N° 05: Variadores para Par Variable.

Tabla N° 06: Variadores Standard con radiadores.

Tabla N° 07: Variadores para par variable con RED: Trifa SICA 200-240.

Tabla N° 08: Variadores para Par variable con RED: TRIFÁSICA 380-480 V.

Tabla N° 09: Altivar 71 para TRIFÁSICA 200...240 V RED.

Tabla N° 10: Altivar 71 para RED: TRIFÁSICA 380...480 V.

Tabla N° 11: Componentes del Circuito de Potencia.

Tabla N° 12: Componentes de Circuito de Mando.

Tabla N° 13: Ensayo de medion de intensidad de corriente para diversos tipos de arranque.

INTRODUCCIÓN

La incorporación a los procesos industriales de la electrónica de potencia al control de las máquinas eléctricas y sus efectos sobre las instalaciones eléctricas ha evolucionado mucho en los últimos años. Esto ha permitido desarrollar una serie de equipos adaptados a los requerimientos industriales.

El problema de los arranques bruscos y violentos ha acompañado a los motores eléctricos a lo largo de toda su historia. Aunque se han intentado diversas soluciones, ninguna de ellas ha conseguido resolver las dificultades sin provocar la aparición de nuevos problemas, intrínsecos a la solución. Y esto cuesta a la industria millones de soles cada año, incontables máquinas de corriente alterna repartidas por las fábricas de todo el Perú y el mundo, utilizadas para accionar ventiladores, trituradoras, agitadores, bombas, transportadores, etc. son sometidas diariamente a esfuerzos innecesarios por disparos de corriente no deseadas.

El Arrancador Electrónico está basado en tiristores o rectificadores controlados de Silicio, puede decirse que en cuanto a funcionalidad y precio ocupa el espacio que existe entre los arrancadores estrella/triángulo y los convertidores de frecuencia.

Con los arrancadores electrónicos se puede controlar la tensión del motor de forma que esta aumente gradualmente durante la puesta en marcha, lo que naturalmente limita la intensidad de arranque. Esto significa que el motor se

pone en marcha suavemente y que los esfuerzos mecánicos y eléctricos se reducen al mínimo, así mismo este dispositivo puede ser utilizado también para obtener una parada suave.

En la empresa de azúcar Industrial Andahuasi S.A, las centrifugadoras de azúcar, actualmente utilizan motores en arranque estrella/triángulo cuyo problema es la corriente de arranque que tiende a dispararse cuando pasa de estrella a triángulo, esto a su vez hace que debido a la los sistemas de interbloqueo se dispare toda la cadena de transporte, motivo por el cual en este proyecto describo una alternativa de solución basado en un automatismo mediante PLC para el arranque secuencial de tres motores, cuya utilidad seria aplicarlo en procesos industriales con este tipo de problema.

En ese sentido en el presente proyecto de ingeniería describo un automatismo mediante Controlador Lógico Programable Siemens 200 de un sistema de Arranque de tres motores con arrancador electrónico, motivo por el cual he dividido mi proyecto en 3 capítulos.

En el Capítulo I, describo el planteamiento del problema, que está basado en los disparos de corriente al momento de arrancar los motores de una centrifugadora, siendo las causas principales la tecnología actual existente en los procesos industriales, que se utiliza para el proceso de arranque.

En el Capítulo II, describo el marco teórico en la cual se sustenta mi propuesta de solución, referente a cómo reducir el disparo de corriente en el arranque de

motores. Estas bases teóricas a la cual me refiero están relacionadas con los arrancadores electrónicos y los Controladores Lógicos Programables.

Finalmente en el Capítulo III, desarrollo la propuesta de solución, realizando inicialmente la descripción del automatismo mediante PLC Siemens 200 y su integración con el arrancador electrónico SIRIUS 3RW3016, para el arranque de tres motores. Luego realizo el diseño a través de su circuito de mando, conexión al PLC y Programación. Para finalmente realizar una presentación de resultados obtenidos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El problema que existe en el proceso de fabricación de azúcar en la empresa Industrial Andahuasi S.A, está relacionada a las centrifugadoras y su gran momento de inercia. Los arrancadores estrella/triángulo tienen tendencia a dispararse cuando pasan del modo estrella al modo triángulo. Esto a su vez hace que, debido a los sistemas de interbloqueo, se dispare toda la cadena de transporte.

Esto a su vez genera problemas con los elevadores de azúcar, debido a un problema en la cadena de transporte entre las centrifugadoras de azúcar y los silos, ya que los interbloques hacen que se produzcan disparos en la cadena algunos elevadores, se paraban ocasionalmente cuando estaban totalmente cargados. Ponerlos de nuevo en marcha no

era fácil, ya que el gran par motor producido por el arranque en línea directa hacía deslizar la polea de accionamiento del elevador. Cuanto más deslizaba más aumentaba la temperatura, lo que agravaba el problema. Al final, normalmente no había más remedio que vaciar manualmente el elevador y volver a ponerlo en marcha en estado vacío, lo que suponía horas de costoso tiempo de fabricación.

Así mismo otros problemas derivados de la actual tecnología existente estrella /triángulo, utilizada para el arranque de motores, son las tensiones y corrientes transitorias. Estos fenómenos transitorios pueden sobrecargar la red de alimentación local y producir variaciones inaceptables de la tensión, con interferencias en otros equipos eléctricos conectados a la misma red.

Problemas mecánicos que someten a grandes esfuerzos a toda la cadena de accionamiento, desde el motor hasta el equipo accionado. Problemas operativos, tales como elevación brusca de la presión en las tuberías, daños en los productos transportados por las cintas y marcha poco confortable de las escaleras mecánicas

Las consecuencias económicas son considerables: cada problema técnico o avería tiene un coste en forma de reparaciones y pérdida de producción. Este último factor es el que predomina en la industria.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dado que el problema existe desde hace mucho tiempo ya se han presentado e intentado varias soluciones para el mismo. Una de las primeras soluciones para este problema fue el arrancador estrella/triángulo.

Durante el arranque, este sistema conecta los devanados del estator del motor en una configuración en estrella entre la fase y el neutro de la red de alimentación, reduciendo así la tensión del motor y por tanto la intensidad en el mismo según el factor $1/\sqrt{3}$. En cuanto se supera el momento principal de inercia, los devanados del motor se conectan en una configuración de triángulo entre fases de la red con el fin de que el motor alcance su tensión y potencia máximas.

Sin embargo, este arrancador no elimina los fenómenos transitorios mecánicos y eléctricos no deseados, ya que solo los reduce ligeramente y los distribuye entre puntos a lo largo del tiempo: la conmutación original y el cambio subsiguiente entre estrella y triángulo.

Lo dicho es válido en condiciones normales, pero en otras circunstancias el cambio de estrella a triángulo puede tener, desafortunadamente, peores efectos que el arranque directo en línea. En definitiva, el arrancador estrella/triángulo es para este problema una solución sencilla, pero también bastante limitada.

En ese sentido mi proyecto se justifica en que reducirá la corriente de arranque de los motores de la centrifugadora dado que los circuitos del arrancador son electrónicos, es relativamente fácil complementar su función básica con diversas indicaciones de seguridad y fallo.

Todos los ajustes, por ejemplo de la tensión de rampa y de la tensión inicial para el arranque de la centrifugadora pueden ser efectuados fácilmente desde la parte frontal de la unidad.

Como consecuencia de todo lo mencionado, el arrancador electrónico satisface sobradamente el requisito principal, que es conseguir un arranque suave de los motores eléctricos, y ofrece además ventajas adicionales, tales como su alta fiabilidad, su menor necesidad de mantenimiento y su facilidad de ajuste.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se aplicara a la empresa Industrial Andahuasi S.A.C Calle la Unión Nro. 122, Huacho - Lima – Perú y se desarrollará el estudio en las instalaciones de la Empresa Control y Automatización de Procesos S.A.C, Av. Angélica Gamarra 1525 – San Martin de Porras.

1.3.2 TEMPORAL

La investigación comprende el periodo de Agosto de 2016 a Enero de 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo disminuir la corriente de arranque de un sistema de accionamiento de tres motores mediante un automatismo con PLC Siemens 200 de un arrancador electrónico?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Disminuir la corriente de arranque de un sistema de accionamiento de tres motores mediante un automatismo con PLC Siemens 200 de un arrancador electrónico.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si los elementos que intervienen en el proceso de arranque de tres motores se pueden integrar en un automatismo con PLC siemens 200 de un arrancador electrónico.
- Comprobar si es posible y de qué manera se disminuye la corriente de arranque de tres motores mediante un automatismo con PLC siemens 200 de un arrancador electrónico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sáez (2011), en su tesis titulada “Dotación y aplicación de un módulo con variador de velocidad para simulación de control de arranque y velocidad del motor de una grúa para el laboratorio de control industrial”, para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico en la Universidad Central de Ecuador de Riobamba, concluye que: “Se comprobó que el arranque con variador permite variar la velocidad del motor sobre la operación acelerando hasta velocidades mayores de la nominal así como frenándola hasta velocidades cercanas a cero”.¹

¹ Sáez, G. (2011). Dotación y aplicación de un módulo con variador de velocidad para simulación de control de arranque y velocidad del motor de una grúa para el laboratorio de control industrial. (Tesis de Pre Grado). Universidad Central de Ecuador de Riobamba, Ecuador.

Sedano (2016), en su tesis titulada “Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos”, para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico en la Pontificia Universidad Católica del Perú de Lima, concluye que: “Mediante este automatismo se ha cumplido con el objetivo general que es regular la corriente de excitación que alimentará al circuito de campo ante las variaciones de carga una vez que se alcanzó la frecuencia de sincronismo. Se logró implementar el algoritmo de control correspondiente tanto para la fuente de alimentación DC regulable como para la puesta en sincronismo del motor”.²

Montánchez (2015), en su tesis titulada “Diseño e implementación de un variador de velocidad para motores de inducción trifásicos”, para optar el título de Ingeniero Mecánico y Eléctrico en la Universidad Católica de Santa María de Arequipa concluye que: “El diseño de este sistema para el accionamiento de motores de inducción mediante un microcontrolador de 8 bits, permitió que se implemente un método de control eficaz pudiendo así variar la frecuencia desde los 5Hz hasta los 60Hz y poder variar los ciclos de servicio de manera necesaria para generar una amplitud variable, y poder así mantener nuestra relación V/f constante”.³

² SEDANO, P. (2016). Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos. (Tesis de Pre Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

³ MONTÁNCHEZ, E. (2015). Diseño e implementación de un variador de velocidad para motores de inducción trifásicos. (Tesis de Pre Grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

Harper (2004), en su libro titulado “Fundamentos de Control de motores eléctricos en la industria”, señala que: “En la actualidad, el control de motores eléctricos, como parte de los procesos y sistemas de control, no solo se hace por medio de dispositivos electromagnéticos, ya que han tenido una presencia importante los dispositivos de estado sólido y la llamada electrónica de potencia, por lo que el estudio de este tema tan importante debe abarcar los conceptos clásicos de control electromagnético y de la electrónica aplicada”.⁴

García (2016), en su libro titulado “Automatismos industriales”, señala que: “Muchos de los procesos industriales actuales se realizan con máquinas que están unidas mecánicamente y cuyo principal órgano de funcionamiento es un motor eléctrico. Para evitar que uno o más operarios tengan que controlar visualmente el correcto desplazamiento de productos entre ellas, es necesario unirlos eléctricamente a través de su circuito de control. Esto permite transmitir consignas de funcionamiento entre máquinas, evitando fallos y atascos y facilitando así la coordinación en la fabricación y el almacenamiento de los productos terminados”.⁵

Domínguez (2014), en su libro titulado “Sistemas de carga y arranque”, señala que: “A menudo los problemas del sistema de arranque se confunden con defectos del sistema de carga. Muchas veces se cambia innecesariamente una batería agotada cuando la verdadera causa del

⁴ HARPER, E. (2004). Fundamentos de Control de motores eléctricos en la industria. Balderas, México: LIMUSA.

⁵ GARCIA, M. (2016). Automatismos industriales. Barcelona, España: EDITEX

problema es un fallo en el sistema de carga. Asegúrate de que este funciona bien antes de sustituir la batería. Después de comprobar que la batería está cargada, se la somete a una prueba en carga y, si la supera con éxito pero el motor de arranque sigue bajo de vueltas, se comprueba el circuito arranque anormal.

Si la absorción de corriente es excesiva se investiga la causa, se comprueba: si esta perforado el aislamiento en algún punto, si el motor térmico esta gripado o no gira con suavidad, si el motor de arranque esta defectuoso, etc. Si el motor de arranque hace girar el motor térmico con lentitud, la absorción de corriente no es elevada y la batería se halla en buen estado; se comprueba la resistencia del circuito de arranque”.⁶

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

La ingeniería de control se ha desarrollado a través del tiempo. En el pasado los humanos eran el método para controlar los sistemas. En tiempo recientes la electricidad se ha utilizado para el control, los primeros controles eléctricos fueron los relevadores. Los relevadores permiten encender o apagar un circuito eléctrico sin necesidad de un interruptor mecánico.

Silva (2009). Los Controladores Lógicos Programables (PLC) fueron inventados como respuesta a las necesidades de la

⁶ DOMINGUEZ, E. (2014). Sistemas de carga y arranque. Madrid, España: EDITEX.

industria automotriz. Inicialmente fueron adoptados por las empresas para sustituir la lógica cableada. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisores automáticas de General Motors) emitió una solicitud para realizar una propuesta que sustituyera la lógica cableada. La propuesta ganadora fue realizada por Bedford Associates. El primer PLC fue el MODICON 084.⁷

Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla. Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido.

A mediados de los 70 las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y CPU basadas en desplazamiento de bit. Los microprocesadores convencionales cedieron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo. Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973 aproximadamente.

⁷ SILVA, C. (2009). Autómatas programables y sistemas de automatización. Barcelona, España: MARCOMBO

El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

Desafortunadamente, la falta de un estándar acompañado con un continuo cambio tecnológico ha hecho que la comunicación de PLC sea un maremagnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí. No obstante fue una gran década para los PLC.

En los 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple rele.

Los 90 han mostrado una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional. Ahora disponemos de PLC's que pueden ser programados en diagramas

de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

2.2.1.1 CAMPOS DE APLICACIÓN

Domingo (2003). El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.⁸

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

⁸ DOMINGO, J. (2003). Introducción a los autómatas programables. Barcelona, España: UOC

- ✚ Espacio reducido.
- ✚ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ✚ Procesos secuenciales.
- ✚ Maquinaria de procesos variables.
- ✚ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ✚ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- ✚ Maniobra de máquinas.
- ✚ Maniobra de instalaciones.
- ✚ Señalización y control.
- ✚ Chequeo de Programas Señalización del estado de procesos

Tal y como dijimos anteriormente, esto se refiere a los Controlador Lógico Programable industriales, dejando de lado los pequeños PLC para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un cochera o las luces de la casa).

2.2.1.2 MODO DE FUNCIONAMIENTO

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso.

La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales:

- ✚ Lectura de señales desde la interfaz de entradas.
- ✚ Procesado del programa para obtención de las señales de control.
- ✚ Escritura de señales en la interfaz de salidas.

A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida).

Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

El funcionamiento del Controlador Lógico Programable es, salvo el proceso inicial que sigue a un Reset, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómata esté bajo tensión.

La figura 1 muestra esquemáticamente la secuencia de operaciones que ejecuta el autómata, siendo las operaciones del ciclo de operación las que se repiten indefinidamente.

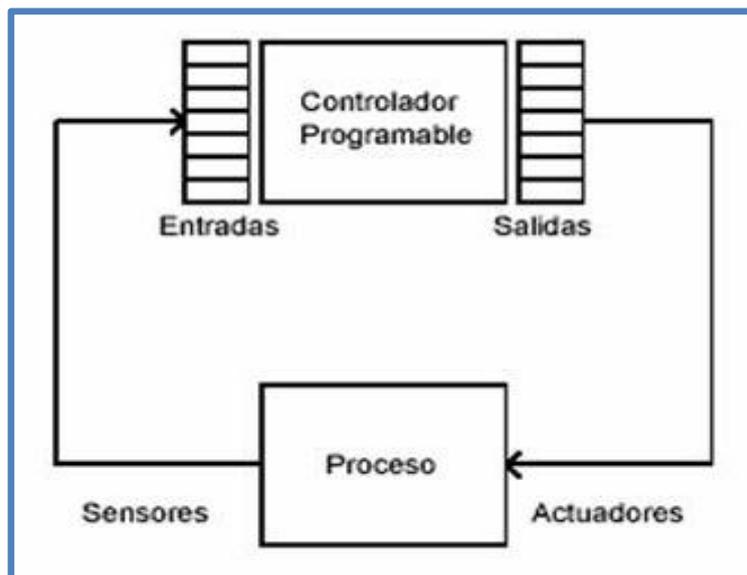


FIGURA N° 01: MODO DE FUNCIONAMIENTO DEL PLC

El ciclo de funcionamiento se divide en dos partes llamados Proceso Inicial y Ciclo de Operación.

2.2.1.2.1 PROCESO INICIAL

Antes de entrar en el ciclo de operación el autómata realiza una serie de acciones comunes, que tratan fundamentalmente de inicializar los estados del mismo y chequear el hardware. Estas rutinas de chequeo, incluidas en el programa monitor ROM, comprueban:

- ✚ El bus de conexiones de las unidades de E/S.
- ✚ El nivel de la batería, si esta existe.
- ✚ La conexión de las memorias internas del sistema.

El módulo de memoria exterior conectado, si existe.

Si se encontrara algún error en el chequeo, se activaría el LED de error y quedaría registrado el código del error.

Comprobadas las conexiones, se inicializan las variables internas:

- ✚ Se ponen a OFF las posiciones de memoria interna (excepto las mantenidas o protegidas contra pérdidas de tensión).
- ✚ Se borran todas las posiciones de memoria imagen E/S.
- ✚ Se borran todos los contadores y temporizadores (excepto los mantenidos o protegidos contra pérdidas de tensión).

2.2.1.2.2 CICLO DE OPERACIÓN:

Este ciclo puede considerarse dividido en tres bloques:

- ✚ Proceso Común:

En este primer bloque se realizan los chequeos cíclicos de conexiones y de memoria de programa, protegiendo el sistema contra:

- Errores de hardware (conexiones E/S, ausencia de memoria de programa, etc).

- Errores de sintaxis (programa imposible de ejecutar).
- El chequeo cíclico de conexiones comprueba los siguientes puntos:
- Niveles de tensión de alimentación.
- Estado de la batería si existe.
- Buses de conexión con las interfaces.
- El chequeo de la memoria de programa comprueba la integridad de la misma y los posibles errores de sintaxis y gramática:
- Mantenimiento de los datos, comprobados en el "checksum".
- Existencia de la instrucción END de fin de programa.
- Estructura de saltos y anidamiento de bloque correctas.
- Códigos de instrucciones correctas.

✚ Ejecución del programa:

En este segundo bloque se consultan los estados de las entradas y de las salidas y se elaboran las órdenes de mando o de salida a partir de ellos.

El tiempo de ejecución de este bloque de operaciones es la suma del:

- Tiempo de acceso a interfaces de E/S.
- Tiempo de escrutación de programa.
- Y a su vez esto depende, respectivamente de:
 - Número y ubicación de las interfaces de E/S.
 - Longitud del programa y tipo de CPU que lo procesa.

✚ Servicio a periféricos:

En este tercer y último bloque es únicamente atendido si hay pendiente algún intercambio con el exterior. En caso de haberlo, la CPU le dedica un tiempo limitado, de 1 a 2 ms, en

atender el intercambio de datos. Si este tiempo no fuera suficiente, el servicio queda interrumpido hasta el siguiente ciclo.

2.2.1.3 Estructura Externa

Michigan (2006). El término estructura externa o configuración externa de un Controlador Lógico programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.⁹

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

2.2.1.3.1 Estructura compacta:

Este tipo de Controlador Lógico Programable se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.

Son los PLC de gama baja o nanoautomatas los que suelen tener una estructura compacta.

⁹ MICHIGAN, M. (2006). Electrónica Industrial moderna. Juárez, México: PEARSON

Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

2.2.1.3.2 Estructura semimodular:

Se caracteriza por separar las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S . Son los Controlador Lógico Programable de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Estructura Americana).

2.2.1.3.3 Estructura modular:

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por riel DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde van alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución (Estructura Europea).

2.2.1.4 MEMORIAS

La memoria es el almacén donde el Controlador Lógico Programable guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control.

- ✚ Datos Del proceso.
- ✚ Señales de planta, entradas y salidas.
- ✚ Variables internas, de bit y de palabra.
- ✚ Datos alfanuméricos y constantes.
- ✚ Datos de control:
 - Instrucciones de usuario (programa).
 - Configuración Controlador Lógico Programable (modo de funcionamiento, número de e/s conectadas,...).

2.2.1.4.1 RAM:

Memoria de lectura y escritura. La memoria RAM se utiliza principalmente como memoria interna, y únicamente como memoria de programa en el caso de que pueda

asegurarse el mantenimiento de los datos con una batería exterior.

2.2.1.4.2 ROM:

Memoria de solo lectura, no reprogramable.

La memoria ROM se utiliza para almacenar el programa monitor del sistema como hemos visto en el apartado dedicado a la CPU.

2.2.1.4.3 EPROM:

Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas. Las memorias EPROM se utilizan para almacenar el programa de usuario, una vez que ha sido convenientemente depurada.

2.2.1.4.4 EEPROM:

Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos. Las memorias EEPROM se emplean principalmente para almacenar programas, aunque en la actualidad es cada vez más frecuente el uso de combinaciones RAM + **EEPROM** (NOVRAM), utilizando estas últimas como memorias de seguridad que salvan el contenido de las RAM. Una vez

reanudada la alimentación, el contenido de la EEPROM se vuelca sobre la RAM. Las soluciones de este tipo están sustituyendo a las clásicas RAM + batería puesto que presentan muchos menos problemas.

TABLA N° 01: TIPOS DE MEMORIA Y LA POSIBLE APLICACIÓN DENTRO DE UN PLC

MEMORIA	Volátil	No Volátil			
Lectura/escritura	RAM			RAM + Batería RAM + EEPROM	EEPROM
Sólo lectura		ROM	EPROM		
Aplicaciones	Datos internos Memoria imagen E/S	Monitor Intérprete	Programa usuario	Programa usuario Datos internos Parámetros	Programa usuario Parámetros

2.2.1.5 CONFIGURACIÓN DIRECCIONES DE ENTRADAS Y SALIDAS

2.2.1.5.1 DIRECCIONAMIENTO DIGITAL

Romeral (2010). Estas interfases tiene la simple función de informar a la CPU, de la presencia o ausencia de señal, tensión o corriente, en un circuito, apertura o cierre de un contacto, pulsador, límite de carrera, etc.

En el caso de las salidas estas conectan o desconectan al circuito de actuación de un solenoide, contactor, lámpara, etc.

Las interfases discretas abarcan un rango muy amplio de opciones de operación. Un contacto externo al controlador puede estar conectado a distintos voltajes, según la maquina o proceso lo mismo para otro tipo de captor. Existen entonces interfases para corriente alterna, corriente continua y a su vez para distintos niveles y tipos de tensiones que van desde los cinco voltios hasta niveles industriales. 10

Las interfases de entrada-salida suelen estar construidas de forma de módulos que se alojan en bases de montaje, controladores modulares, o bien formando parte del controlador, compactos.

Tanto las entradas como las salidas pueden contener un borne común, para varias de ellas o bien estar dispuestas en forma individual aisladas entre sí.

¹⁰ ROMERAL, J. (2010). Autómatas programables. Barcelona, España: MARCOMBO

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al Controlador Lógico Programable de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores, llaves, etc.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0".

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas:

- ✚ Protección contra sobre tensiones.
- ✚ Filtrado.
- ✚ Puesta en forma de la onda.
- ✚ Aislamiento galvánico o por opto acoplador.

2.2.1.5.2 DIRECCIONAMIENTO ANALÓGICO

Los módulos de entrada analógicas permiten que los Controlador Lógico Programable trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo analógico

como pueden ser la temperatura, la presión, el caudal, tensión o intensidad, etc.

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del Controlador Lógico Programable.

Lo que realiza es una conversión A/D, puesto que el autómata solo trabajar con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

-  Filtrado
-  Conversión A/D
-  Memoria interna

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

Lo que realiza es una conversión D/A, puesto que el Controlador Lógico Programable solo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como pueden ser los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, reguladores de temperatura... permitiendo al Controlador Lógico Programable realizar funciones de regulación y control de procesos continuos.

El proceso de envío de la señal analógica consta de varias etapas:

- ✚ Aislamiento galvánico.
- ✚ Conversión D/A.
- ✚ Circuitos de amplificación y adaptación.
- Protección electrónica de la salida.

2.2.1.6 OPERADORES EN LA PROGRAMACIÓN DEL PLC MEDIANTE DIAGRAMA DE CONTACTOS

2.2.1.6.1 CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO

---| |--- Este tiene la misma función de un botón real, el cual cuando no es accionado se reposiciona automáticamente a su estado natural que es encontrarse abierto o desconectado. En otras palabras cuando el usuario presiona el interruptor hace que exista una unión entre los dos contactos internos que tiene el botón, cambiando su estado lógico de abierto (desconectado) ha cerrado (conectado).

2.2.1.6.2 CONTACTO NORMALMENTE CERRADO

---| / |--- Igualmente funciona como un botón real, pero de manera inversa al contacto normalmente abierto, esto es que cuando no es accionado se reposiciona automáticamente a su estado natural que es el encontrarse cerrado o conectado.

Cuando el usuario presiona el interruptor abre la unión que existe entre los dos contactos

internos del botón, cambiando su estado lógico de cerrado (conectado) ha abierto (desconectado).

2.2.1.7 TIPOS DE REGISTROS

2.2.1.7.1 REGISTRO TIPO BIT

Fuentes (2013). La unidad más pequeña de información en una computadora se le llama bit.

Con un bit se puede representar solo un valor de dos posibles valores diferentes, ejemplo: cero o uno, falso o verdadero, blanco o negro, abajo o arriba, no o sí, etc.¹¹

2.2.1.7.2 REGISTRO TIPO BYTE

Sin lugar a dudas el tipo de datos más importante para los microprocesadores es el byte. Un byte consiste de 8 bits.

Las referencias hacia cierta localidad de memoria en todos los microprocesadores nunca es menor que un byte, (la mayoría

¹¹ FUENTES, R. (2013). Automatismos lógicos programables y reconfigurables. Monterrey, México: DIGITAL

usan múltiplos de bytes), por lo tanto, se considera el dato localizable (direccionable) más pequeño.

Los bits de un byte normalmente se numeran desde 0 hasta 7.

El bit 0 se le llama bit de más bajo orden o menos significativo, el bit 7 se considera el bit de más alto orden o el más significativo.

2.2.1.7.3 REGISTRO TIPO PALABRA (WORD)

Una palabra es un grupo de 16 bits, el bit 0 es el bit de más bajo orden y el bit 15 es el de más alto orden. Una palabra se puede dividir en bytes llamados igualmente de bajo y alto orden. 2

2.2.1.7.4 REGISTRO TIPO DOBLE PALABRA (DOBLE WORD)

Se considera una palabra doble a un grupo de 32 bits. Un grupo de mayor número de bits simplemente se nombra por su número de bits, ejemplo: palabra de 64 bits, palabra de 128 bits, etc.

2.2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIEMENS S7- 200

La gama S7--200 comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro--PLCs) que se pueden utilizar para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los sistemas de automatización S7--200 son idóneos para controlar tareas sencillas. La gran variedad de modelos S7--200 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización. Este manual contiene información sobre cómo instalar y programar los Micro--PLCs S7--200 y va dirigido a ingenieros, programadores, técnicos de instalación y electricistas que dispongan de conocimientos básicos sobre los sistemas de automatización.

2.2.2.1 CPU S7—200

La CPU S7--200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro--PLC.

Tras haber cargado el programa en el S7--200, éste contendrá la lógica necesaria para supervisar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

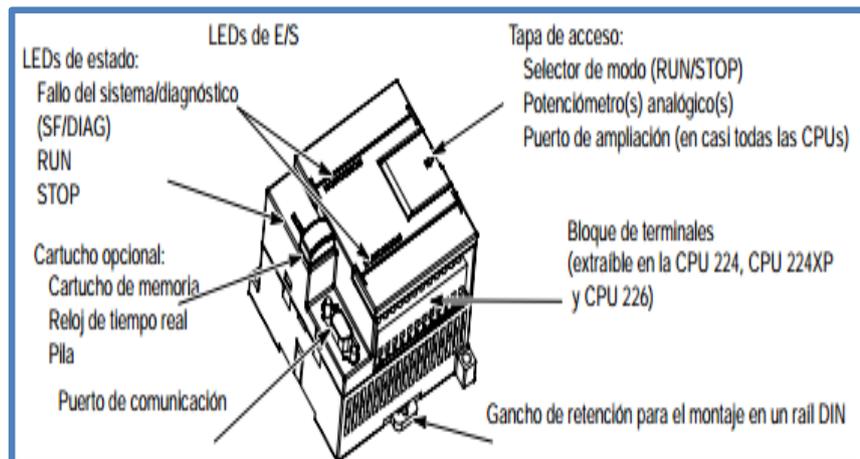


FIGURA N° 02: CPU S7-200

2.2.2.2 MÓDULOS DE AMPLIACIÓN S7- 200

La gama S7--200 incluye una gran variedad de módulos de ampliación para poder satisfacer aún mejor los requisitos de la aplicación.

TABLA N° 02: MÓDULOS DE AMPLIACIÓN S7-200

Módulos de ampliación	Tipo de datos			
Módulos digitales				
Entrada	8 entradas DC	8 entradas AC	16 entradas DC	
Salida	4 salidas DC	4 salidas de relé	8 salidas de relé	
	8 salidas DC	8 salidas AC		
Combinación	4 entradas DC / 4 salidas DC	8 entradas DC / 8 salidas DC	16 entradas DC / 16 salidas DC	32 entradas DC / 32 salidas DC
	4 entradas DC / 4 salidas de relé	8 entradas DC / 8 salidas de relé	16 entradas DC / 16 salidas de relé	32 entradas DC / 32 salidas de relé
Módulos analógicos				
Entrada	4 entradas analógicas	8 entradas analógicas	4 entradas termopar	8 entradas termopar
	2 entradas RTD	4 entradas RTD		
Salida	2 salidas analógicas	4 salidas analógicas		
Combinación	4 entradas analógicas 4 salidas analógicas			

Estos módulos se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU S7--200.

2.2.2.3 ALIMENTACIÓN

Martínez (2003). Las CPUs S7--200 tienen integrada una fuente de alimentación capaz de abastecer la CPU, los módulos de ampliación y otras cargas que precisen 24 VDC.

La CPU S7--200 suministra la corriente de 5 VDC necesaria para los módulos de ampliación del sistema.

Preste especial atención a la configuración del sistema para garantizar que la CPU pueda suministrar la corriente de 5V necesaria para los módulos de ampliación seleccionados. Si la configuración requiere más corriente de la que puede suministrar la CPU, deberá retirar un módulo o seleccionar una CPU de mayor capacidad.

Todas las CPUs S7--200 aportan también una alimentación para sensores de 24 VDC que puede suministrar corriente de 24 VDC a las entradas y a las bobinas de relés de los módulos de ampliación, así como a otros equipos.

Si los requisitos de corriente exceden la capacidad de la alimentación para sensores, es preciso agregar una fuente de alimentación externa de 24 VDC al sistema.

Para aumentar la protección contra interferencias, se recomienda conectar los cables neutros (M) de las distintas fuentes de alimentación.¹²

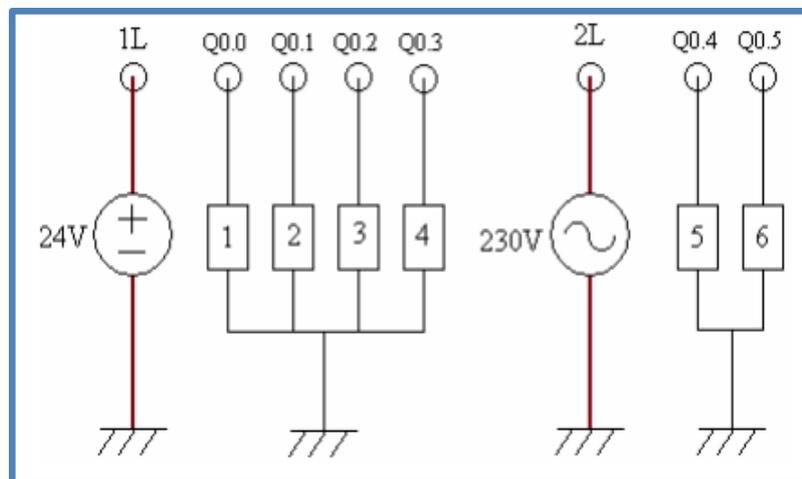


FIGURA N° 03: FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL S7-200

2.2.2.4 ACCEDER A LOS DATOS DEL S7—200

El S7--200 almacena información en diferentes áreas de la memoria que tienen direcciones unívocas. Es posible indicar explícitamente la dirección a la que se desea acceder. El programa puede acceder entonces directamente a la información.

¹² MARTINEZ, H. (2003). Diseño y aplicaciones con autómatas programables. Barcelona, España: MARCOMBO

TABLA N° 03: RANGOS DECIMALES Y HEXADECIMALES.

Representación	Byte (B)	Palabra (W)	Palabra doble (D)
Entero sin signo	0 a 255 0 a FF	0 a 65.535 0 a FFFF	0 a 4.294.967.295 0 a FFFF FFFF
Entero con signo	128 a +127 80 a 7F	32.768 a +32.767 8000 a 7FFF	-2.147.483.648 a +2.147.483.647 8000 0000 a 7FFF FFFF
Real IEEE de 32 bits en coma flotante	<i>No aplicable</i>	<i>No aplicable</i>	+1.175495E-38 a +3.402823E+38 (positivo) -1.175495E-38 a -3.402823E+38 (negativo)

2.2.2.5 GUARDAR Y RESTABLECER DATOS EN EL S7—200

El S7--200 ofrece diversas funciones para garantizar que el programa de usuario y los datos se almacenen de forma segura en el S7--200.

2.2.2.5.1 ÁREAS REMANENTES:

Áreas de la memoria de datos definidas por el usuario de manera que no se modifiquen tras desconectar y volver a conectar la alimentación, a condición de que no se hayan descargado el condensador de alto rendimiento ni el cartucho de pila opcional.

Las áreas de la memoria V y M, así como los valores actuales de los temporizadores y

contadores son las únicas áreas que se pueden configurar como remanentes.

2.2.2.5.2 MEMORIA PERMANENTE:

Memoria no volátil utilizada para guardar los bloques de programa, de datos y del sistema, así como los valores forzados y la memoria M configurada para que se guarde tras un corte de alimentación, así como valores seleccionados escritos bajo el control del programa de usuario.

2.2.2.5.3 CARTUCHO DE MEMORIA:

Memoria no volátil extraíble utilizada para guardar los bloques de programa, de datos y del sistema, así como las recetas, los registros de datos y los valores forzados

2.2.2.6 MEMORIAS

2.2.2.6.1 MEMORIA DE DATOS

Martínez (2003). La memoria de datos del S7-200 se compone del área de datos y de objetos.

El área de datos se divide en una memoria de variables, una imagen de proceso de las entradas, una imagen de proceso de las salidas, marcas internas y marcas especiales.

El área de datos es muy flexible, permitiendo accesos de lectura/escritura a todas las áreas de memoria, a excepción de algunas marcas especiales que sólo pueden leerse.

El acceso a la memoria de datos completa se realiza en forma de bits, bytes, palabras o palabras dobles.

Los objetos son direcciones asignadas a elementos, como puede ser p.ej. el valor de un temporizador.

Los objetos abarcan temporizadores, contadores, entradas y salidas analógicas, acumuladores y valores actuales de los contadores rápidos.

El acceso a los objetos está más limitado, puesto que solamente se puede acceder a ellos en función del uso que se les haya previsto.¹³

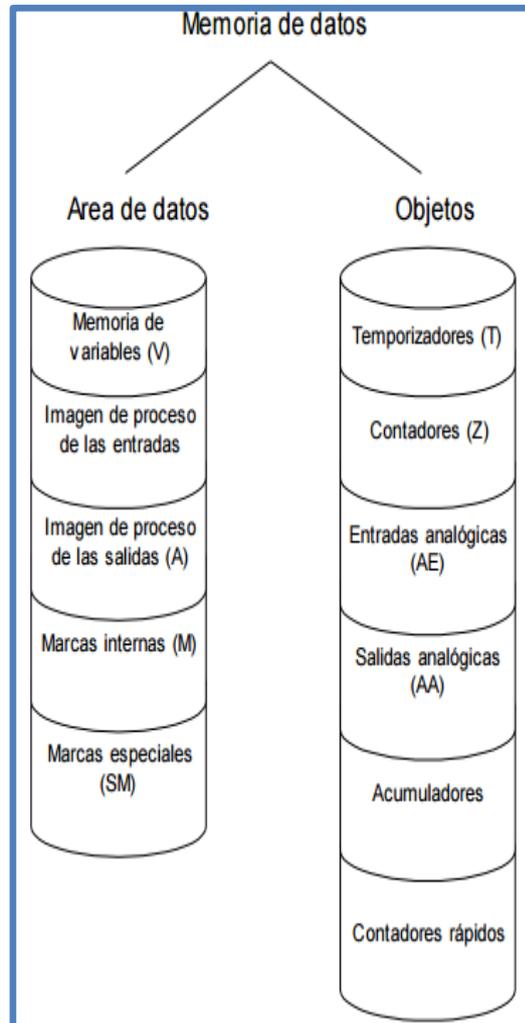


FIGURA N°04: MEMORIAS DE DATOS DEL S7-200

¹³ MARTINEZ, H. (2003). Diseño y aplicaciones con autómatas programables. Barcelona, España: MARCOMBO

2.2.2.7 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-200

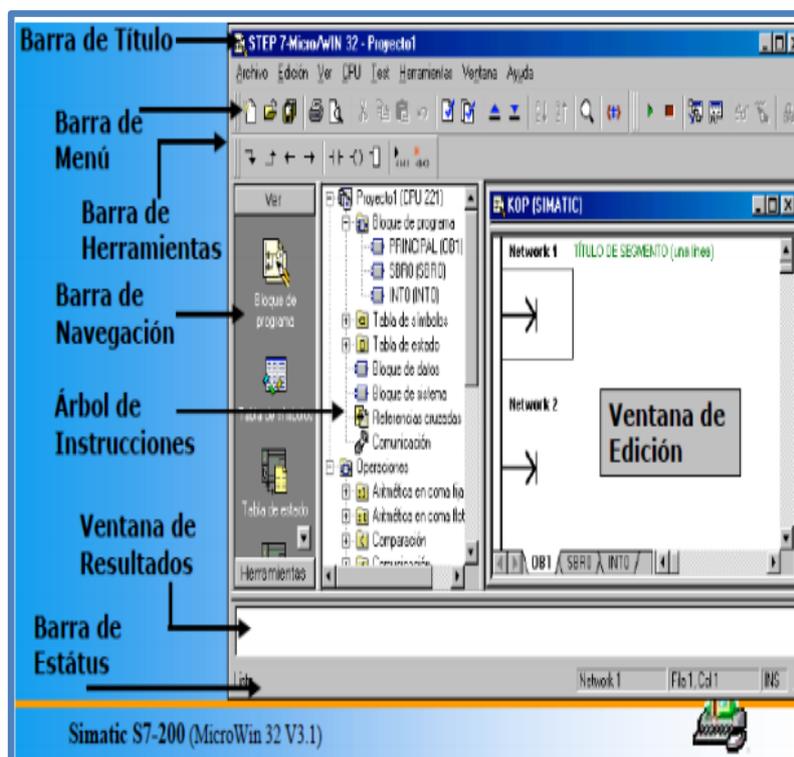


FIGURA N° 05: SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-200

2.2.3 SOFTWARE STEP 7--MICRO/WIN

El paquete de programación STEP 7--Micro/WIN constituye un entorno de fácil manejo para desarrollar, editar y observar el programa necesario con objeto de controlar la aplicación. STEP 7--Micro/WIN provee tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control. Para encontrar fácilmente la información necesaria, STEP 7--Micro/WIN ofrece una completa Ayuda en pantalla y un CD de documentación que incluye una versión electrónica del presente manual, ejemplos de aplicación y otras informaciones de gran utilidad.

2.2.3.1 INSTALACIÓN

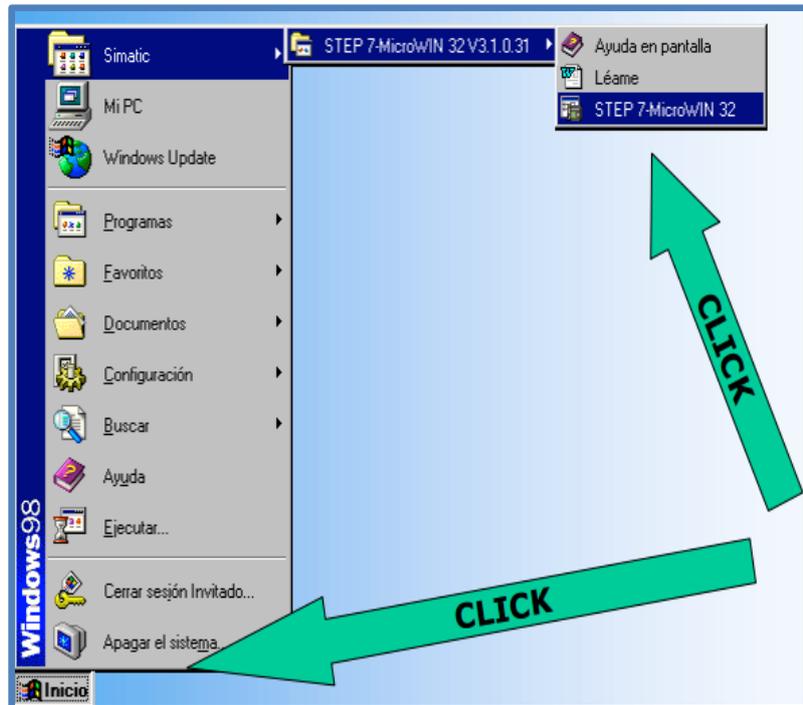


FIGURA N° 06: INSTALACIÓN DEL SOFTWARE STEP 7--MICRO/WIN

2.2.3.2 ELEMENTOS DE LA VENTANA

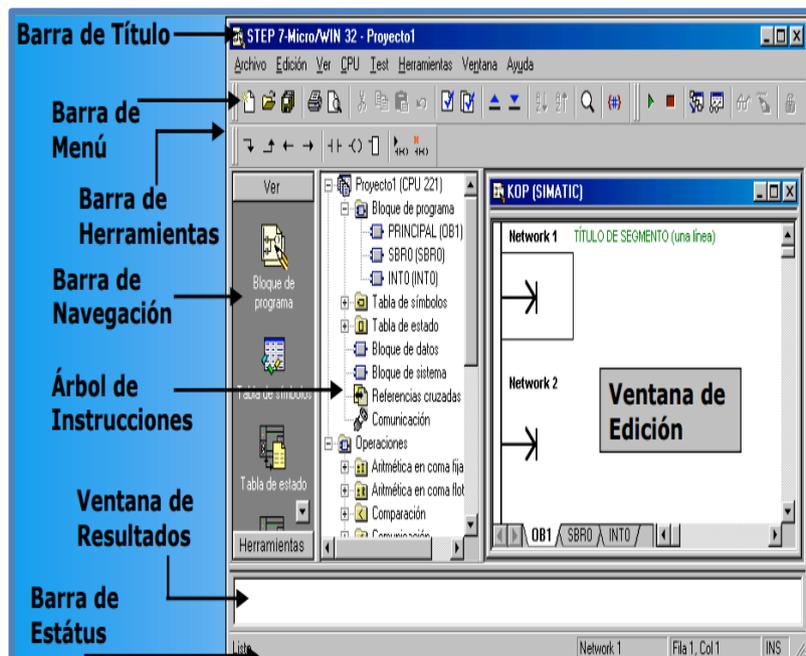


FIGURA N° 07: ELEMENTOS DE LA VENTANA

2.2.3.3 CPU

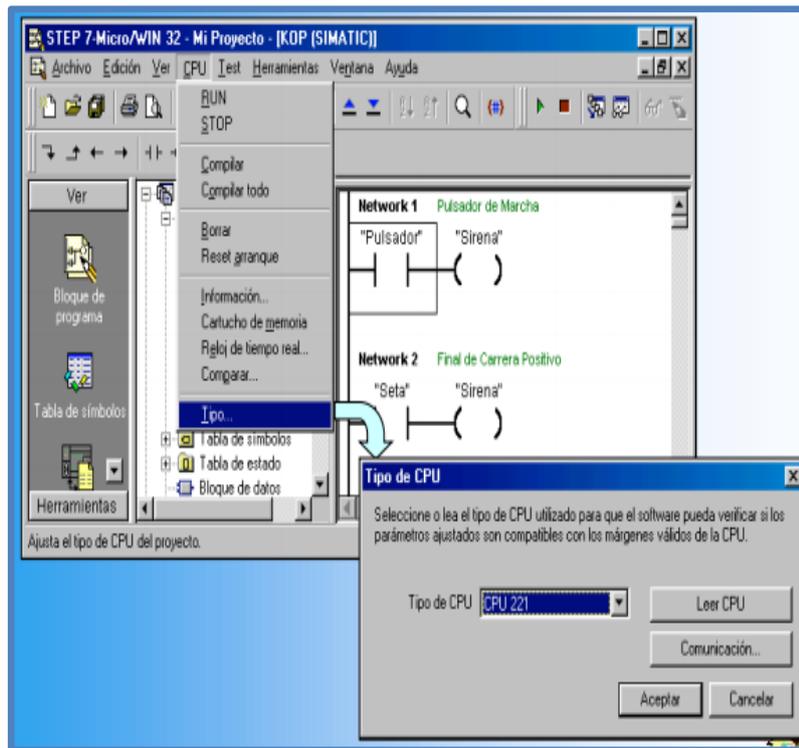


FIGURA N° 08: VENTANA DE TIPO DE CPU

2.2.3.3.1 SELECCIÓN DE CPU

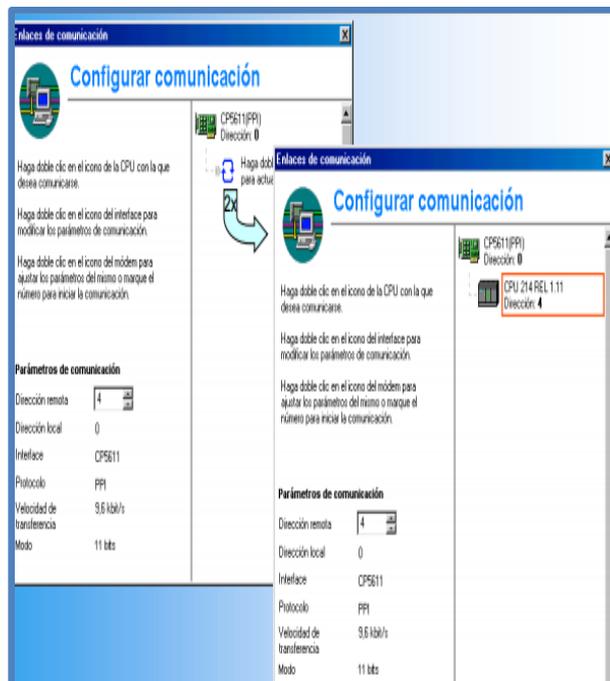


FIGURA N° 09: VENTANA DE ENLACES DE COMUNICACIÓN

2.2.3.3.2 COMPARAR CPU

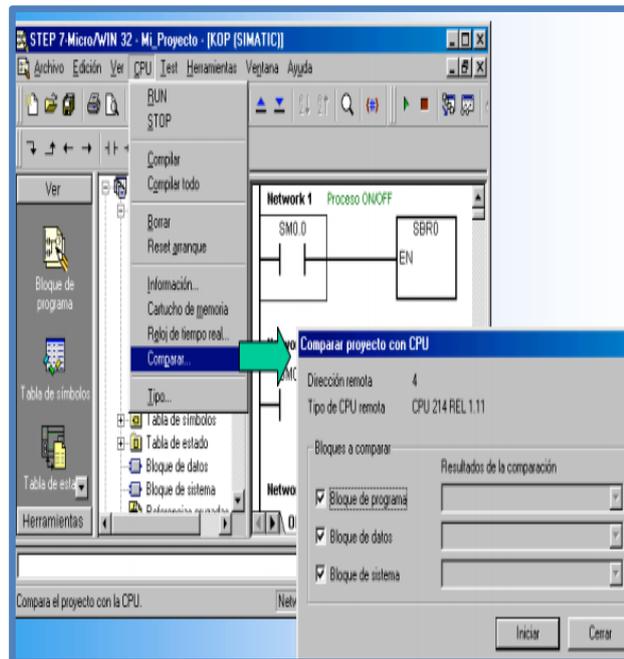


FIGURA N° 10: COMPARAR PROYECTO CON CPU

2.2.3.3.3 BORRAR CPU

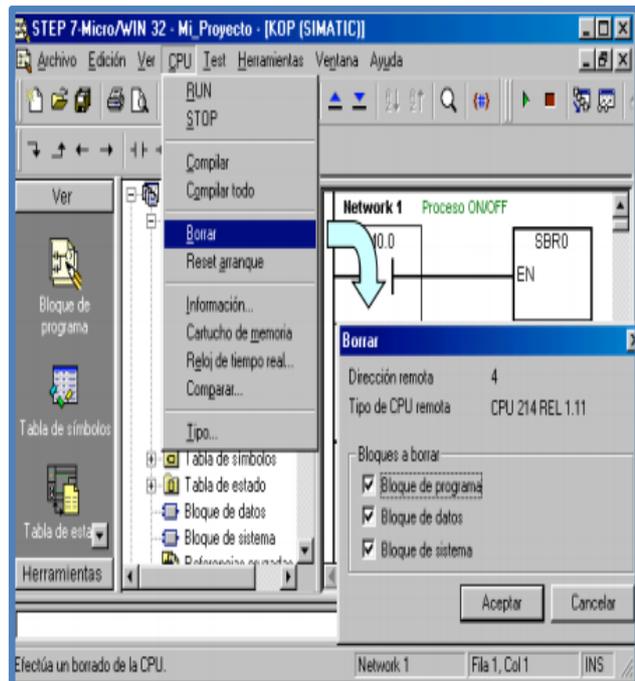


FIGURA N° 11: VENTANA BORRAR

2.2.3.3.4 PUERTOS DE LA CPU

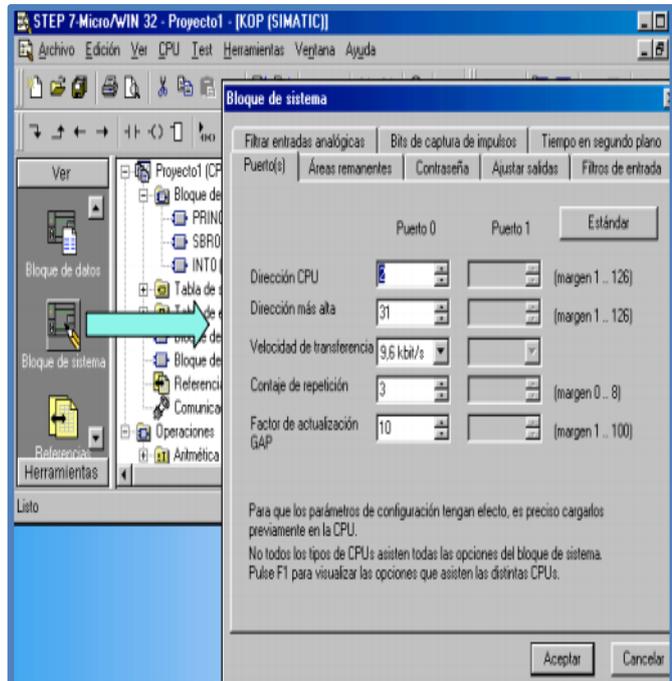


FIGURA N° 12: VENTA BLOQUE DE SISTEMA

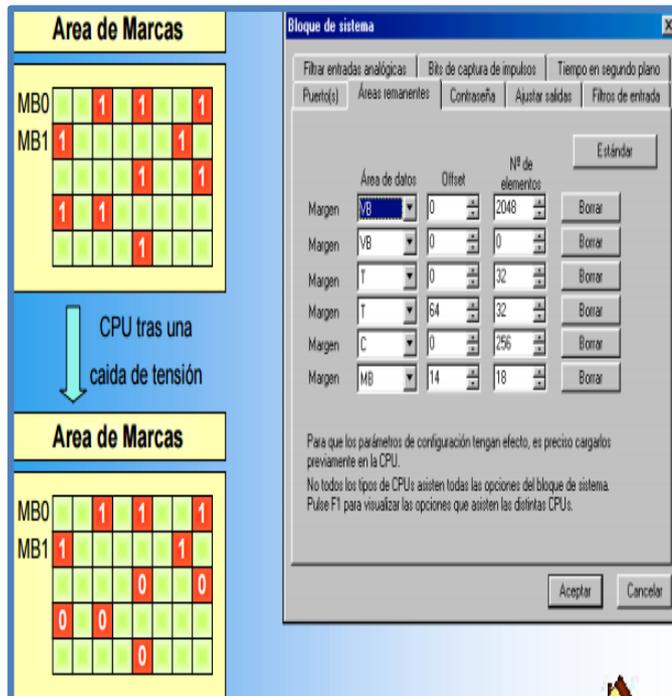


FIGURA N° 13: ÁREAS REMANENTES

2.2.3.4 COMUNICACIONES

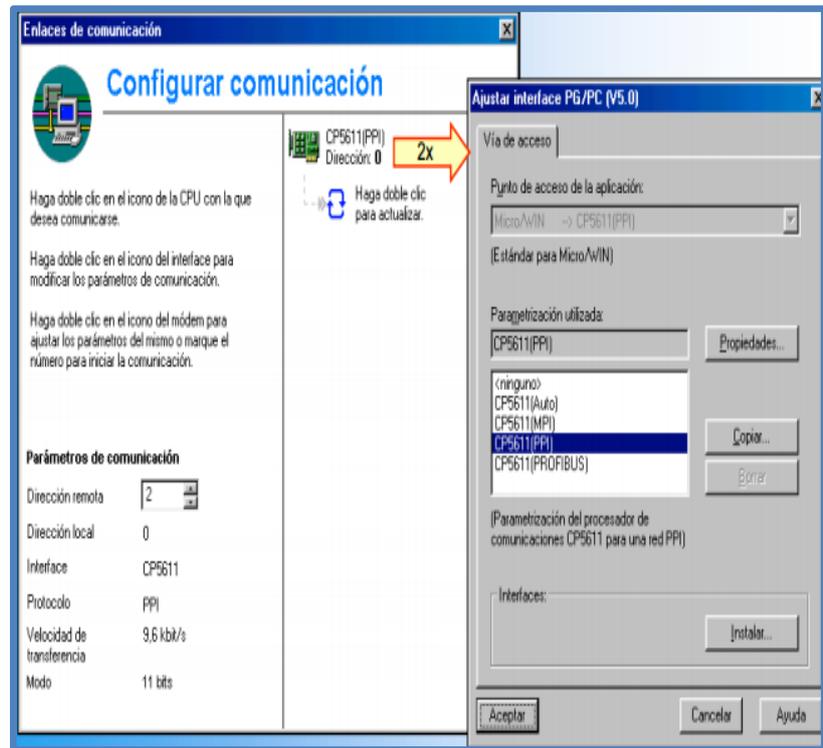


FIGURA N° 14: VENTA DE AJUSTAR INTERFACE

2.2.3.5 VENTANA OPCIONES

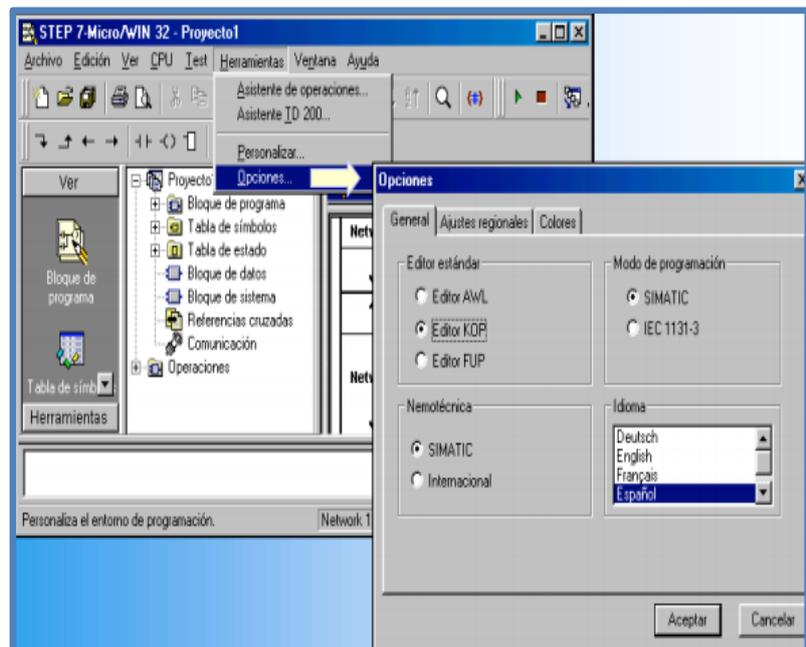


FIGURA N° 15: VENTANA OPCIONES

2.2.4 ARRANCADOR ELECTRÓNICO

Wildi (2007). El comando y protección electrónica de motores provee un desempeño mayor que las soluciones tradicionales electromecánicas. Cuando la necesidad sea arrancar un motor, la opción será elegir entre los métodos tradicionales electromecánicos de arranque (directo o a tensión reducida como estrella-triángulo o autotransformador para motores jaula, o con resistencias rotóricas para motores de rotor bobinado, entre otros), y un arrancador electrónico progresivo. Si las necesidades de la aplicación son de variar velocidad y controlar el par, las opciones son utilizar alguna solución mecánica, un motor especial (de corriente continua, servo, etc.), ó un motor asíncrono jaula de ardilla con variador de frecuencia.

Los arrancadores electrónicos son equipos electrónicos tiristorizados que, mediante el control de las tres fases del motor asíncrono, regulan la tensión y la corriente durante su arranque y parada, realizando un control efectivo del par.

Los sensores de corriente incorporados le envían información al microprocesador, para regular el par ante las diferentes condiciones de carga y proteger al motor de sobrecargas.

La protección térmica está integrada en el arrancador.¹⁴

Se recomienda utilizar un arrancador progresivo cuando sea necesario:

- ✚ Reducir los picos de corriente y eliminar las caídas de tensión en la línea.
- ✚ Reducir los pares de arranque.
- ✚ Acelerar, desacelerar o frenar suavemente, para la seguridad de las personas u objetos transportados.
- ✚ Arrancar máquinas progresivamente, en especial aquellas de fuerte inercia.
- ✚ Adaptar fácilmente el arrancador a las máquinas especiales.
- ✚ Proteger al motor y a la máquina con un sistema de protección muy completo.
- ✚ Supervisar y controlar el motor en forma remota.

El motor acelera sin producir picos de par o de corriente. No pueden controlar la velocidad, ya que no varían la frecuencia, y no producen ahorros energéticos. Suelen instalarse en motores de más de 10 Kw.

2.2.4.1 VARIADORES DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores

¹⁴ WILDI, T. (2007). Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. México, México: PEARSON

asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables. Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- ✚ Dominio de par y la velocidad.
- ✚ Regulación sin golpes mecánicos.
- ✚ Movimientos complejos.
- ✚ Mecánica delicada.

2.2.4.1.1 EL MOTOR

Los variadores de velocidad están preparados para trabajar con motores trifásicos asíncronos de rotor jaula. La tensión de alimentación del motor no podrá ser mayor que la tensión de red. La tensión y frecuencia de placa del motor se comporta de acuerdo al gráfico siguiente:

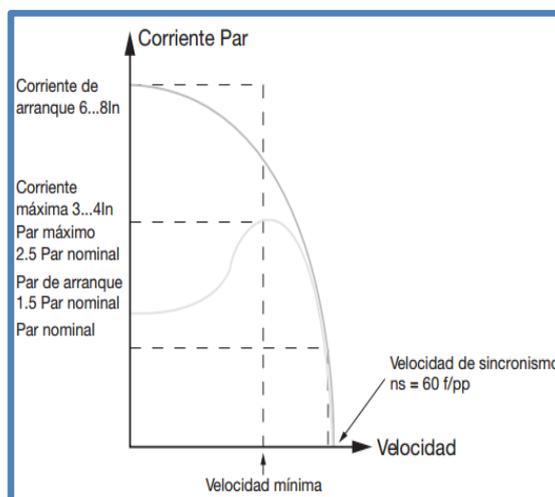


FIGURA N° 16: TENSIÓN Y FRECUENCIA DEL MOTOR

El dimensionamiento del motor debe ser tal que la cupla resistente de la carga no supere la cupla nominal del motor, y que la diferencia entre una y otra provea la cupla acelerante y desacelerante suficiente para cumplir los tiempos de arranque y parada.

2.2.4.1.2 EL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

Se denominan así a los variadores de velocidad que rectifican la tensión alterna de red (monofásica o trifásica), y por medio de seis transistores trabajando en modulación de ancho de pulso generan una corriente trifásica de frecuencia y tensión variable. Un transistor más, llamado de frenado, permite direccionar la energía que devuelve el motor (durante el frenado regenerativo) hacia una resistencia exterior.

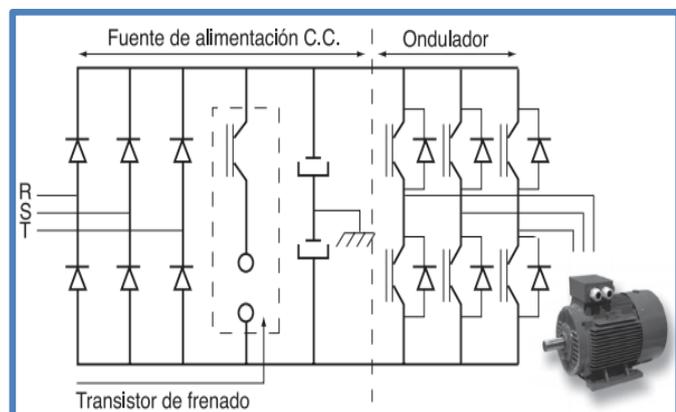


FIGURA N° 17: DIAGRAMA ELECTRÓNICO TÍPICO

La estrategia de disparo de los transistores del ondulator es realizada por un microprocesador que, para lograr el máximo desempeño del motor dentro de todo el rango de velocidad, utiliza un algoritmo de control vectorial de flujo.

Este algoritmo por medio del conocimiento de los parámetros del motor y las variables de funcionamiento (tensión, corriente, frecuencia, etc.), realiza un control preciso del flujo magnético en el motor manteniéndolo constante independientemente de la frecuencia de trabajo.

Al ser el flujo constante, el par provisto por el motor también lo será.

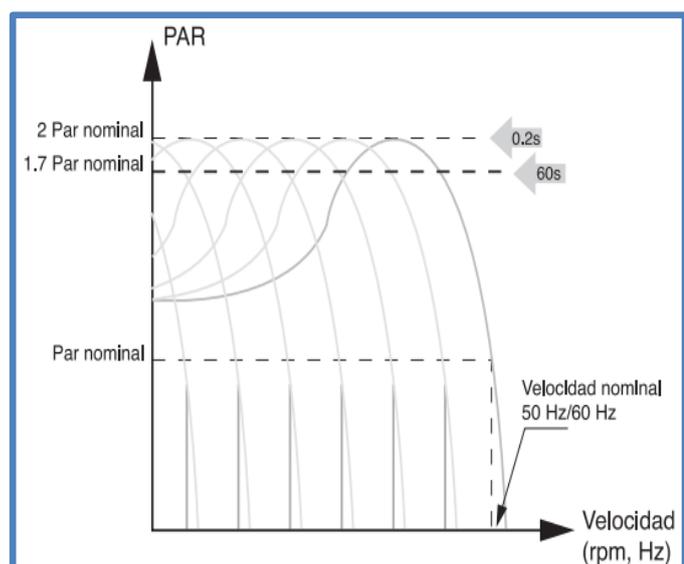


FIGURA N° 18: PAR NOMINAL DEL MOTOR

Está disponible para uso permanente, el 170% del par nominal está disponible durante 60 segundos y el 200% del par nominal está disponible durante 0,2 seg.

2.2.4.2 SELECCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD

Santamaría (2010). Para definir el equipo más adecuado para resolver una aplicación de variación de velocidad, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: ¹⁵

2.2.4.2.1 TIPO DE CARGA:

Par constante, par variable, potencia constante, cargas por impulsos.

2.2.4.2.2 TIPO DE MOTOR:

De inducción rotor jaula de ardilla o bobinado, corriente y potencia nominal, factor de servicio, rango de voltaje.

2.2.4.2.3 RANGOS DE FUNCIONAMIENTO:

Velocidades máximas y mínimas. Verificar necesidad de ventilación forzada del motor.

¹⁵ SANTAMARIA, G. (2010). Electrotecnia. Barcelona, España: EDITEX

2.2.4.2.4 PAR EN EL ARRANQUE:

Verificar que no supere los permitidos por el variador. Si supera el 170% del par nominal es conveniente sobredimensionar al variador.

2.2.4.2.5 FRENADO REGENERATIVO:

Cargas de gran inercia, ciclos rápidos y movimientos verticales requieren de resistencia de frenado exterior.

2.2.4.2.6 CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura ambiente, humedad, altura, tipo de gabinete y ventilación.

2.2.4.2.7 APLICACIÓN MULTIMOTOR:

Prever protección térmica individual para cada motor. La suma de las potencias de todos los motores será la nominal del variador.

2.2.4.2.8 CONSIDERACIONES DE LA RED:

Microinterrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible, transformadores de aislación.

2.2.4.2.9 CONSIDERACIÓN DE LA APLICACIÓN:

Protección del motor por sobre temperatura y/o sobrecarga, contactor de aislación, bypass, de arranque automático, control automático de la velocidad.

2.2.4.2.10 APLICACIONES ESPECIALES:

Compatibilidad electromagnética, ruido audible del motor, bombeo, ventiladores y sopladores, motores en paralelo, etc.

2.2.4.3 CIRCUITO RECOMENDADO

El circuito para utilizar un variador debe constar con algunos de los siguientes elementos:

2.2.4.3.1 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO:

La corriente de línea corresponde a la corriente absorbida por el variador a la potencia nominal de utilización, en una red impedante que limite la corriente de cortocircuito a:

 22 kA para una tensión de alimentación de 400v-50Hz.

 65 kA para una tensión de alimentación de 460v-60Hz.



2.2.4.3.2 CONTACTOR DE LINEA:

Este elemento garantiza un seccionamiento automático del circuito en caso de una emergencia o en paradas por fallas.

Su uso junto con el interruptor automático garantiza la coordinación tipo 2 de la salida y facilita las tareas de puesta en marcha, explotación y mantenimiento. La selección es en función de la potencia nominal y de la corriente nominal del motor en servicio S1 y categoría de empleo AC1.

2.2.4.3.3 INDUCTANCIA DE LINEA:

Estas inductancias permiten garantizar una mejor protección contra las sobretensiones de red, y reducir el índice de armónicos de corriente que produce el variador, mejorando a la vez la distorsión de la tensión en el punto de conexión.

Esta reducción de armónicos determina una disminución del valor rms de corriente tomado de la fuente de alimentación, y una reducción del valor rms de corriente tomado por los componentes de la etapa de entrada del

inversor (rectificador, contactor de precarga, capacitores).

La utilización de inductancias de línea está especialmente recomendada en los siguientes casos:

- ✚ Red muy perturbada por otros receptores.
- ✚ Red de alimentación con desequilibrio de tensión entre fases $>1,8\%$ de la tensión nominal.
- ✚ Variador alimentado por una línea muy poco impedante (cerca de transformadores de potencia superior a 10 veces el calibre del variador). La inductancia de línea mínima corresponde a una corriente de cortocircuito I_{cc} de 22000 A.
- ✚ Instalación de un número elevado de convertidores de frecuencia en la misma línea.
- ✚ Reducción de la sobrecarga de los condensadores de mejora del $\cos \phi$, si la instalación incluye una batería de compensación de factor de potencia.

La selección es de acuerdo a la corriente nominal del variador y su frecuencia de conmutación.

Existen inductancias estándar para cada tipo de variador.

2.2.4.3.4 FILTRO DE RADIO PERTURBACIONES:

Estos filtros permiten limitar la propagación de los parásitos, que generan los variadores por conducción, y que podrían perturbar a determinados receptores situados en las proximidades del aparato (radio, televisión, sistemas de audio, etc.).

Estos filtros sólo pueden utilizarse en redes de tipo TN (Puesta al neutro) y TT (neutro a tierra).

Existen filtros estándar para cada tipo de variador. Algunos variadores los traen incorporados de origen.

2.2.4.3.5 RESISTENCIA DE FRENADO:

Su función es disipar la energía de frenado, permitiendo el uso del variador en los cuadrantes 2 y 4 del diagrama par-velocidad.

De este modo se logra el máximo aprovechamiento del par del motor, durante el momento de frenado y se conoce como frenado dinámico.

Normalmente es un opcional ya que sólo es necesaria en aplicaciones donde se necesitan altos pares de frenado.

La instalación de esta resistencia es muy sencilla: se debe ubicar fuera del gabinete para permitir su correcta disipación, y el variador posee una bornera donde se conecta directamente. De acuerdo al factor de marcha del motor se determina la potencia que deberá disipar la resistencia. Existen tablas para realizar esta selección. El valor óhmico de la resistencia es característico del variador y no debe ser modificado.

2.2.4.4 ARRANCADORES PROGRESIVOS

Se recomienda utilizar un arrancador progresivo cuando sea necesario:

- ✚ Reducir los picos de corriente y eliminar las caídas de tensión en la línea.
- ✚ Reducir los pares de arranque.
- ✚ Acelerar, desacelerar o frenar suavemente, para la seguridad de las personas u objetos transportados.
- ✚ Arrancar máquinas progresivamente, en especial aquellas de fuerte inercia.
- ✚ Adaptar fácilmente el arrancador a las máquinas especiales.
- ✚ Proteger al motor y a la máquina con un sistema de protección muy completo.
- ✚ Supervisar y controlar el motor en forma remota.

Son equipos electrónicos tiristorizados que, mediante el control de las tres fases del motor asíncrono, regulan la tensión y la corriente durante su arranque y la parada, realizando un control efectivo del par. Los sensores de corriente incorporados le envían información al microprocesador, para regular el par ante las diferentes condiciones de carga y proteger al motor de sobrecargas.

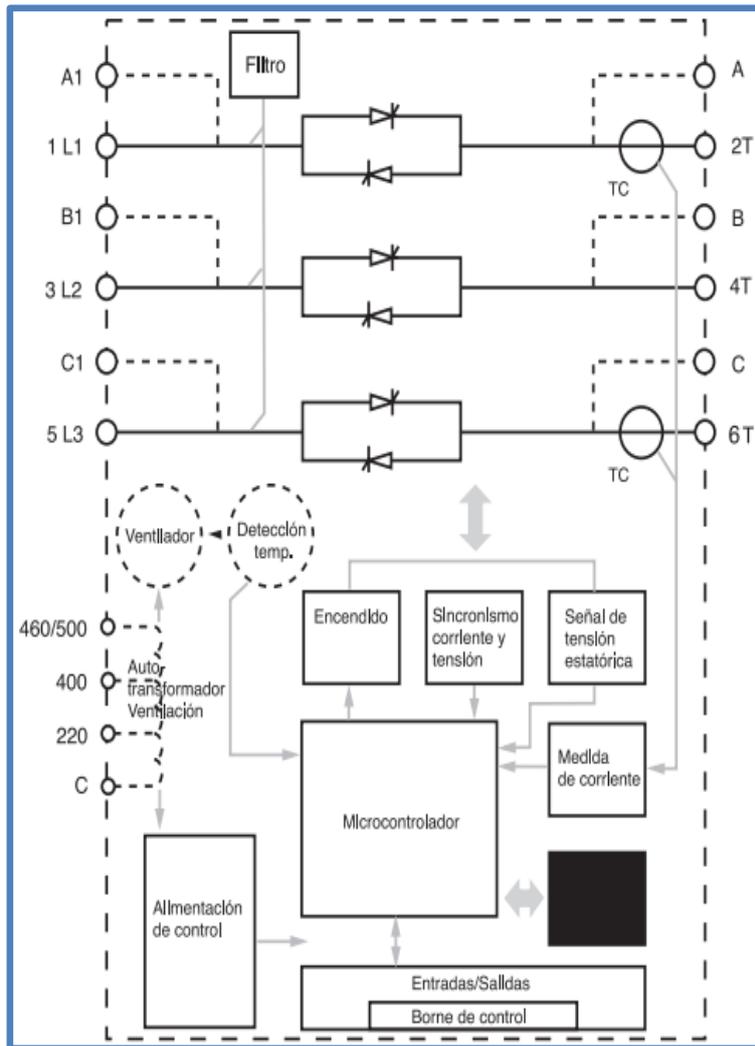


FIGURA N° 19: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

2.2.4.5 SELECCIÓN DE UN ARRANCADOR

Kosow (2006). Se seleccionan en función de la potencia del motor y el tipo de servicio (normal o severo). Se entiende por servicio severo aquellas aplicaciones donde los arranques son muy pesados y largos o muy frecuentes.¹⁶

¹⁶ KOSOW, I. (2006). Control de Máquinas eléctricas. Barcelona, España: REVERTE

TABLA N° 04: MOTORES ASINCRÓNICOS DE 0,18 A 2,2 KW

Motor	Red	Altivar 11			
Potencia indicada en placa	Corriente de línea máxima	Corriente de salida permanente (1)	Corriente transitoria máxima (2)	Potencia disipada a carga (3)	Referencia nominal
kW	A	A	A	W	
Tensión de alimentación monofásica 200...240 V 50/60 Hz					
0.18	2.9	1.1	1.6	12	ATV11HU05M2E
0.37	5.3	2.1	3.1	20.5	ATV11HU09M2E
0.55	6.3	3	4.5	29	ATV11HU12M2E
0.75	8.6	3.6	5.4	37	ATV11HU18M2E
1.5	14.8	6.8	10.2	72	ATV11HU29M2E (4)
2.2	20.8	9.6	14.4	96	ATV11HU41M2E (4)

TABLA N° 05: VARIADORES PARA PAR VARIABLE

Motor	Red		Altivar 21		
Potencia indicada en la placa	Corriente de línea		Corriente disip. a carga	Potencia nom. 60 s	Referencias
kW	A	A	A	A	W
Tensión de alimentación trifásica : 200...240 V 50/60 Hz					
0.75	1.7	1.4	2.2	2.4	ATV 21H075N4
1.5	3.2	2.5	3.7	4	ATV 21HU15N4
2.2	4.6	3.6	5.1	5.6	ATV 21HU22N4
3	6.2	4.9	7.2	7.9	ATV 21HU30N4
4	8.1	6.4	9.1	10	ATV 21HU40N4
5.5	10.9	8.6	12	13.2	ATV 21HU55N4
7.5	14.7	11.7	16	17.6	ATV 21HU75N4
11	21.1	16.8	22.5	24.8	ATV 21HD11N4
15	28.5	22.8	30.5	33.6	ATV 21HD15N4
18.5	34.8	27.8	37	40.7	ATV 21HD18N4
22	41.6	33.1	43.5	47.9	ATV 21HD22N4
30	56.7	44.7	58.5	64.4	ATV 21HD30N4
37	68.9	54.4	79	86.9	ATV 21HD37N4
45	83.8	65.9	94	103.4	ATV 21HD45N4
55	102.7	89	116	127.6	ATV 21HD55N4
75	141.8	111.3	160	176	ATV 21HD75N4

TABLA N° 06: VARIADORES STANDARD CON RADIADORES

Motor kW	Red		Altivar 31			Potencia W	Referencias (5)
	Corriente de línea (2) a U1	Corriente a U2(3)	Corriente nominal 4 kHz	Corriente trans. máx. dur. 60 s	Potencia disipada a carga nom.		
Tensión de alim. monofásica: 200...240 V 50/60 Hz, c/filtros CEM integrados							
0,18	3,0	2,5	1,5	2,3	24	ATV 31H018M2 (6)	
0,37	5,3	4,4	3,3	5	41	ATV 31H037M2 (6)	
0,55	6,8	5,8	3,7	5,6	46	ATV 31H055M2 (6)	
0,75	8,9	7,5	4,8	7,2	60	ATV 31H075M2 (6)	
1,1	12,1	10,2	6,9	10,4	74	ATV 31HU11M2 (6)	
1,5	15,8	13,3	8	12	90	ATV 31HU15M2 (6)	
2,2	21,9	18,4	11	16,5	123	ATV 31HU22M2 (6)	
Tensión de alim. trifásica: 380...500 V 50/60 Hz, c/filtros CEM integrados							
0,37	2,2	1,7	1,5	2,3	32	ATV 31H037N4 (6)	
0,55	2,8	2,2	1,9	2,9	37	ATV 31H055N4 (6)	
0,75	3,6	2,7	2,3	3,5	41	ATV 31H075N4 (6)	
1,1	4,9	3,7	3	4,5	48	ATV 31HU11N4 (6)	
1,5	6,4	4,8	4,2	6,2	61	ATV 31HU15N4 (6)	
2,2 3	6,7	5,9	5	7	9	ATV 31HU22N4 (6)	
3	10,9	8,3	7,1	10,7	125	ATV 31HU30N4 (6)	
4	13,9	10,6	9,2	14,3	150	ATV 31HU40N4 (6)	
5,5	21,9	16,5	15	21,5	232	ATV 31HU55N4 (6)	
7,5	27,7	21	18	25,5	269	ATV 31HU75N4 (6)	
11	37,2	28,4	25	41,6	397	ATV 31HD11N4 (6)	
15	48,2	36,8	32	49,5	492	ATV 31HD15N4 (6)	

TABLA N° 07: VARIADORES PARA PAR VARIABLE CON RED:

TRIFÁSICA 200-240 V

Motor kW	Variador HP (4)	Referencias
0,37	0,5	ATV 61H037M3(1)
0,75	1	ATV 61H075M3(1)
1,5	2	ATV 61HU15M3(1)
2,2	3	ATV 61HU22M3(1)
3	–	ATV 61HU30M3(1)
4	5	ATV 61HU40M3(2)
5,5	7,5	ATV 61HU55M3(2)
7,5	10	ATV 61HU75M3(2)
11	15	ATV 61HD11M3X(3)
15	20	ATV 61HD15M3X(3)
18,5	25	ATV 61HD18M3X(3)
22	30	ATV 61HD22M3X(3)
30	40	ATV 61HD30M3X(3)
37	50	ATV 61HD37M3X(3)
45	60	ATV 61HD45M3X(3)
55	75	ATV 61HD55M3X(3)
75	100	ATV 61HD75M3X(3)

TABLA N° 08: VARIADORES PARA PAR VARIABLE CON RED:

TRIFÁSICA 380-480 V

Motor	Variador	Referencias
kW	HP (4)	
0,75	1	ATV 61H075N4
1,5	2	ATV 61HU15N4
2,2	3	ATV 61HU22N4
3	–	ATV 61HU30N4
4	5	ATV 61HU40N4
5,5	7,5	ATV 61HU55N4
7,5	10	ATV 61HU75N4
11	15	ATV 61HD11N4
15	20	ATV 61HD15N4
18,5	25	ATV 61HD18N4
22	30	ATV 61HD22N4
30	40	ATV 61HD30N4
37	50	ATV 61HD37N4
45	60	ATV 61HD45N4
55	75	ATV 61HD55N4
75	100	ATV 61HD75N4
90	125	ATV 61HD90N4
110	150	ATV 61HC11N4
132	200	ATV 61HC13N4
160	250	ATV 61HC16N4
200	300	ATV 61HC20N4
220	350	ATV 61HC25N4
250	400	ATV 61HC25N4
280	450	ATV 61HC28N4
315	500	ATV 61HC31N4
355	–	ATV 61HC40N4
400	600	ATV 61HC40N4
500	700	ATV 61HC50N4

TABLA N° 09: ALTIVAR 71 PARA TRIFÁSICA 200...240 V RED:

Motor	Variador	Referencias
kW	HP (4)	
0,37	0,5	ATV 71H037M3(1)
0,75	1	ATV 71H075M3(1)
1,5	2	ATV 71HU15M3(1)
2,2	3	ATV 71HU22M3(1)
3	–	ATV 71HU30M3(1)
4	5	ATV 71HU40M3(2)
5,5	7,5	ATV 71HU55M3(2)
7,5	10	ATV 71HU75M3(2)
11	15	ATV 71HD11M3X(3)
15	20	ATV 71HD15M3X(3)
18,5	25	ATV 71HD18M3X(3)
22	30	ATV 71HD22M3X(3)
30	40	ATV 71HD30M3X(3)
37	50	ATV 71HD37M3X(3)
45	60	ATV 71HD45M3X(3)
55	75	ATV 71HD55M3X(3)
75	100	ATV 71HD75M3X(3)

TABLA N° 10: ALTIVAR 71 PARA RED: TRIFÁSICA 380...480 V

Motor	Variador	Referencias
kW	HP (4)	
0,75	1	ATV 71H075N4
1,5	2	ATV 71HU15N4
2,2	3	ATV 71HU22N4
3	–	ATV 71HU30N4
4	5	ATV 71HU40N4
5,5	7,5	ATV 71HU55N4
7,5	10	ATV 71HU75N4
11	15	ATV 71HD11N4
15	20	ATV 71HD15N4
18,5	25	ATV 71HD18N4
22	30	ATV 71HD22N4
30	40	ATV 71HD30N4
37	50	ATV 71HD37N4
45	60	ATV 71HD45N4
55	75	ATV 71HD55N4
75	100	ATV 71HD75N4
90	125	ATV 71HD90N4
110	150	ATV 71HC11N4
132	200	ATV 71HC13N4
160	250	ATV 71HC16N4
200	300	ATV 71HC20N4
220	350	ATV 71HC25N4
250	400	ATV 71HC25N4
280	450	ATV 71HC28N4
315	500	ATV 71HC31N4
355	–	ATV 71HC40N4
400	600	ATV 71HC40N4
500	700	ATV 71HC50N4

2.2.5 RECTIFICADOR CONTROLADOR DE SILICIO (SCR) o TIRISTOR

Lilen (2010). La aparición del tiristor o más concretamente rectificador controlado de como en silicio -S.C.R., ha materializado un cambio decisivo tanto en la concepción la realización de inversores y convertidores de potencia eléctrica.

Desde el punto de vista de su utilización, el S.C.R. vino inicialmente a sustituir al tiratrón en los circuitos empleados en electrónica industrial; en este sentido. Puede decirse que, como componente activo de los circuitos electrónicos, el S.C.R. representó un gran adelanto respecto a aquél.

Si bien ambos componentes son semejantes en cuanto a su forma de actuar, no lo son en sus características eléctricas, en las que resulta muy superior el S.C.R, ni en sus características mecánicas, donde el peso, volumen y robustez no admiten competencia.¹⁷

2.2.5.1 DESCRIPCIÓN BÁSICA

El S.C.R. está constituido por cuatro capas de silicio dopadas alternativamente con impurezas del tipo P y del tipo N.

La región terminal P_2 es el ánodo (A) y la otra región terminal N_1 el cátodo (K). La puerta (G) se sitúa en la zona P_1 .

Las situaciones o estados en los que se puede encontrar el S.C.R. vienen determinados por la polarización a la que esté sometido y, como su nombre indica (controlado),

¹⁷ LILEN, H. (2010). Tiristores y TRIAC. Barcelona, España: MARCOMBO

mediante una señal exterior se le puede cambiar de uno a otro.

Con polarización inversa (A negativo respecto a K) las uniones U_1 y U_3 quedan polarizadas inversamente; la corriente a través del dispositivo será debida a portadores minoritarios, siendo muy pequeña y pudiéndose considerar casi nula para cualquier valor de la tensión de polarización menor que la máxima inversa aplicable V_{BOR} , a la que se produce la ruptura por avalancha, con posibilidad de destrucción del componente.

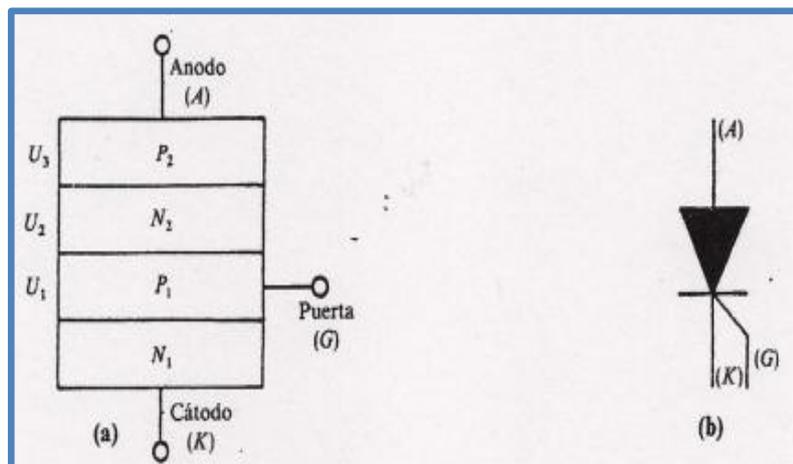


FIGURA N° 20: (A) CONSTITUCIÓN INTERNA DEL S.C.R. Y (B) SÍMBOLO

Con polarización directa ($V_A > V_K$) solamente la unión U_2 queda polarizada inversamente, por lo que la única corriente que circula por el dispositivo es la inversa de saturación correspondiente y, también, muy pequeña

hasta un valor de polarización V_{BO}' llamado de avalancha, ruptura o de cebado, en el que la corriente a través del dispositivo crece de forma abrupta, no siendo recomendable establecer dicha conducción por este método. Hasta dicho valor V_{BO} .

Si con polarización directa se introduce una corriente en la puerta (G) que contribuya a aumentar el tipo de portadores que predominan en esa zona (siendo P1: la corriente será positiva), se conseguirá que, por efecto de la difusión, aumente también el número de portadores mayoritarios que constituirán una corriente de elevado valor que cebará el S.C.R., siendo ésta limitada exclusivamente por la impedancia exterior al dispositivo.

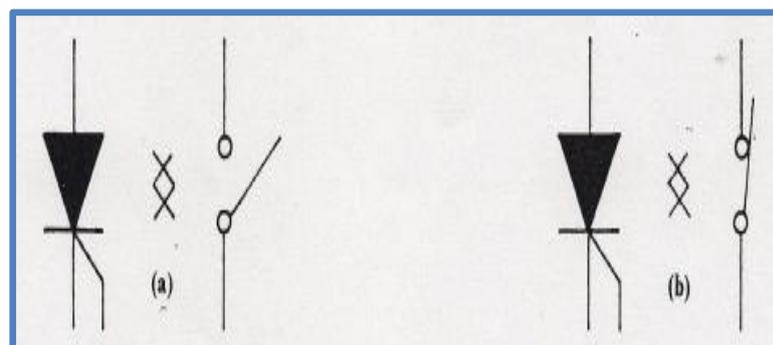


FIGURA N° 21: ESTADOS DEL S.C.R. (A) BLOQUEO DIRECTO E INVERSO. Y (B) CONDUCCIÓN

En la Figura, se hace otra representación equivalente del S.C.R. en la que éste se ha desdoblado en dos partes desplazadas físicamente, pero que permanecen

eléctricamente conectadas. Este desdoblamiento se ha hecho con la intención de que el dispositivo pueda considerarse como dos transistores en oposición (un PNP y un NPN), siendo las regiones N_2 y P_1 , bases y colectores, a la vez y respectivamente, de ambos transistores.

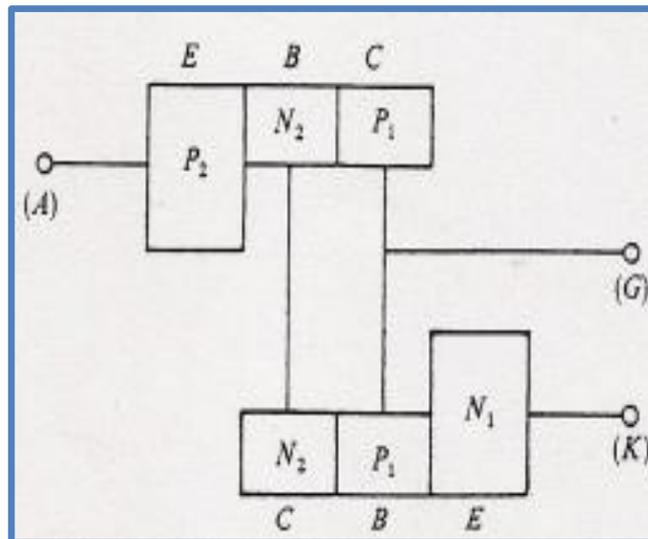


FIGURA N° 22: CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TIRISTOR

Al polarizar el ánodo positivamente respecto al cátodo, se inyectan electrones y huecos en sus extremos; estos portadores se difunden, respectivamente, a través de las uniones N_1 - P_1 y P_2 - N_2 , realimentándose en el bucle interno de ambos transistores. Mientras dicha polarización permanezca dentro de ciertos límites, la cantidad de portadores se mantiene estable y de valores pequeños. Cuando la tensión ánodo-cátodo aumenta hasta un valor crítico V_{BO} , se generan tal cantidad de portadores que,

por efecto de la realimentación y los factores de amplificación de los transistores, el tiristor pasa 'al estado de conducción, Esta forma de establecer la conducción (cebado) es desaconsejable en la mayoría de los casos, ya que el elemento no ha sido diseñado para soportar esa corriente inversa de fugas.

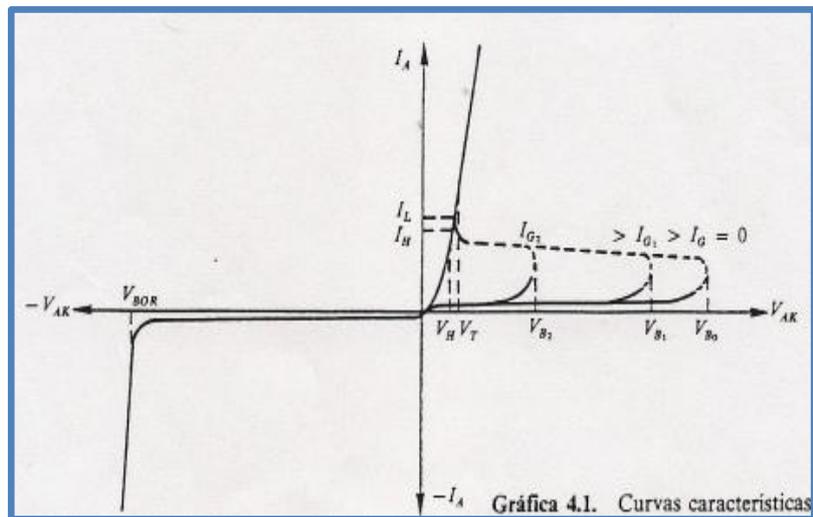


FIGURA N° 23: CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL S.C.R.

2.2.5.2 FUNCIONAMIENTO

2.2.5.2.1 CARACTERÍSTICA TENSIÓN-CORRIENTE

En este circuito se presenta un ejemplo de utilización donde, mediante la posición del conmutador (S), se controla la aplicación de potencia a la carga (R_1).

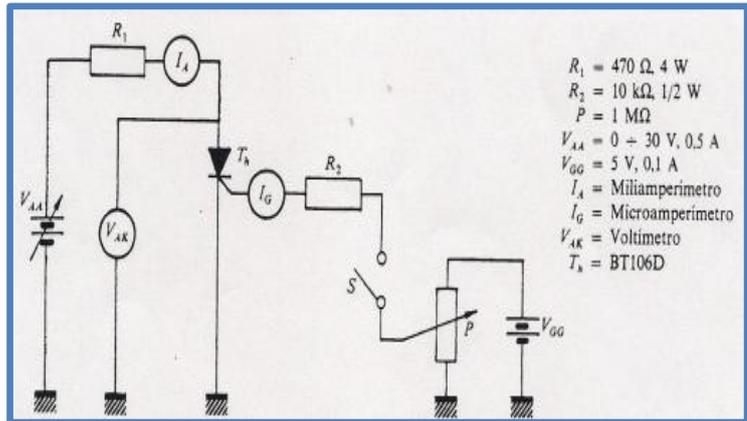


FIGURA N° 24: CIRCUITO PARA LA OBTENCIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DIRECTA DEL S.C.R.

El tiristor pasa al estado de conducción y su tensión ánodo-cátodo ha disminuido a un valor V_T . En esa situación, la corriente de ánodo I_A presenta un valor.

$$I_A = \frac{V_{AA} - V_T}{R_1}$$

Cuando el S.C.R. conduce, e se carga, a la tensión V_{AA} , a través de R_1 y del mismo tiristor con la polaridad indicada. Al cerrar S , el condensador queda conectado en paralelo con el S.C.R. y sus tensiones respectivas en oposición; como e se ha cargado a una tensión

VAA , valor mayor que VT , el tiristor queda momentáneamente sometido a una polarización inversa de valor.

$$V_{AK} = V_T - V_{AA}$$

2.2.5.3 CALCULO DE VARIADOR DE VELOCIDAD

Mediante la variación de la frecuencia aplicada al motor se varía la velocidad del motor con base en la siguiente relación:

$n_s = \frac{120 * f}{p}$	n_s es la velocidad sincrónica f es la frecuencia aplicada p es el número de polos
---------------------------	--

2.2.6 TRIAC

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

El triac puede ser disparado independientemente de la polarización de puerta, es decir, mediante una corriente de puerta positiva o negativa.

Cuando el triac conduce, hay una trayectoria de flujo de corriente de muy baja resistencia de una terminal a la otra, dependiendo la dirección de flujo de la polaridad del voltaje externo aplicado.

Cuando el voltaje es más positivo en MT2, la corriente fluye de MT2 a MT1 en caso contrario fluye de MT1 a MT2. En ambos casos el triac se comporta como un interruptor cerrado. Cuando el triac deja de conducir no puede fluir corriente entre las terminales principales sin importar la polaridad del voltaje externo aplicado por tanto actúa como un interruptor abierto. Debe tenerse en cuenta que si se aplica una variación de tensión importante al triac (dv/dt) aún sin conducción previa, el triac puede entrar en conducción directa.

2.2.6.1 CONSTRUCCIÓN BÁSICA, SÍMBOLO, DIAGRAMA EQUIVALENTE

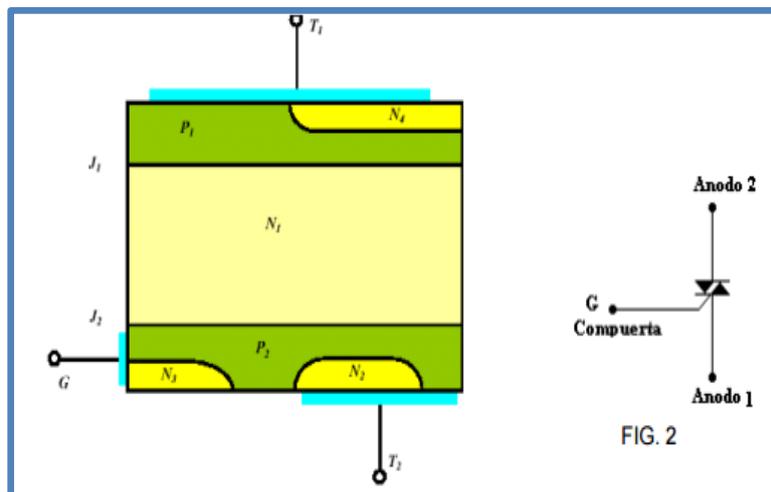


FIGURA N° 25: ESTRUCTURA DEL TRIAC

La estructura contiene seis capas como se indica en la figura, aunque funciona siempre como un tiristor de cuatro capas. En sentido MT2-MT1 conduce a través de P1N1P2N2 y en sentido MT1-MT2 a través de P2N1P1N4.

La capa N3 facilita el disparo con intensidad de puerta negativa. La complicación de su estructura lo hace más delicado que un tiristor en cuanto a di/dt y dv/dt y capacidad para soportar sobre intensidades.

Se fabrican para intensidades de algunos amperios hasta unos 200 A eficaces y desde 400 a 1000 V de tensión de pico repetitivo.

Los triac son fabricados para funcionar a frecuencias bajas, los fabricados para trabajar a frecuencias medias son denominados alternistores.

2.2.6.2 MÉTODOS DE DISPARO

Como hemos dicho, el Triac posee dos ánodos denominados (MT1 y MT2) y una compuerta G.

La polaridad de la compuerta G y la polaridad del ánodo 2, se miden con respecto al ánodo 1.

El triac puede ser disparado en cualquiera de los dos cuadrantes I y III mediante la aplicación entre los terminales de compuerta G y MT1 de un impulso positivo o negativo.

Esto le da una facilidad de empleo grande y simplifica mucho el circuito de disparo. Veamos cuáles son los fenómenos internos que tienen lugar en los cuatro modos posibles de disparo.

- ✚ El primer modo del primer cuadrante designado por I (+), es aquel en que la tensión del ánodo MT2 y la tensión de la compuerta son positivas con respecto al ánodo MT1 y este es el modo más común (Intensidad de compuerta entrante).

La corriente de compuerta circula internamente hasta MT1, en parte por la unión P2N2 y en parte a través de la zona P2.

Se produce la natural inyección de electrones de N2 a P2, que es favorecida en el área próxima a la compuerta por la caída de tensión que produce en P2 la circulación lateral de corriente de compuerta.

Esta caída de tensión se simboliza en la figura por signos + y - .

Parte de los electrones inyectados alcanzan por difusión la unión P2N1 que bloquea el potencial exterior y son acelerados por ella iniciándose la conducción.

✚ El Segundo modo, del tercer cuadrante, y designado por III(-) es aquel en que la tensión del ánodo MT2 y la tensión de la compuerta son negativos con respecto al ánodo MT1 (Intensidad de compuerta saliente).

Se dispara por el procedimiento de puerta remota, conduciendo las capas P2N1P1N4.

La capa N3 inyecta electrones en P2 que hacen más conductora la unión P2N1.

La tensión positiva de T1 polariza el área próxima de la unión P2N1 más positivamente que la próxima a la puerta.

Esta polarización inyecta huecos de P2 a N1 que alcanzan en parte la unión N1P1 y la hacen pasar a conducción.

- ✚ El tercer modo del cuarto cuadrante, y designado por I(-) es aquel en que la tensión del ánodo MT2 es positiva con respecto al ánodo MT1 y la tensión de disparo de la compuerta es negativa con respecto al ánodo MT1(Intensidad de compuerta saliente).

El disparo es similar al de los tiristores de puerta de unión. Inicialmente conduce la estructura auxiliar P1N1P2N3 y luego la principal P1N1P2N2.

El disparo de la primera se produce como en un tiristor normal actuando T1 de puerta y P de cátodo.

Toda la estructura auxiliar se pone a la tensión positiva de T2 y polariza fuertemente la unión P2N2 que inyecta electrones hacia el área de potencial positivo.

La unión P2N1 de la estructura principal, que soporta la tensión exterior, es invadida por electrones en la vecindad de la estructura auxiliar, entrando en conducción.

- ✚ El cuarto modo del Segundo cuadrante y designado por III(+) es aquel en que la tensión del ánodo T2 es negativa con respecto al ánodo MT1, y la tensión de disparo de la compuerta es positiva con respecto al ánodo MT1(Intensidad de compuerta entrante).

El disparo tiene lugar por el procedimiento llamado de puerta remota.

Entra en conducción la estructura P2N1P1N4. La inyección de N2 a P2 es igual a la descrita en el modo I(+).

Los que alcanzan por difusión la unión P2N1 son absorbidos por su potencial de unión, haciéndose más conductora.

El potencial positivo de puerta polariza más positivamente el área de unión P2N1 próxima a

ella que la próxima a T1, provocándose una inyección de huecos desde P2 a N1 que alcanza en parte la unión N1P1 encargada de bloquear la tensión exterior y se produce la entrada en conducción.

El estado I(+), seguido de III(-) es aquel en que la corriente de compuerta necesaria para el disparo es mínima.

En el resto de los estados es necesaria una corriente de disparo mayor.

El modo III(+) es el de disparo más difícil y debe evitarse su empleo en lo posible.

En general, la corriente de encendido de la compuerta, dada por el fabricante, asegura el disparo en todos los estados.

2.2.6.3 FORMAS DE ONDA DE LOS TRIACS

La corriente promedio entregada a la carga puede variarse alterando la cantidad de tiempo por ciclo que el triac permanece en el estado encendido.

Si permanece una parte pequeña del tiempo en el estado encendido, el flujo de corriente promedio a través de muchos ciclos será pequeño, en cambio si permanece durante una parte grande del ciclo de tiempo encendido, la corriente promedio será alta.

Un triac no está limitado a 180 de conducción por ciclo. Con un arreglo adecuado del disparador, puede conducir durante el total de los 360 del ciclo.

Por tanto proporciona control de corriente de onda completa, en lugar del control de media onda que se logra con un SCR.

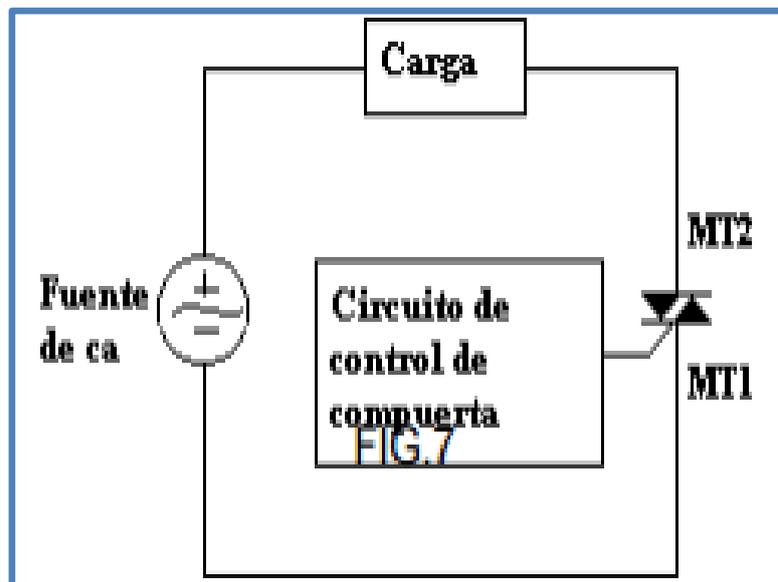


FIGURA N° 26: LA RELACIÓN EN EL CIRCUITO ENTRE LA FUENTE DE VOLTAJE

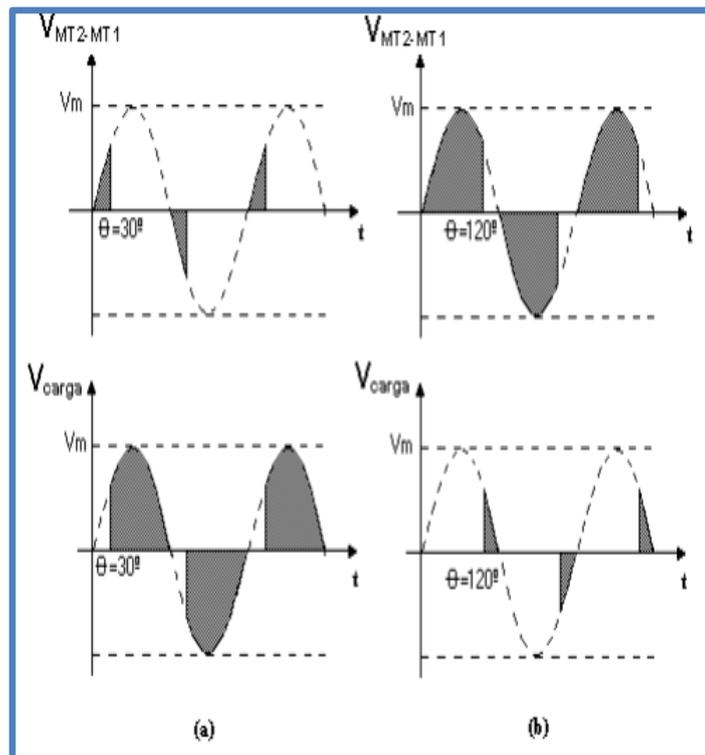


FIGURA N° 27: FORMA DE ONDAS

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- ✚ **Actuador:** Dispositivo que transforma señales eléctricas en diferente tipo de energía, produciendo un efecto sobre un proceso (normalmente bajo un esquema de control).
- ✚ **Aislamientos:** es el medio para separar con seguridad los componentes de conducción eléctrica entre sí, y proteger contra agentes ambientales nocivos como el polvo, productos químicos calor y vibraciones.
- ✚ **Analógica:** Representación continua de variables físicas, como la tensión o la intensidad. Algunas computadoras y una gran cantidad de equipos de prueba y de medición usan circuitos analógicos.

- ✚ **Armadura (rotor):** En un motor, la armadura recibe corriente de una fuente Externa, lo cual hace que la armadura gire.
- ✚ **Autómata:** con movimiento propio.
- ✚ **Automatización industrial:** La automatización industrial (automatización: del griego antiguo auto, 'guiado por uno mismo') es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias o procesos industriales.
- ✚ **Base de datos:** Colección de datos organizada de tal modo que el computador pueda acceder rápidamente a ella. Una base de datos relacional es aquella en la que las conexiones entre los distintos elementos que forman la base de datos están almacenadas explícitamente
- ✚ **Codificador:** Un codificador es un circuito combinacional con 2^N entradas y N salidas, cuya misión es presentar en la salida el código binario correspondiente a la entrada activada. Existen dos tipos fundamentales de codificadores: codificadores sin prioridad y codificadores con prioridad.
- ✚ **Control:** Selección de las entradas de un sistema de manera que los estados o salidas cambien de acuerdo con una manera deseada.
- ✚ **Control lógico:** Control en el cual, de acuerdo con unos eventos que se dan en una secuencia determinada, se toma una acción de un número limitado de posibilidades (por lo general, de encendido o apagado: on-off).
- ✚ **Devanado de la armadura:** Las bobinas de las armaduras que se usan en las máquinas grandes de corriente continua generalmente se

encuentran enrolladas en su forma final, antes de ser colocadas en la armadura.

- ✚ **Entrada:** Cualquier evento externo (dato, conocimiento u opinión) que se provee a un sistema para modificar el sistema de cualquier manera.
- ✚ **Interfaz:** “Interface”. Se utiliza para nombrar a la conexión funcional entre dos sistemas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles permitiendo el intercambio de información.
- ✚ **Lógica:** Conjunto de reglas usadas para gestionar inferencias creíbles.
- ✚ **Máquina:** Artificio o conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada o para producir un efecto determinado.
- ✚ **Memoria:** Área de almacenamiento temporal para información y aplicaciones. Dispositivo de un ordenador que almacena datos y programas. Mecanismo o mecanismos utilizados por el ordenador para guardar la información y los programas que se procesan.
- ✚ **Motor eléctrico:** es una máquina que puede convertir la energía eléctrica en movimiento rotatorio, con el objeto de que efectúe un trabajo útil usando esa energía, la cual es transferida a diferentes equipos y máquinas.
- ✚ **Motor de corriente continua:** El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica continua en mecánica, provocando un movimiento rotatorio.

- ✚ **Motores de corriente continua:** Los motores de corriente continua han sido clasificados eléctricamente según la forma en que sus devanados de campo están conectados a la fuente de energía eléctrica que los impulsa.
- ✚ **Motor tipo serie:** el devanado de campo y el de armadura están conectados en serie con el circuito de entrada. En el motor derivado, el devanado de campo y el de armadura se conectan en paralelo al circuito de entrada.
- ✚ **Motores asíncronos:** El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras.
- ✚ **Motores síncronos:** Se puede utilizar un alternador como motor en determinadas circunstancias. Si se excita el campo con c-c y se alimenta por los anillos colectores a la bobina del rotor con c-a, la máquina no arrancará.
- ✚ **Motores de jaula de ardilla:** La mayor parte de los motores que funcionan con c-a de una sola fase tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Los rotores de jaula de ardilla reales son mucho más compactos y tienen un núcleo de hierro laminado.
- ✚ **Optimización:** Actividad que intenta la búsqueda de la mejor (óptima) solución a un problema.
- ✚ **Periférico:** Dispositivo externo o interno que se conecta al ordenador.
- ✚ **PLC:** Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas

programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

- ✚ **Procesamiento de datos:** Técnicas eléctricas o mecánicas usadas para manipular datos para el empleo humano o de máquinas.
- ✚ **Variador de velocidad:** El variador de velocidad, es un control para el motor de inducción tipo "jaula de ardilla" que es el motor más económico, simple y robusto que hay y se distingue por ser él más usado en la industria por estas ventajas.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL AUTOMATISMO CON PLC SIEMENS 200 DE UN ARRANCADOR ELECTRÓNICO

Con el propósito de disminuir la corriente de arranque de un sistema de accionamiento de tres motores que establecen el funcionamiento de una centrifugadora mediante un automatismo con PLC Siemens 200 de un arrancador electrónico, a continuación describiremos las características de cada uno de los componentes que formaran parte del automatismo que emule el proceso:

En primer lugar este emulador de arranque de motores por arrancador electrónico, utilizará el arrancador SIRIUS 3RW3016-1BB14: 3 HP, 9 A, 220 V, 40°C, de la marca SIEMENS, ya que presenta autoprotección electrónica, protección de sobrecarga del motor, evaluación de protección

de motor por termistor, Reset externo, limitación de corriente ajustable en conexión en triángulo interior.

Los arrancadores electrónicos SIRIUS 3RW30 disponen de dos tiristores conectados en anti paralelo en dos de las tres fases. Se trata de control por recorte de fase con control bifásico y contactos de bypass integrados. La corriente en la tercera fase no controlada es una suma de las corrientes de las fases controladas. Variando el recorte de fase, el valor eficaz de la tensión del motor aumenta dentro de un tiempo de arranque seleccionable desde una tensión de arranque ajustable hasta la tensión asignada del motor. La intensidad del motor tiene un comportamiento proporcional a la tensión aplicada al motor.

De este modo, la corriente de arranque se reduce en el mismo factor que la tensión aplicada al motor. Así, el par de arranque se reduce de forma cuadrática con la tensión aplicada al motor.

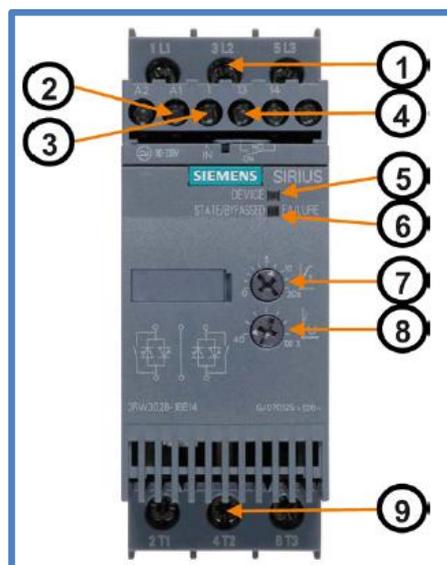


FIGURA N° 28: CONEXIONADO Y REGULACIÓN DEL ARRANCADOR

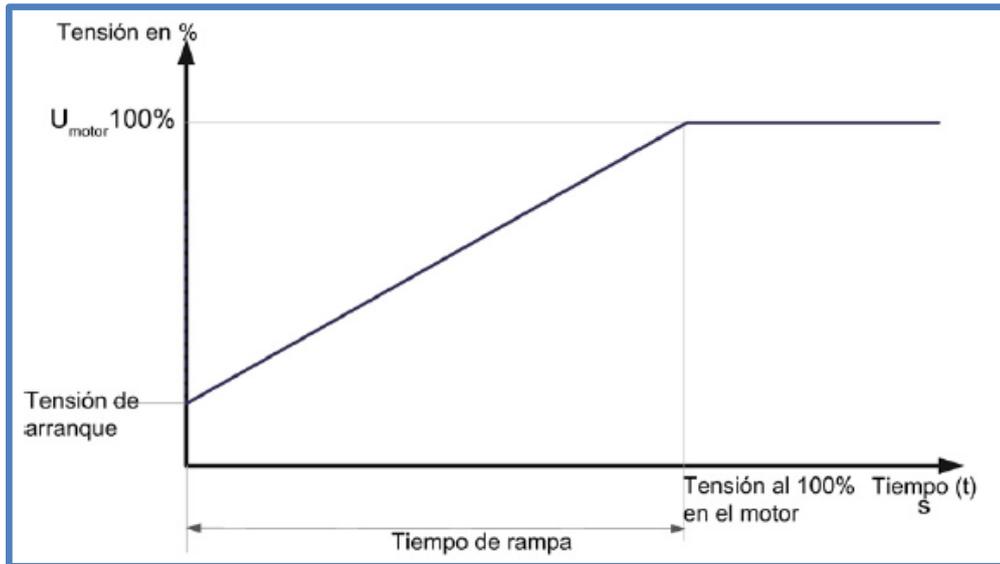


FIGURA N° 29: RAMPA DE TENSIÓN DE ARRANQUE

Observe que este arrancador no posee la rampa de parada, es decir, siempre hará una parada a rueda libre.

Para el ajuste de la tensión de arranque se utilizara el potenciómetro, observe que el rango de regulación es del 40% al 100 % de la tensión de red. El valor de la tensión de arranque determina el valor del par de arranque del motor. Una tensión de arranque menor produce un par de arranque menor (arranque más suave) y una corriente de arranque menor.



FIGURA N° 30: POTENCIOMETRO PARA EL AJUSTE DE LA TENSIÓN DE ARRANQUE

La tensión de arranque debe elegirse lo suficientemente alta como para que el motor arranque inmediatamente.

Para el ajuste del tiempo de rampa, se utilizara un potenciómetro que ajusta la duración deseada del tiempo de rampa, observe que el rango de regulación es de 0 a 20 segundos. El tiempo de rampa determina cuánto tiempo tarda en aumentar la tensión del motor desde la tensión de arranque ajustada hasta la tensión de red y no debe compararse con el tiempo de arranque real del motor. El tiempo de rampa sólo influye en el par acelerador del motor que mueve la carga durante el proceso de arranque. El tiempo de arranque real del motor depende de la carga y puede diferir del tiempo de rampa ajustado en el arrancador suave 3RW30.

Un tiempo de rampa mayor provoca una corriente de arranque menor y un par acelerador reducido en el proceso de arranque del motor. Con ello se produce un arranque del motor más largo y más suave.

La duración del tiempo de rampa debe elegirse de modo que el motor alcance su velocidad nominal dentro de este tiempo. Si se elige un tiempo demasiado corto, con un tiempo de rampa que finaliza antes de hacerlo el arranque del motor, aparece en este momento una corriente de arranque muy elevada que puede alcanzar el valor de la corriente de arranque directo a esta velocidad.



FIGURA N° 31: POTENCIÓMETRO PARA EL AJUSTE DEL TIEMPO DE RAMPA

En referencia al contacto de salida ON, observe que al recibir la señal de arranque IN, se activa el contacto ON (13/14) y cuando se desconecta esta entrada y por tanto, también el arrancador, este contacto se vuelve a abrir.

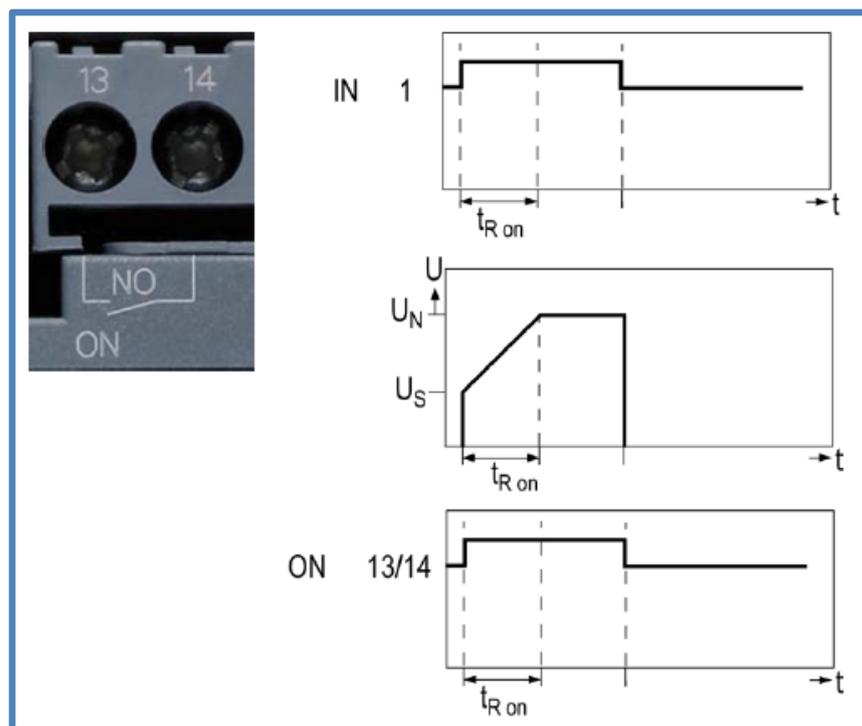


FIGURA N° 32: FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTO ON

La salida puede utilizarse, por ejemplo para controlar un contactor de red situado aguas arriba o efectuar el automantenimiento en caso de mando por pulsador.

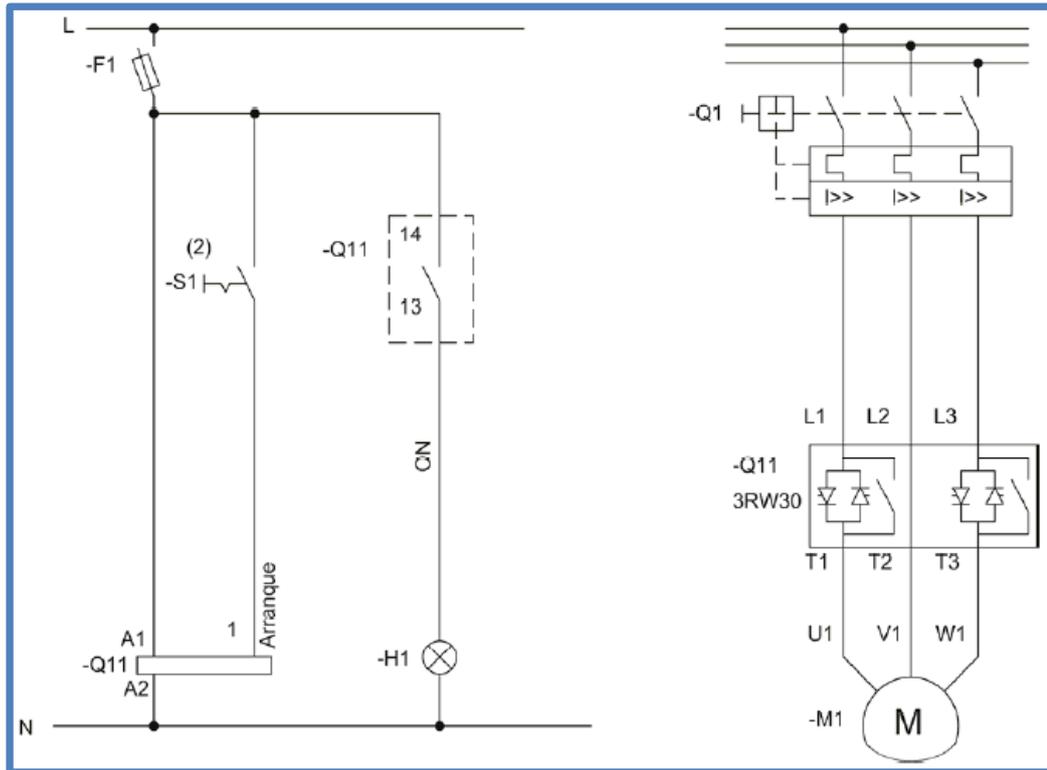


FIGURA N° 33 CONEXIONADO DEL CIRCUITO DE CONTROL Y DE POTENCIA

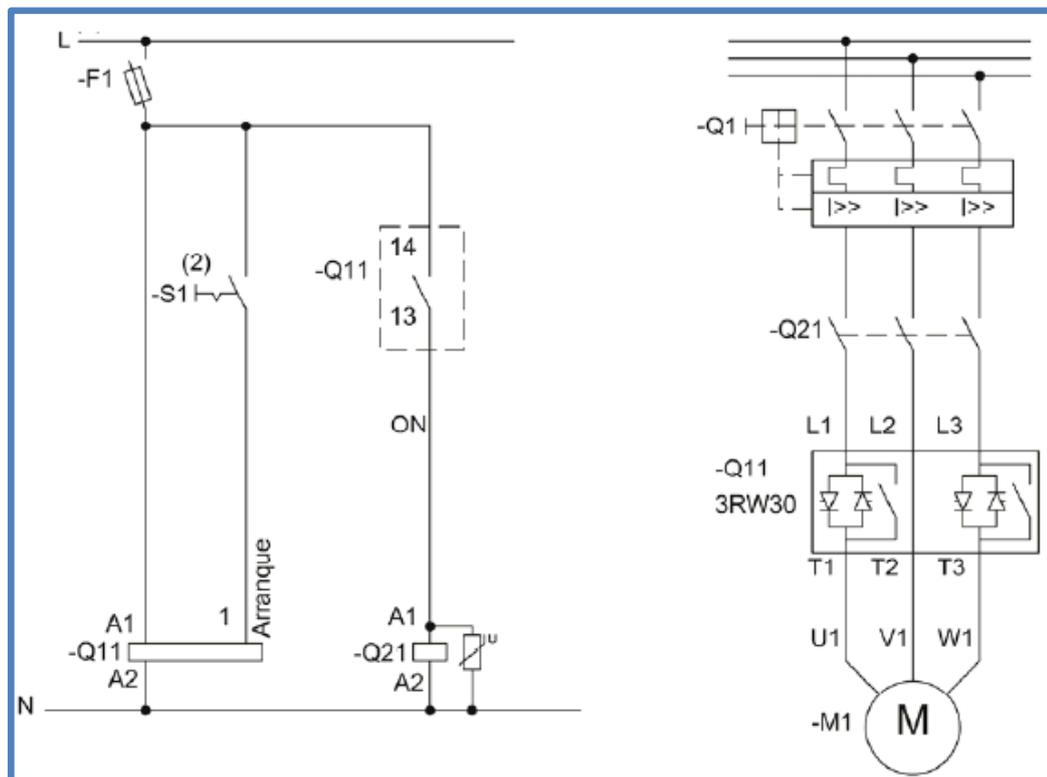


FIGURA N° 34: CIRCUITO DE MANDO CON CONTACTOR DE LÍNEA

También se utilizará el Micro PLC Siemens 200, con CPU 226, que presenta las características mínimas necesarias para integrar los elementos captadores de señal y los actuadores que permitan el accionamiento de los 3 motores. A continuación describiremos sus características

Función	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	190 x 80 x 62
E/S integradas Digitales Analógicas	24 E/16 S
Módulos de ampliación	7 módulos
Potenciómetros analógicos	2
Reloj de tiempo real	Incorporado
Puertos de comunicación	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	

FIGURA N° 35: Característica del PLC SIEMENS 200 – CPU 226

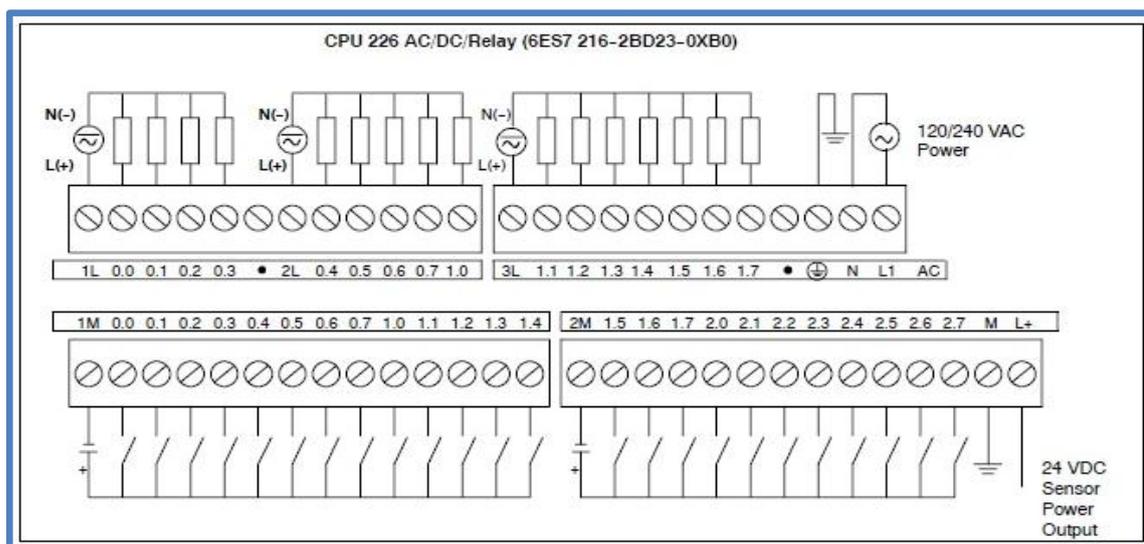


FIGURA N° 36: Modo de conexión de entradas y salidas del PLC SIEMENS 200 – CPU 226

Este emulador de arranque motores por arrancador electrónico presenta variantes de automatización que se pueden realizar, cambiando el programa. Dichas variantes de automatización se indica a continuación:

- ✚ Arranque de motor trifásico por arrancador electrónico con contactor de línea.
- ✚ Arranque de motor trifásico por arrancador electrónico con contactor de línea y contactor de by pass.
- ✚ Arranque secuencial de dos motores, parada a rueda libre.
- ✚ Arranque secuencial de tres motores, parada en rueda libre.
- ✚ Arranque de tres motores por un solo arrancador electrónico.

Para implementar este sistema se necesitan adinalmente a lo descrito:

CIRCUITO DE POTENCIA COMPONENTES				
N°	COMPONENTE	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	CARACTERÍSTICA
1	Interruptor Termomagnético	IGP	3	16 Amp.
2	Contactor de línea	KM1	1	calibrado para la suma de las potencias
3	Contactores In motor M1	KM11 – KM12	2	16 Amp.
4	Contactores In motor M2	KM21 – KM22	2	16 Amp.
5	Contactores In motor M3	KM31 – KM32	2	19 Amp.
6	Relé térmico	RT1, RT2, RT3	3	16 Amp.
7	Motor Eléctrico Trifásico	M1, M2, M3	3	1HP, 220VAC
8	ARRANCADOR ELECTRÓNICO	SIRIUS SIMENS	1	3 HP, 9 A, 220 V, 40°C

TABLA N° 11: COMPONENTES DEL CIRCUITO DE POTENCIA

CIRCUITO DE MANDO COMPONENTES			
N°	COMPONENTE	CANTIDAD	CARACTERÍSTICA
1	Interruptor Termomagnético bipolar - ICS	1	10 Amp.
2	Fusible Calibrado de vidrio	1	3 Amp, con porta fusible
3	Interruptor Simple	1	220 VAC
4	Pulsadores NA	3	-
5	Pulsador NC	3	-
6	Lámparas de señalización	3	220VAC con base, cada uno

TABLA N° 12: COMPONENTES DEL CIRCUITO DE MANDO

El funcionamiento de todo el sistema es el siguiente:

- ✚ Cierre del interruptor general de potencia IGP.
- ✚ Cierre del interruptor de control del sistema ICS, se activa el contactor de línea KM1. Entonces el arrancador queda listo para su funcionamiento.
- ✚ Pulsando marcha 1, el arrancador controla el arranque de motor 1 a través del contactor KM11, al terminar el arranque se activa el contactor de by pass KM12 y se desconecta KM11. El motor puede entonces detenerse con el pulsador de paro 1. Tras una orden de parada o en caso de sobrecarga el motor es detenido en rueda libre.
- ✚ Este mismo proceso de arranque es el mismo para cualquiera de los tres motores, con sus respectivos pulsadores de marcha, paro y activación por sobrecarga del relé térmico respectivo.

- ✚ Cualquiera de los tres motores puede arrancar en cualquier momento, siempre y cuando otro motor no esté en proceso de arranque.
- ✚ El interruptor de control de sistema, en cualquier momento puede desconectar todos los motores a la vez.
- ✚ Para simular averías eléctricas en alguno de los motores de la instalación, simplemente activamos los relés térmicos de sobrecarga respectivos.

Todo el automatismo es controlado por el PLC S7-200, mediante un programa preparado en lenguaje Ladder.

3.2 DISEÑO DEL PROYECTO

En referencia al diseño del proyecto se muestran 2 circuitos:

- ✚ El circuito de Potencia, y
- ✚ El circuito de conexión al PLC 200 y al Arrancador Electrónico SIRIUS.

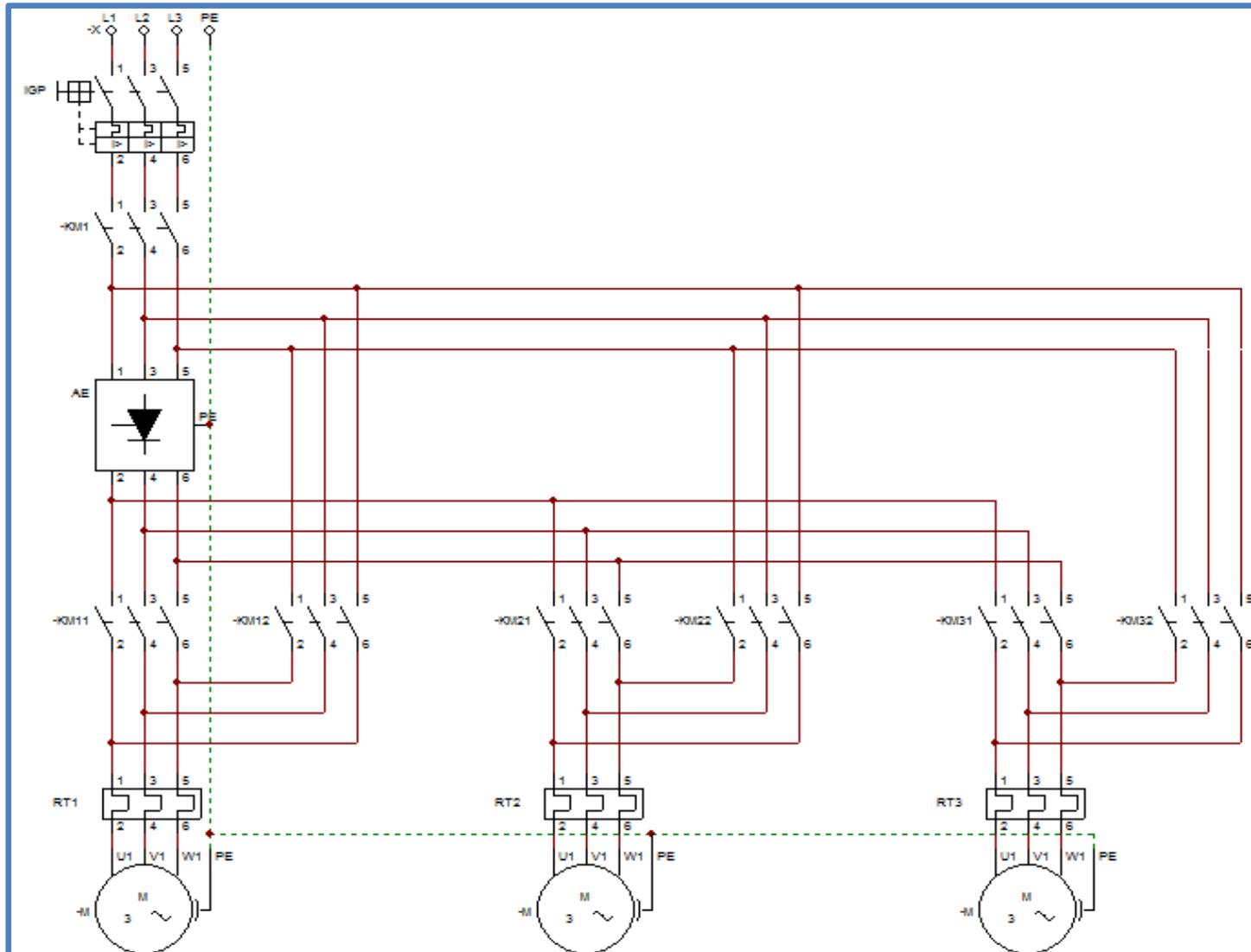


FIGURA N° 37: ESQUEMA DE CONEXIONADO DEL CIRCUITO DE POTENCIA

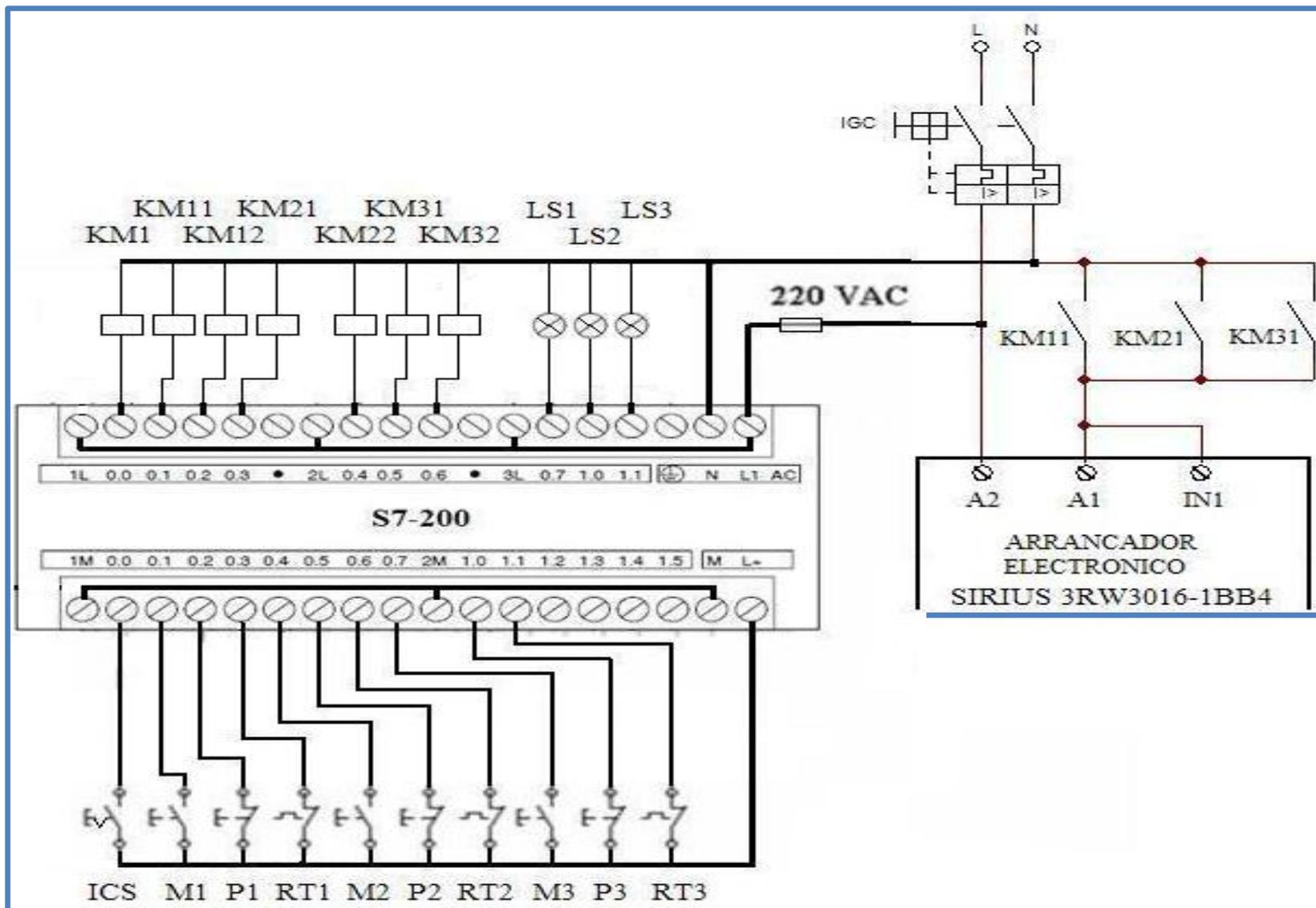
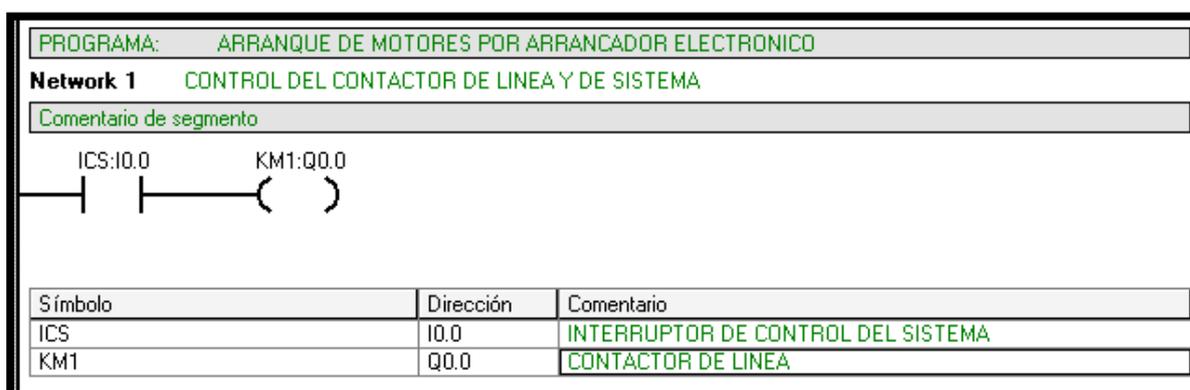
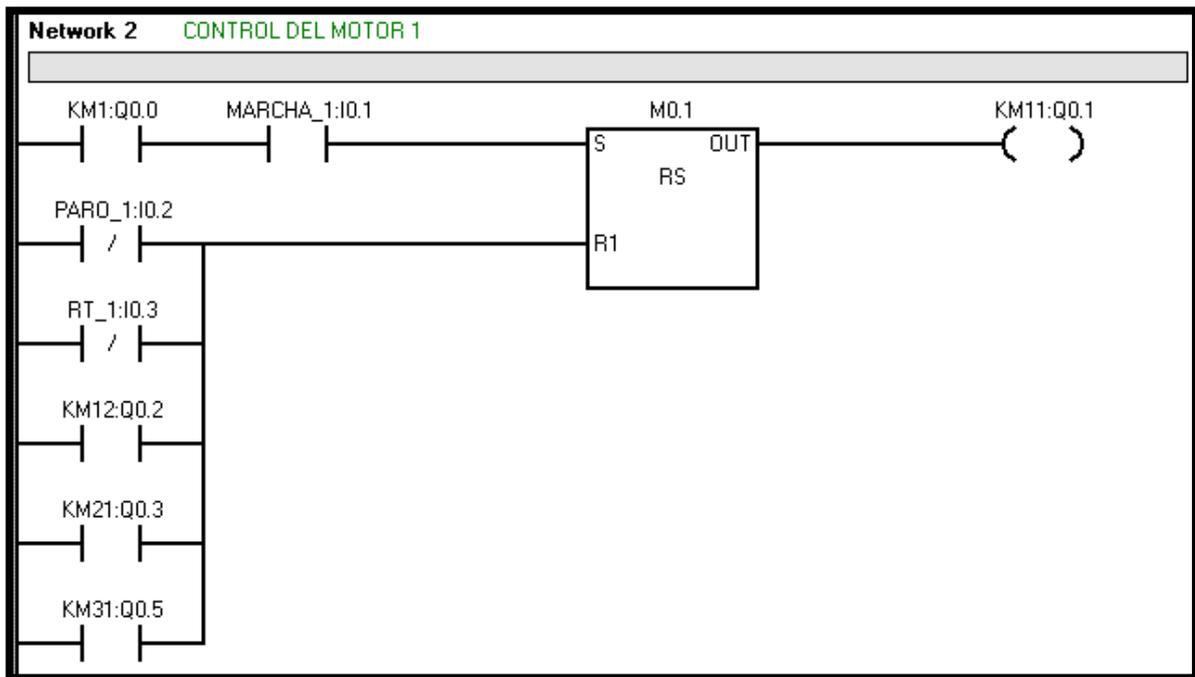


FIGURA N° 38: ESQUEMA DE CONEXIONADO DEL CIRCUITO DE CONTROL CON EL PLC S7-200

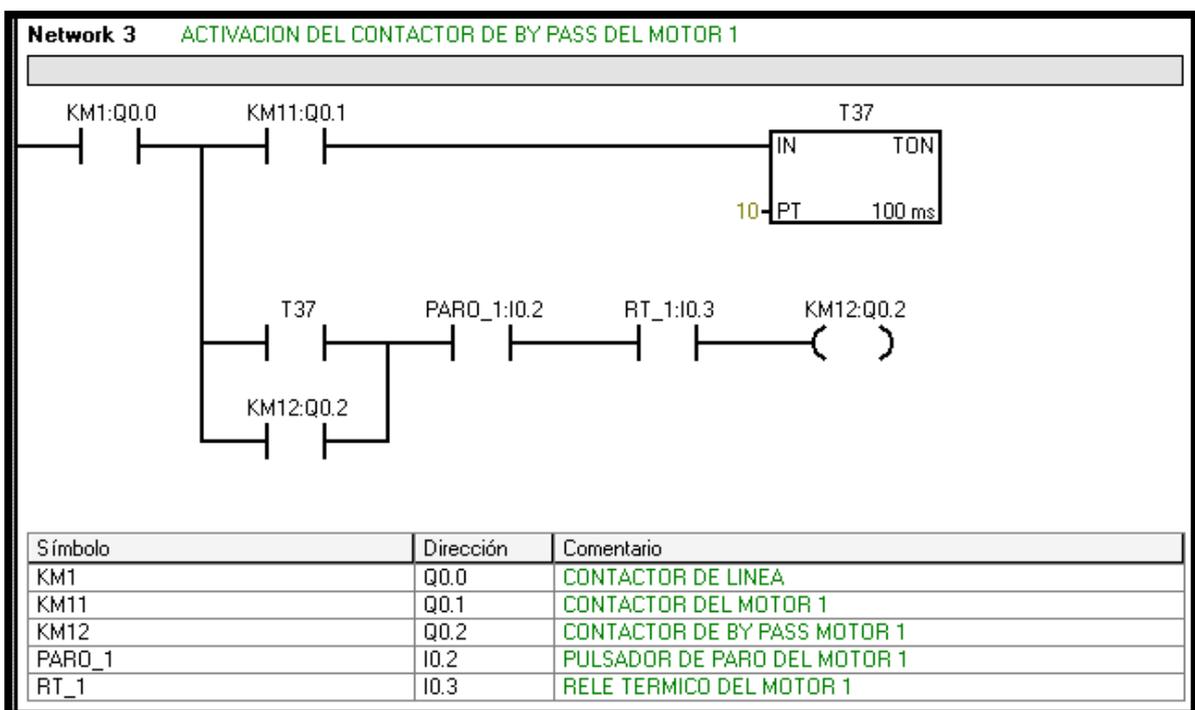
También como parte del diseño, a continuación se detalla el programa del PLC que determinara el automatismo con el PLC 200, los elementos de entrada y los actuadores. Estableciendo que si es posible establecer una integración entre todos los componentes descritos.

Tabla de símbolos				
		Símbolo	Dirección	Comentario
1		ICS	I0.0	INTERRUPTOR DE CONTROL DEL SISTEMA
2		MARCHA_1	I0.1	PULSADOR DE ARRANQUE DEL MOTOR 1
3		PARO_1	I0.2	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 1
4		RT_1	I0.3	RELE TERMICO DEL MOTOR 1
5		MARCHA_2	I0.4	PULSADOR DE ARRANQUE DEL MOTOR 2
6		PARO_2	I0.5	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 2
7		RT_2	I0.6	RELE TERMICO DEL MOTOR 2
8		MARCHA_3	I0.7	PULSADOR DE ARRANQUE DEL MOTOR 3
9		PARO_3	I1.0	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 3
10		RT_3	I1.1	RELE TERMICO DEL MOTOR 3
11		KM1	Q0.0	CONTACTOR DE LINEA
12		KM11	Q0.1	CONTACTOR DEL MOTOR 1
13		KM12	Q0.2	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 1
14		KM21	Q0.3	CONTACTOR DEL MOTOR 2
15		KM22	Q0.4	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 2
16		KM31	Q0.5	CONTACTOR DEL MOTOR 3
17		KM32	Q0.6	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 3
18		LS_1	Q0.7	LAMPARA DE SOBRECARGA MOTOR 1
19		LS_2	Q1.0	LAMPARA DE SOBRECARGA MOTOR 2
20		LS_3	Q1.1	LAMPARA DE SOBRECARGA MOTOR 3
21				

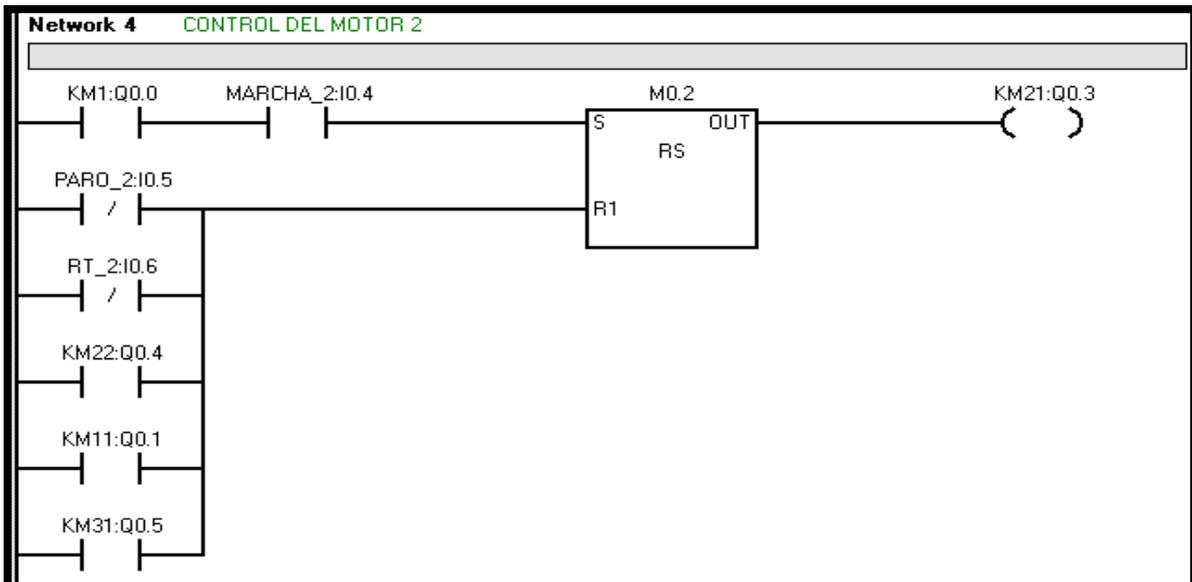




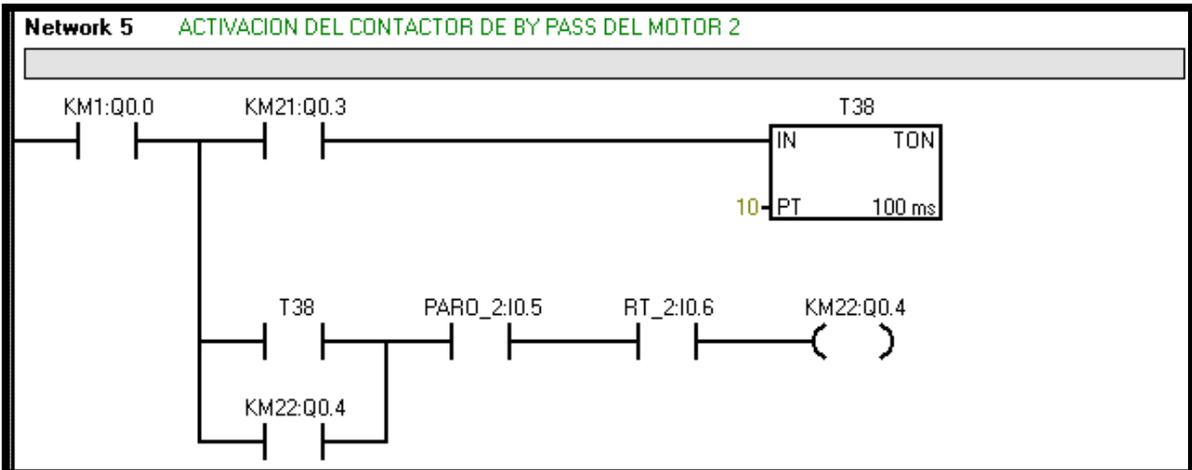
Símbolo	Dirección	Comentario
KM1	Q0.0	CONTACTOR DE LINEA
KM11	Q0.1	CONTACTOR DEL MOTOR 1
KM12	Q0.2	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 1
KM21	Q0.3	CONTACTOR DEL MOTOR 2
KM31	Q0.5	CONTACTOR DEL MOTOR 3
MARCHA_1	I0.1	PULSADOR DE ARRANQUE DEL MOTOR 1
PARO_1	I0.2	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 1
RT_1	I0.3	RELE TERMICO DEL MOTOR 1



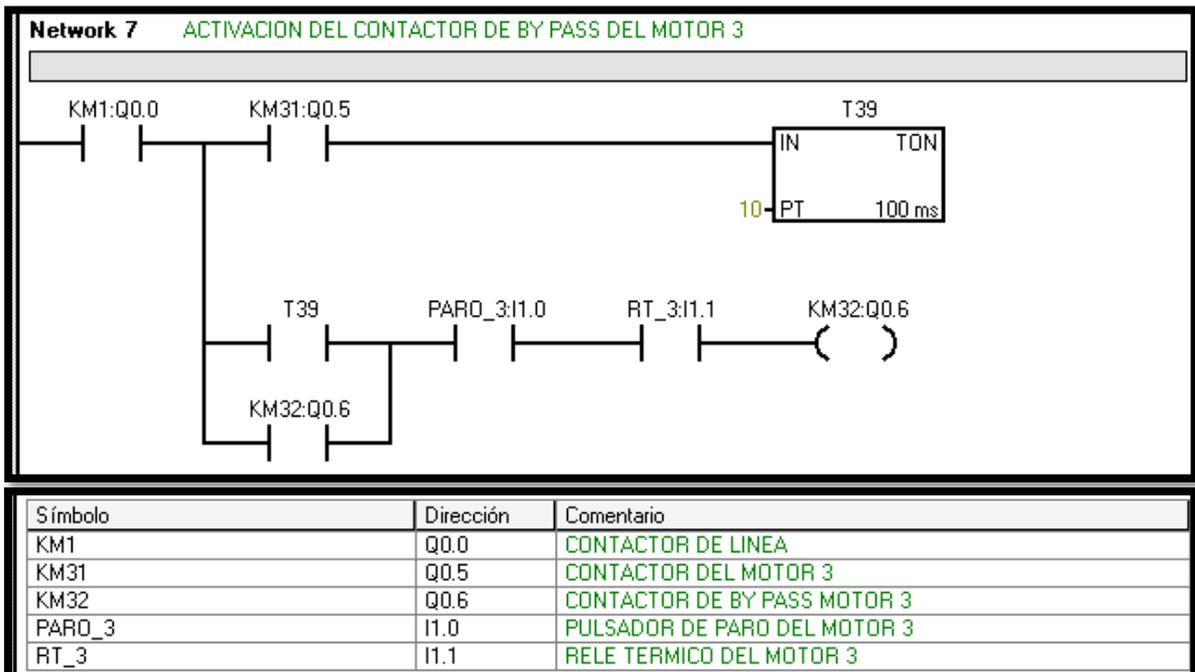
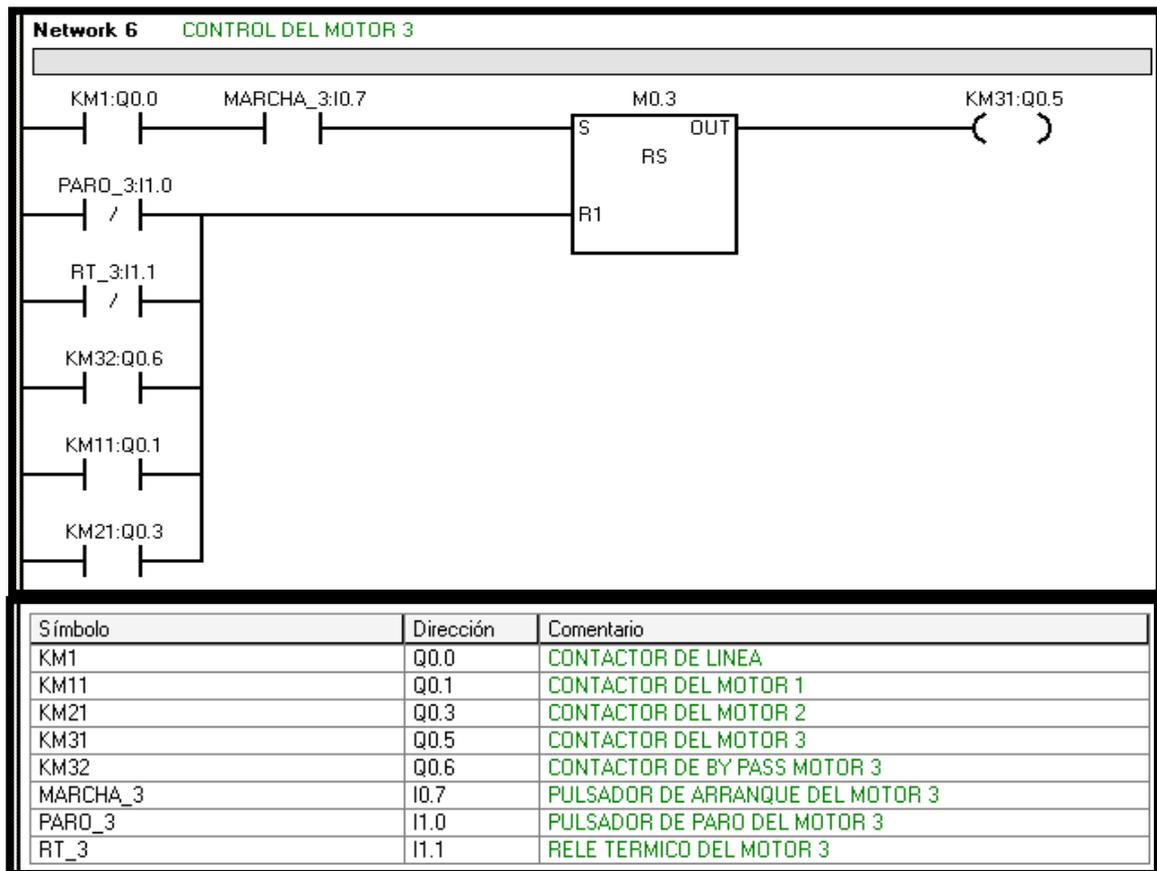
Símbolo	Dirección	Comentario
KM1	Q0.0	CONTACTOR DE LINEA
KM11	Q0.1	CONTACTOR DEL MOTOR 1
KM12	Q0.2	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 1
PARO_1	I0.2	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 1
RT_1	I0.3	RELE TERMICO DEL MOTOR 1

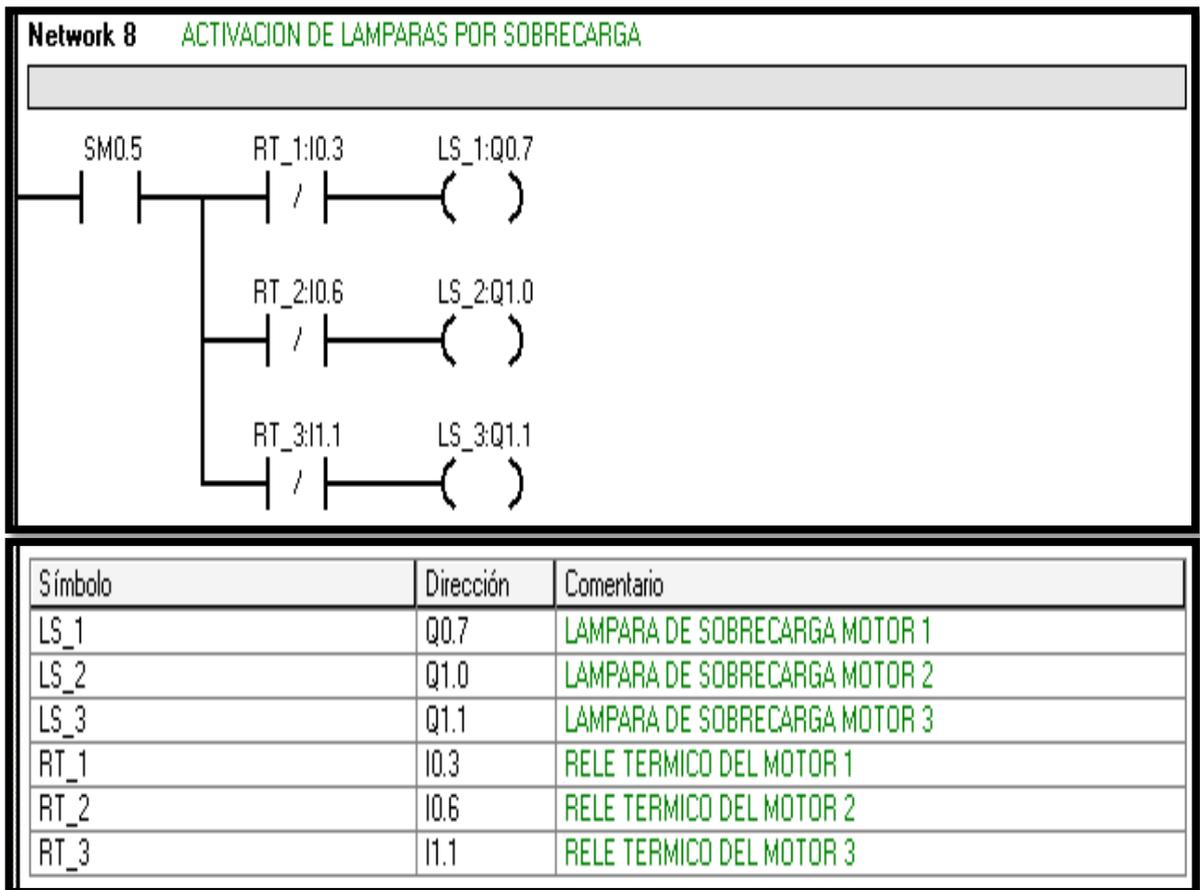


Símbolo	Dirección	Comentario
KM1	Q0.0	CONTACTOR DE LINEA
KM11	Q0.1	CONTACTOR DEL MOTOR 1
KM21	Q0.3	CONTACTOR DEL MOTOR 2
KM22	Q0.4	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 2
KM31	Q0.5	CONTACTOR DEL MOTOR 3
MARCHA_2	I0.4	PULSADOR DE ARRANQUE DEL MOTOR 2
PARO_2	I0.5	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 2
RT_2	I0.6	RELE TERMICO DEL MOTOR 2



Símbolo	Dirección	Comentario
KM1	Q0.0	CONTACTOR DE LINEA
KM21	Q0.3	CONTACTOR DEL MOTOR 2
KM22	Q0.4	CONTACTOR DE BY PASS MOTOR 2
PARO_2	I0.5	PULSADOR DE PARO DEL MOTOR 2
RT_2	I0.6	RELE TERMICO DEL MOTOR 2





3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Con la finalidad de demostrar el cumplimiento de los objetivos a continuación detallo un cuadro con los valores obtenidos producto de un ensayo de medición de corriente en una de las líneas del motor trifásico de 3HP.

TABLA N° 13: ENSAYO DE MEDION DE INTENSIDAD DE CORRIENTE PARA DIVERSOS TIPOS DE ARRANQUE

Motor de 3 HP con corriente de 3.7 Amperios (Dato de Placa)			
	TIPO DE ARRANQUE		
	ARRANQUE DIRECTA	ARRANQUE ESTRELLA -TRIÁNGULO	ARRANQUE ELECTRÓNICO
Valor de Intensidad de Corriente en una línea del Motor	25.9	12.95	4.7

Claramente se observa que el valor de la intensidad de corriente en el arranque en directa es mayor que la corriente en el arranque electrónico.

De igual manera si comparamos las corrientes en el arranque estrella triángulo, se observa que es mayor que el arranque electrónico.

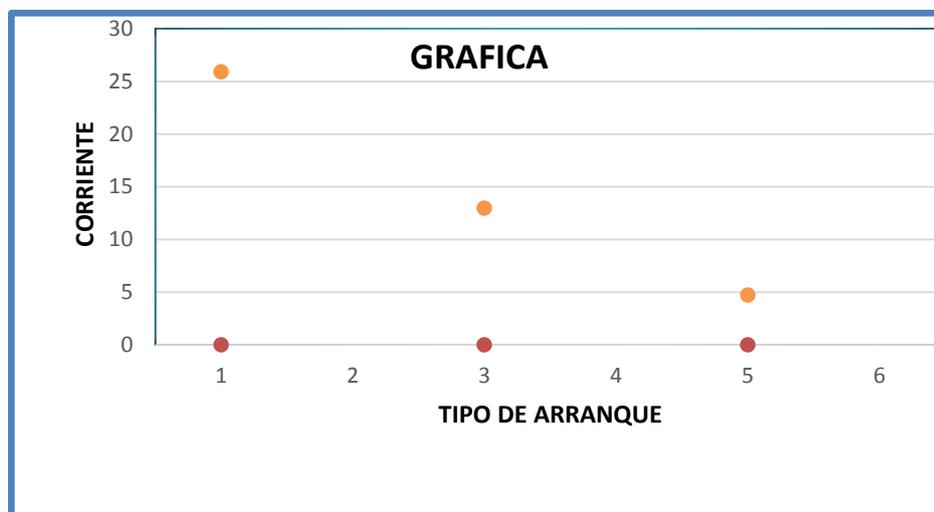


FIGURA N° 39: INTENSIDAD DE CORRIENTE OBTENIDAS EN EL ENSAYO PARA DIVERSOS ARRANQUES DEL MOTOR

Es importante tener en cuenta que nuestros resultados se contrastan con lo que encontramos en diversas fuentes bibliográficas:

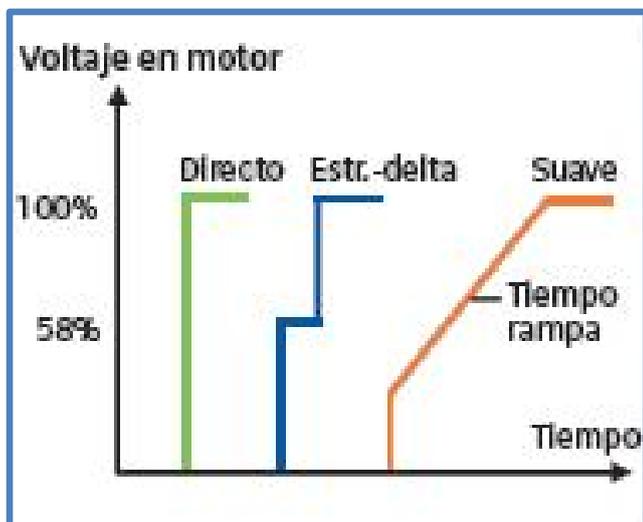


FIGURA N° 40: COMPARACIÓN DEL VOLTAJE EN EL MOTOR PARA DIFERENTES ARRANQUES

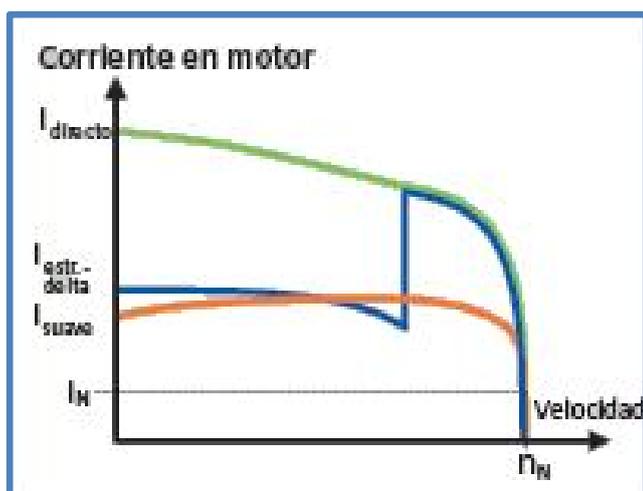


FIGURA N° 41: COMPARACIÓN DE LA CORRIENTE EN EL MOTOR PARA DIFERENTES ARRANQUES

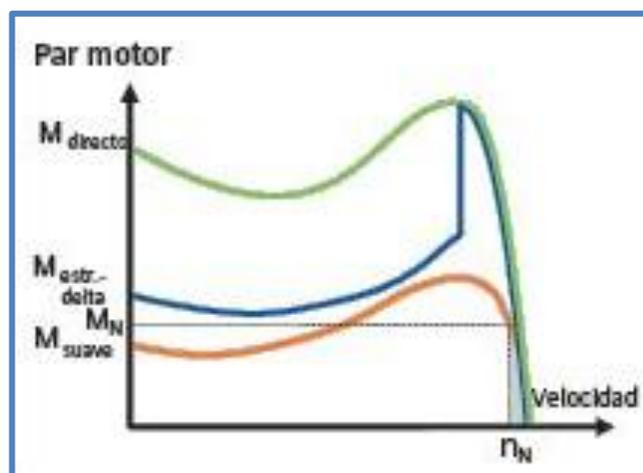


FIGURA N° 42: COMPARACIÓN DEL PAR MOTOR PARA DIFERENTES ARRANQUES

CONCLUSIONES

- ✚ Se concluye que si es posible integrar los elementos que intervienen en el proceso de arranque de tres motores en un automatismo con PLC Siemens 200 de un arrancador electrónico.
- ✚ Se concluye que si es posible comprobar la disminución de corriente en un automatismo con PLC Siemens 200 para el arranque electrónico de tres motores, tal como se comprueba en la sección de revisión y consolidación de resultados.
- ✚ Finalmente se concluye que si es posible disminuir la corriente de arranque de un sistema de accionamiento de tres motores mediante un automatismo con PLC Siemens 200 de un arrancador electrónico.

RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda aplicar dicho automatismo con PLC Simenes 200 para el arranque electrónico de tres motores al área de centrifugado de Azúcar de la Empresa Industrial Andahuasi SAC, con la finalidad de reducir las corrientes de arranque de sus motores.
- ✚ Se recomienda realizar un análisis comparativo con respecto a la disminución de corriente a través de un sistema de arranque mediante variador de frecuencia.
- ✚ Finalmente se recomienda realizar un análisis costo beneficio en referencia a lo que cuesta implementar este proyecto y el beneficio que genera, a través del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ **Sáez, G.** (2011). “Dotación y aplicación de un módulo con variador de velocidad para simulación de control de arranque y velocidad del motor de una grúa para el laboratorio de control industrial.” (Tesis de Pre Grado). Universidad Central de Ecuador de Riobamba, Ecuador.
- ✚ **Sedano, P.** (2016). “Diseño de un sistema de arranque electrónico para la puesta en marcha de motores síncronos.” (Tesis de Pre Grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- ✚ **Montachéz, E.** (2015). “Diseño e implementación de un variador de velocidad para motores de inducción trifásicos.” (Tesis de Pre Grado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- ✚ **Harper, E.** (2004). “Fundamentos de Control de motores eléctricos en la industria”. Balderas, México: LIMUSA.
- ✚ **García, M.** (2016). “Automatismos industriales”. Barcelona
- ✚ **Dominguez, E.** (2014). “Sistemas de carga y arranque”. Madrid, España: EDITEX.
- ✚ **Silva, C.** (2009). “Autómatas programables y sistemas de automatización”. Barcelona, España: MARCOMBO
- ✚ **Domingo, J.** (2003). “Introducción a los autómatas programables”. Barcelona, España: UOC
- ✚ **Michigan, M.** (2006). “Electrónica Industrial moderna”. Juárez, México: PEARSON
- ✚ **Romeral, J.** (2010). “Autómatas programables”. Barcelona, España: MARCOMBO

- ✚ **Fuentes, R.** (2013). “Automatismos lógicos programables y reconfigurables”. Monterrey, México: DIGITAL
- ✚ **Wildi, T.** (2007). “Máquinas eléctricas y sistemas de potencia”. México, México: PEARSON
- ✚ **SantaMaria, G.** (2010). “Electrotecnia”. Barcelona, España: EDITEX
- ✚ **Kosow, I.** (2006). “Control de Máquinas eléctricas”. Barcelona, España: REVERTE
- ✚ **Lilen H.** (2010). “Tiristores y TRIAC”. Barcelona, España: MARCOMBO
- ✚ **Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R.** “Aplicaciones Técnicas Industriales de Motores de Inducción”. UPV. 2010.
- ✚ **Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Roldán Porta, C.** “Tecnología Eléctrica”. Síntesis. 2010.
- ✚ **J.M. Merino Azcarraga.** “Arranque Industrial de motores asíncronos”, Mc Grau Hill. 1995.
- ✚ **Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R.** “Introducción a las Instalaciones y Tecnología Eléctrica”. UPV. 2009.
- ✚ **Martinez Román, JA, Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M.** “Prácticas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas”. UPV. 2009.
- ✚ **Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Pineda Sánchez, M., Pérez Cruz, J.** “Prácticas de Laboratorio de Tecnología Eléctrica”. UPV. 2011.

BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA

-  <https://www.automation.siemens.com/cd-static/material/info/e20001-a094-l300-x-7800.pdf>
-  <http://www.schneiderelectric.es/spain/es/productos-servicios/sistemas-instalacion-control/sistemas-instalacion-control-intermediate.page?f=NNM1%3AArrancadores+de+motor>
-  http://www.ia.omron.com/product/family/980/index_fea.html

ANEXOS

hoja de datos del producto

3RW3016-1BB14



SIRIUS ARRANC. SUAVE, S00, 9A,
4KW/400V, 40 GR., 200-480V AC,
110-230V AC/DC, CONEX. POR TORNILLOS

Detalles generales:

Nombre comercial del producto		SIRIUS
Equipamiento del producto		
• sistema de contactos de puenteo integrado		SI
• tiristores		SI
Función del producto		
• autoprotección electrónica del aparato		No
• protección de sobrecarga del motor		No
• evaluación de protección de motor por termistor		No
• reset externo		No
• limitación de corriente ajustable		No
• en conexión en triángulo interior (raíz de 3)		No
Componente del producto / salida para freno de motor		No
Número de referencia del material		
• según DIN EN 61346-2		Q
• según DIN 40719 y ampliado con la norma IEC 204-2 / según IEC 750		G

Electrónica de potencia:

Designación del producto		arrancador suave para aplicaciones estándar
Corriente de servicio		

* a 40 °C / valor asignado	A	9
* a 50 °C / valor asignado	A	8
* a 60 °C / valor asignado	A	7
Potencia mecánica suministrada / para motor trifásico		
* a 230 V / en conexión estándar / a 40 °C		
* valor nominal	W	2.200
* a 400 V / en conexión estándar / a 40 °C		
* valor nominal	W	4.000
Potencia mecánica suministrada (hp) / para motor trifásico / a 200/208 V / en conexión estándar / a 60 °C / valor nominal	hp	2
Frecuencia de servicio		
* valor nominal	Hz	50 ... 60
Tolerancia negativa relativa / de la frecuencia de servicio	%	-10
Tolerancia positiva relativa / de la frecuencia de servicio	%	10
Tensión de servicio / en conexión estándar / valor asignado	V	200 ... 480
Tolerancia negativa relativa / de la tensión de servicio / en conexión estándar	%	-15
Tolerancia positiva relativa / de la tensión de servicio / en conexión estándar	%	10
Carga mínima en % de I_M	%	10
Tensión de servicio permanente en % de I_e / a 40 °C	%	115
Potencia activa disipada / con corriente de servicio / a 40 °C / durante el funcionamiento / típica	W	1

Electrónica de control:		
Tipo de tensión / de la tensión de mando		AC/DC
Frecuencia de la tensión de alimentación de mando / 1 / valor asignado	Hz	50
Frecuencia de la tensión de alimentación de mando / 2 / valor asignado	Hz	60
Tolerancia negativa relativa / de la frecuencia de la alimentación de tensión de control	%	-10
Tolerancia positiva relativa / de la frecuencia de la alimentación de tensión de control	%	10
Tensión de mando / 1 / a 60 Hz / AC	V	110 ... 230
Tensión de mando / 1 / a 60 Hz / AC	V	110 ... 230
Tolerancia negativa relativa / de la alimentación de tensión de control / a 60 Hz / AC	%	-20
Tolerancia positiva relativa / de la alimentación de tensión de control / a 60 Hz / AC	%	20
Tensión de alimentación del circuito de mando / 1 / DC	V	110 ... 230
Tolerancia negativa relativa / de la alimentación de tensión de control / DC	%	-20

- * en cables AWG / para contactos auxiliares
- * de hilos finos / con preparación de los extremos de cable

2x (20 ... 14)

2x (20 ... 16)

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente

- * durante el funcionamiento
- * durante el almacenamiento

°C

-25 ... 60

°C

-40 ... 80

Temperatura de reducción de potencia (derating)

°C

40

Clase de protección IP

IP20

Certificados/Homologaciones:

General Product Approval

[CCC](#)



[ROSTEST](#)



Test Certificates

[Manufacturer](#)

Shipping Approval



other

[Manufacturer](#)

UL/CSA Bemessungsdaten:

Potencia mecánica suministrada (hp) / para motor trifásico

- * a 200/230 V / en conexión estándar
- * a 50 °C / valor nominal
- * a 460/480 V / en conexión estándar
- * a 50 °C / valor nominal

hp

2

hp

5

Otras informaciones:

Information- and Downloadcenter (Catálogos, Folletos,...)

<http://www.siemens.com/industrial-controls/catalogs>

Industry Mall (sistema de pedido online)

<http://www.siemens.com/industrial-controls/mall>

CAX-Online-Generator

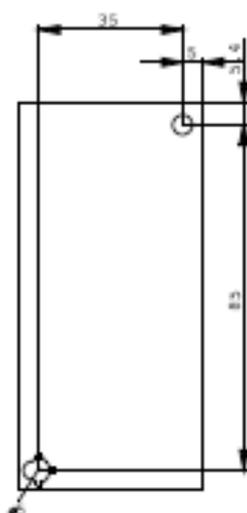
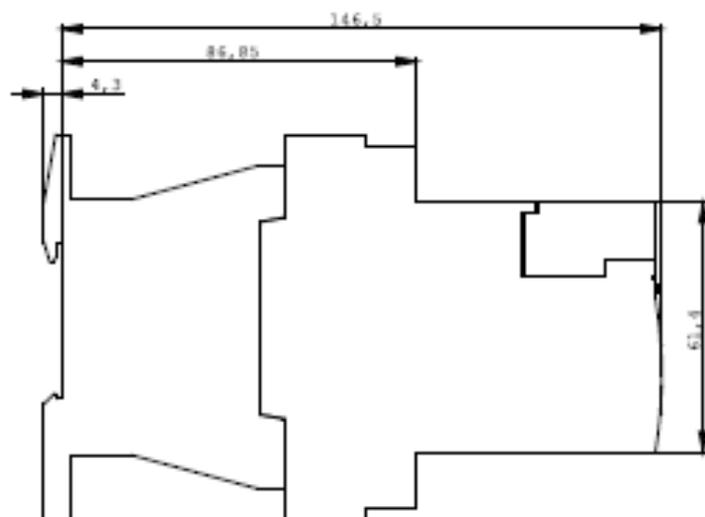
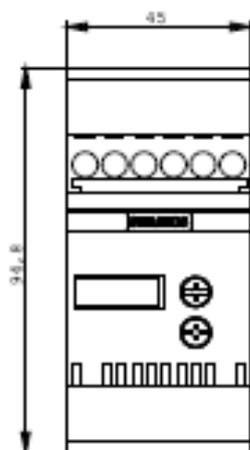
<http://www.siemens.com/cax>

Service&Support (Manuales, certificados, características, FAQ,...)

<http://support.automation.siemens.com/WW/viewer/3RW3016-1BB14/all>

Base de datos de imágenes (fotos de producto, dibujos anotados 2D, modelos 3D, esquemas de conexiones, ...)

http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_en.aspx?mfb=3RW3016-1BB14



ultimo cambio:

22-ago-2011

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MOTORES A CONTROLAR

Los 3 motores a controlar presentan las mismas características, siendo estas las siguientes:

Características Eléctricas:

- Potencia Eléctrica: 1 HP
- Tensiones conmutables 220/380/440 a 60Hz.
- Clase térmica F/B diseñado para operar con reserva térmica.
- Tipo de servicio: S1.
- Factor de servicio (FS): 1.15, temperatura de operación -15/40°C
- Cumple con los estándares IEC 60034
- Ventilador con Flujo radial de aire lo cual permite la refrigeración independiente del sentido de rotación.

Características Mecánicas:

- Carcasa de hierro fundido.
- Ejecución IMB3/IMB35/IMB5.
- Bajo nivel de Vibraciones.
- Protección Mecánica IP55.
- Caja de bornes en la parte superior.
- Pintura RAL 7032.

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO CON OTRAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

- **ALTERNATIVA 1**

ARRANQUE COMPACTO CON COORDINACIÓN TOTAL

Esta alternativa está relacionada a un arranque en directa, con funciones de protección de motor trifásico, seccionamiento, cortocircuito, sobrecarga y conmutación. Adicionalmente cuenta con funciones de control de alarmas, temporización, cantidad de fallas históricas y módulos de comunicación para redes industriales.

Las bases de potencia incluyen dos contactos auxiliares: 1NA+1NC que indican la posición de los polos. Requiere unidad de control magneto térmica para su funcionamiento.



***Arrancador compacto
TeSys U de la marca
Schneider***

COMPONENTE	CARACTERÍSTICA
Base de potencia	12 Amperios, Icu(kA) igual a 50 A.
Unidad de control Termomagnética	Clase 10 - Admite módulo de comunicación 110 – 240 VAC
Contacto de estado	1 NC (señalización de fallo) + 1 NO (botón posición)
Contacto auxiliar	1 NA + 1NC
Módulo de comunicación	Módulo de comunicación Profibus - DP
Motor Eléctrico	Potencia: 1 HP Tensiones conmutables 220/380/440 a 60Hz

Análisis Económico:

COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Base de potencia	3	S/. 397.00	S/. 1191.00
Unidad de control Termomagnética	3	S/. 390.00	S/. 1170.00
Contacto de estado	3	S/. 60.10	S/. 180.30
Contacto auxiliar	3	S/. 112.00	S/. 336.00
Módulo de comunicación	3	S/. 1268.00	S/. 3804.00
Motor Eléctrico	3	S/. 662.00	S/. 1986.00
TOTAL			S/. 8,667.30

▪ **ALTERNATIVA 2**

ARRANQUE MEDIANTE VARIADOR DE VELOCIDAD

Esta alternativa incluye a un variador de velocidad de la marca Schneider, llamado variador Altivar 32, el cual incorpora funciones que son adecuadas para la mayoría de las aplicaciones comunes, entre ellas:

- Máquinas especializadas (centrifugadoras, mezcladoras, amasadoras, máquinas transportadoras, máquinas textiles, etc.)
- Bombas, compresores, ventiladores
- Elevación
- Procesamiento de metales (plegadoras, soldadoras, cortadoras, etc.)

Se puede acceder a muchas otras redes de comunicación industrial con sólo introducir un casete de comunicación en el variador:

- CANopen Daisy Chain (para conectar en serie los variadores con facilidad)
- EtherNet/IP; Modbus TCP (doble puerto)
- Profibus



Variador de Velocidad
Altivar 32 de 1HP

Las características eléctricas del variador de frecuencia y sus componentes para el arranque del motor son:

COMPONENTES	CARACTERÍSTICA
Variador de velocidad Altivar	Potencia 1HP, máxima corriente permanente 2.3 Amperios.
Motor Eléctrico	Potencia: 1 HP Tensiones conmutables 220/380/440 a 60Hz

Análisis Económico:

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Variador de velocidad Altivar	1	S/. 1,161.00	S/. 1,161.00
Motor Eléctrico	3	S/. 662.00	S/. 1986.00
ACCESORIOS			
Cable terminal	3	S/. 55.00	S/. 165.00
Kit de montaje para puerto en tablero	1	S/. 139.00	S/ 139.00
Software de configuración SoMove	1	S/. 0.00	S/. 0.00
Cable de configuración para conexión con la PLC	1	S/. 244.00	S/. 244.00
TOTAL		S/. 3, 695.00	

De las dos alternativas propuestas, se concluye que la segunda alternativa es económicamente y técnicamente viable al tener menor costo de inversión y presentar menor corriente de arranque, como característica inherente al equipo para el arranque de los motores.