

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**MOVIMIENTO AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
MEDIANTE PLC**

Trabajo de Título para optar al Título de
Técnico Universitario en Electrónica.

Alumnos:

Gabriel Esteban Pinochet Pino.

Ciro Bernardo Montecinos Zambrano.

Profesor Guía:

Felipe Turcsanyi Ruck

2018

DEDICATORIA

A mis padres y hermano, por ser pilar fundamental de todo lo que soy actualmente; en la vida, en lo educacional y en lo profesional, sobre todo en lo profesional a mi padre quien me ha demostrado con sus actos que el trabajo realmente dignifica. En especial a mi madre quien ha sabido formarme con buenos hábitos, sentimientos y valores mediante su amor.

Al Papalucho, quien me ha enseñado este último tiempo lo inmensamente fuerte que podemos ser y que de alguna forma me incentivo a estudiar esta carrera con sus conocimientos respecto a la misma, y que me llamaron gratamente la atención y me volcaron a querer saber aún más. ¡Cántame Lemoney!.

En general a toda mi familia, a los PINO, que me preguntaban constantemente por la tesis; sobre todo a la Mami, quien con su gran cariño y amor de abuela me ha cobijado en su hogar cada vez que lo he necesitado en mi etapa universitaria.

A todas aquellas personas que estuvieron directa o indirectamente en la realización de este trabajo.

Gabriel Esteban Pinochet Pino

RESUMEN

El presente documento contiene el proceso y metodología utilizada para crear un sistema que permita el movimiento automático de un motor y por consiguiente poder mover la estructura que soporta un panel fotovoltaico.

El proyecto se encuentra basado en el uso de sensores electrónicos y sistemas de control automático, PLC, los cuales permitirán realizar el movimiento ininterrumpido del panel fotovoltaico con el fin de seguir el sol y volver a posicionarse al principio al final del día y de esta forma obtener el mayor rendimiento en la captación de energía solar, mejorando alrededor de un 30% la generación de energía por parte de los paneles fotovoltaicos.

El capítulo 2 de este trabajo contiene mayor información respecto al planteamiento del proyecto indicando cuales son las ventajas del proyecto y lo que se puede lograr con este una vez finalizado.

En el capítulo 3 es posible conocer todos los elementos utilizados en el proyecto para, si se desea, poder replicarlo, y en el apartado del capítulo 4 se encuentra la información referente al conexionado del proyecto, referencias de programación, y ejemplos de programación que pueden resultar útiles para su conocimiento.

"Cambiar a energías renovables, no es sólo la mejor opción. Es nuestra única opción." (WWF)

ÍNDICE DE MATERIAS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	3
1.1 EL SOL, PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA	4
1.2 LAS VENTAJAS DE UTILIZAR LA ENERGÍA SOLAR	5
1.3 LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	5
1.4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	6
1.5 SISTEMAS DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	7
1.5.1 Instalaciones conectadas a la red eléctrica.....	7
1.5.2 Esquema de una instalación conectada a la red eléctrica.	8
1.5.2.1 Generador fotovoltaico.....	9
1.5.2.2 Inversor.....	9
1.5.2.3 Contadores o medidor.....	9
1.5.3 Instalaciones aisladas de la red eléctrica	9
1.5.3.1 Las principales aplicaciones de los sistemas aislados.....	10
1.5.3.2 Esquema de instalación aislada de la red eléctrica	11
CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	12
2.1 EFICACIA DE LAS INSTALACIONES SOLARES	13
2.2 VENTAJAS DEL PROYECTO	14
2.3 DESVENTAJAS DEL PROYECTO	14
CAPÍTULO 3: ELEMENTOS A UTILIZAR.....	15
3.1 MOTORES ELÉCTRICOS	17
3.1.1 El motor a controlar.....	20
3.2 SENSORES.....	21
3.2.1 Sensor fotoeléctrico.....	21
3.2.2 Funcionamiento del LDR.....	22
3.2.2 Sensores inductivos.....	22
3.3 PLC MICROLOGIX 1000	24
3.3.1 Especificaciones técnicas	25
3.3.2 Rangos de voltaje.....	26
CAPÍTULO 4: PLATAFORMA DE CONTROL DEL SISTEMA.....	27
4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)	28
4.1.1 Estructura básica de un PLC.....	30
4.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC	31
4.2.1 Procesador	31

4.2.2	Memoria.....	31
4.2.3	Entradas y salidas	32
4.2.3.1	Dispositivos de entrada	32
4.2.3.2	Dispositivos de salida.....	33
4.2.3.3	Entradas Digitales	33
4.2.3.4	Entradas Analógicas.....	35
4.2.4	Funcionamiento de un PLC.....	36
4.2.4.1	Tiempo de Barrido o Scan Time.....	36
4.2.4.2	Ciclo de funcionamiento	37
4.2.4.3	Lenguaje de programación	38
4.2.4.4	Diagrama de Contactos o Lógica de Escalera.....	38
4.2.5	RS Logix 500	40
4.2.5.1	Entorno de trabajo	40
4.2.6	Instrucciones para la programación	43
4.2.6.1	Archivo de datos de entrada y salida.....	44
4.2.6.2	Archivos de datos de BIT.....	45
4.2.6.3	Instrucciones de temporizador	45
4.2.6.4	Temporizador a la conexión (TON).....	47
4.2.6.5	Restablecimiento (RES).....	48
4.2.6.6	Instrucciones Latch (L) y Unlatch (U).....	49
4.3	EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN PARA PLC.....	49
4.4	FUNCIONAMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN EN RS LOGIX 500	51
4.5	DIAGRAMAS DE CONEXIONES.....	54
4.5.1	Circuito de control para el sensor LDR.....	54
4.5.2	Diagrama de conexión de pulsadores y sensores (Entradas del PLC) ..	56
4.5.3	Diagrama de conexión del motor al PLC	57
	CONCLUSIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA	60
	ANEXO	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Instalación de una red fotovoltaica conectada a la red.	8
Figura 1-2. Esquema de instalación aislada a la red.	11
Figura 3-1. Motor de corredera Veloti II 600 Kg.	20
Figura 3-4. PLC Micrologix 1000 (Allen Bradley).....	25
Figura 3-5. Rango de operación para una entrada del PLC.	26
Figura 3-6. Rango de operación para una salida del PLC.	26
Figura 4-7. Simbología de contactos del PLC.	39
Figura 4-8. Entorno de trabajo de RS Logix 500.	40
Figura 4-9. Árbol de Proyecto	41
Figura 4-10. Carpeta Program Files.	41
Figura 4-11. Carpeta Data Files.	42
Figura 4-12. Ventana INPUT DATA FILE.	42
Figura 4-13. Simbología para la entrada del PLC.....	44
Figura 4-14. Simbología para una salida del PLC.....	44
Figura 4-15. Simbología de un BIT en RS LOGIX 500.	45
Figura 4-16. Temporizador a la conexión (TON).....	47
Figura 4-17. Simbología de restablecimiento (RES).	48
Figura 4-18. Simbología de salida LATCH	49
Figura 4-19. Simbología de salida UNLATCH	49
Figura 4-20. Ejemplo de programación.	50
Figura 4-21. Circuito de control LDR.....	54
Figura 4-22. Diagrama de conexión de pulsadores y sensores.	56
Figura 4-23. Diagrama de conexión del motor a la salida del PLC.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Tipos de PLC Micrologix 1000.....	24
Tabla 4-2. Comparación de lógica de relés.....	39
Tabla 4-3. Instrucciones de BIT.....	43
Tabla 4-4. Instrucciones de temporizador.....	43
Tabla 4-5. Instrucciones de entrada y salida.....	44
Tabla 4-6. Archivo de datos de BIT.....	45
Tabla 4-7. Etapas del temporizador.....	46
Tabla 4-8. Parámetros de control del temporizador.....	47

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS:

PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

CO₂: Dióxido de Carbono

AC: Alternating Current (Corriente Alterna)

DC: Direct Current (Corriente Continua)

LDR: Light-Dependent Resistor (Resistencia Dependiente de la Luz)

RPM: Revoluciones Por Minuto

N.O.: Normally Open (Normalmente Abierto)

N.C.: Normally Close (Normalmente Cerrado)

SIMBOLOGÍA:

mA: Miliamperes

A: Amperes

V: Volts

Hz: Hertz

HP: Horse Powers (Caballos de fuerza)

W: Watts.

kWh: Kilowatts por hora

F: Faradios

µF: microfaradios

f: Frecuencia

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los recursos energéticos no renovables se hacen cada vez más escasos, por lo que se estudian e investigan nuevas tecnologías y formas para el desarrollo de procesos que permitan obtener energías para el consumo diario o incluso para procesos complejos como los de la industria.

En esta oportunidad se investigó sobre el proceso de recolección de la energía solar; el cual está cada vez más en vías de desarrollo y en boca de todos, específicamente se investigó el de los paneles fotovoltaicos como suministro de energía en instalaciones eléctricas.

Principalmente el uso de paneles solares no está pensado para reemplazar totalmente el suministro eléctrico, está pensado para que se acople al sistema y sea de ayuda para el ahorro del consumo de energía no renovables.

Uno de los problemas que implica el uso de paneles solares es la eficiencia con la cual se obtiene la energía solar. Por lo tanto, se pensó en implementar un sistema de control que sirva para mejorar la eficacia de recolección de energía. Desglosando esta problemática, la idea es implementar la automatización de un motor controlado por PLC, que dirigirá el movimiento de paneles fotovoltaicos para que estos sigan al sol. De esta forma los paneles fotovoltaicos pueden recibir de mejor manera la radiación solar, buscando la mejor manera posible para que el sistema sea simple y eficaz.

Objetivo General:

- Mejorar la eficiencia de la obtención de la energía solar mediante el movimiento de un panel solar.

Objetivos específicos:

- Crear un programa en lenguaje de programación Ladder para PLC utilizando RSLogix 500.
- Utilizar sensores inductivos como método de control.
- Diseñar un circuito electrónico que permita utilizar un fotoresistor como entrada discreta a un PLC.

Objetivo Principal:

- Automatizar el movimiento de un motor mediante un PLC.

CAPÍTULO 1: LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.1 EL SOL, PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA

Es conocido que el sol es la principal fuente de vida en la tierra y si se aprende cómo aprovechar de mejor forma esta fuente se podrían satisfacer muchas de nuestras necesidades energéticas.

Una de las formas de aprovechamiento de esta fuente de energía y que ha sido usada desde siempre, es por ejemplo obteniendo iluminación natural o calefacción en el diseño de construcciones habitacionales. Esto sin la utilización de ningún dispositivo o aparato, mediante la adecuada ubicación u orientación de los edificios y utilizando correctamente las propiedades de los materiales se puede reducir significativamente la necesidad de climatizar los edificios y de iluminarlos.

La energía solar es la energía que se encuentra en la radiación solar, la cual es transformada por medio de dispositivos, en forma térmica o eléctrica para ser utilizada en lo que se necesite. El dispositivo encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar, pudiendo ser de dos clases: Captadores solares térmicos y paneles fotovoltaicos.

La energía solar es una de las fuentes de energía que más desarrollo está experimentando en los últimos años y que tiene grandes expectativas para el futuro en Chile.

Como se menciona anteriormente existen dos vías principales para el aprovechamiento de la radiación solar y estas son:

- Energía Solar Térmica
- Energía Solar Fotovoltaica

El aprovechamiento de la energía solar térmica consiste en utilizar la radiación del sol para calentar un fluido que en función de su temperatura tiene como finalidad producir agua caliente e incluso vapor.

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica se realiza a través de la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica mediante el llamado efecto fotovoltaico. Esta transformación se lleva a cabo mediante "Celdas solares" que están fabricadas con materiales semiconductores (comúnmente de silicio) que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar.

1.2 LAS VENTAJAS DE UTILIZAR LA ENERGÍA SOLAR

La energía Solar siendo una energía de tipo renovable posee las siguientes ventajas:

- Ventajas medioambientales: La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂; en comparación con generadores de energías no renovables no produce residuos de difícil tratamiento y está basado en una fuente de energía inagotable.
- Ventaja estratégica: se habla de una ventaja estratégica ya que, como país, y también a nivel mundial, se debe hacer un buen uso de los recursos y en este caso se usa un recurso autóctono por lo que disminuye la dependencia energética y económica exterior para el país o comunidad.
- Ventajas socioeconómicas: El desarrollo de la energía solar presenta el valor añadido de generar puestos de trabajo y permitir el desarrollo de tecnologías propias. Aunque la fabricación de las celdas fotovoltaicas requiere el uso de elementos tóxicos, si se considera el ciclo de la vida de la tecnología fotovoltaica (desde la extracción de la materia prima hasta el final de su vida útil), el impacto sobre la naturaleza es incomparablemente menor que las tecnologías basadas en combustibles fósiles o nucleares. Además, presenta ventajas adicionales como por ejemplo que son sistemas sencillos y fáciles de instalar, tienen una gran versatilidad, fácilmente modulables, una vez instalada tiene un coste energético nulo, ingresos adicionales en el caso de las instalaciones conectadas a red, mantenimiento y riesgo de avería muy bajos.

1.3 LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esto se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las celdas fotovoltaicas. El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del sol (Fotones) incide en una de las caras de la celda genera una corriente eléctrica que se utiliza como fuente de energía.

La fabricación de estas celdas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo utilizado. Aunque el material con el que están fabricadas (silicio) es muy abundante en la tierra, su procesamiento es de bastante trabajo y complicado: se requieren procesos especiales para elaborar los lingotes de silicio, de los cuales se cortarán posteriormente las obleas (celdas), motivo por el cual resulta todavía un producto de costo elevado. El silicio reciclado a partir de la industria electrónica también sirve como materia prima para producir el silicio. En la actualidad se están preparando otros materiales de mayor rendimiento.

Es importante que todas las celdas que componen un panel solar fotovoltaico tengan las mismas características, lo que significa que después de la fabricación de las mismas, hay que seguir un proceso de clasificación y selección.

1.4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Una instalación solar fotovoltaica tiene como objetivo producir energía eléctrica a partir de la energía solar.

La energía solar fotovoltaica tiene muchas aplicaciones, desde la aeroespacial hasta juguetes, pasando por las calculadoras y la producción de energía a gran escala para el consumo en general o a pequeña escala para pequeñas viviendas. Principalmente se diferencian dos tipos de instalaciones: Las de conexión a red, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución y las aisladas de red, que se utilizan para autoconsumo, ya sea una vivienda aislada, una estación repetidora de telecomunicación, bombeo de agua para riego, etc.

1.5 SISTEMAS DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1.5.1 Instalaciones conectadas a la red eléctrica

La corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser aportada a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. El consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, el usuario sigue comprando la energía eléctrica que consume a la compañía distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora. Este tipo de aplicaciones ha ido creciendo gracias al ahorro económico y los ingresos que pueda generar la venta de este tipo de energía con una instalación conectada a la red eléctrica.

Algunas de las aplicaciones de estos sistemas son las siguientes:

- **Instalaciones en viviendas:** Se aprovecha la superficie del techo de la vivienda para colocar sistemas modulares de fácil instalación.
- **Plantas de producción:** Son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales no aprovechadas para otros usos ("huertas solares", "cooperativas energéticas") o sobrepuestas en grandes cubiertas de zonas urbanas (estacionamientos, zonas comerciales, etc.)
- **Integración en edificios:** Consiste en la sustitución de objetos arquitectónicos convencionales por objetos nuevos que tengan incorporado el elemento fotovoltaico, y que por lo tanto son generadores de energía (recubrimientos de fachadas, muros cortina, parasoles, pérgolas, etc.)

1.5.2 Esquema de una instalación conectada a la red eléctrica.

Tal y como indica en la figura 1-1 los elementos que componen una instalación fotovoltaica conectada a red son los siguientes:

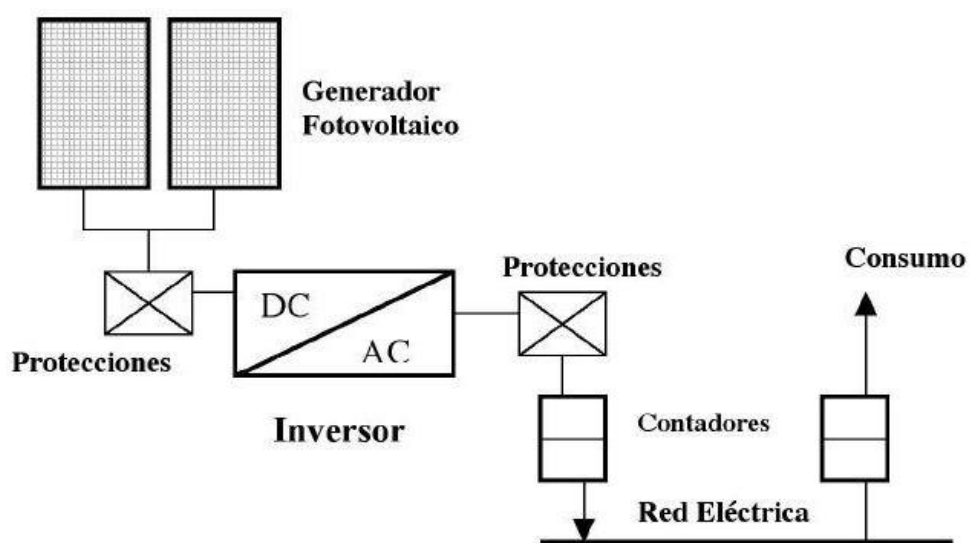


Figura 1-1. Instalación de una red fotovoltaica conectada a la red.

1.5.2.1 Generador fotovoltaico

Las celdas fotovoltaicas, por lo general de color negro o azul oscuro, se asocian en grupo y se protegen de la intemperie, formando módulos fotovoltaicos. Varios módulos fotovoltaicos junto con los cables eléctricos que los unen y con los elementos de soporte y fijación, constituyen lo que se conoce como generador fotovoltaico o panel fotovoltaico.

El panel fotovoltaico es el elemento encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica. Esta electricidad se produce en corriente continua, y sus características dependen de la intensidad energética de la radiación solar y de la temperatura ambiente.

1.5.2.2 Inversor

El inversor es el elemento que transforma la energía eléctrica (corriente continua) producida por los paneles en corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica. Existen diferentes tipos de inversores, pero se considera recomendable escogerlo en función del tamaño de la instalación a realizar.

1.5.2.3 Contadores o medidor

El generador fotovoltaico necesita dos contadores o medidores ubicados entre el inversor y la red, uno para medir la energía que se genera e inyecta a la red para su facturación, esto es opcional, y otro para cuantificar el pequeño consumo (<2 KWh/año) del inversor fotovoltaico en ausencia de radiación solar, así como garantía para la compañía eléctrica de posibles consumos que el dueño de la instalación pudiera hacer.

1.5.3 Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Estas instalaciones se utilizan sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo de la

compañía eléctrica más cercana. La electricidad generada se destina a autoconsumo.

1.5.3.1 Las principales aplicaciones de los sistemas aislados

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados son:

- Electrificación de viviendas y edificios, principalmente para iluminación y electrodomésticos de baja potencia.
- Alumbrado público.
- Aplicaciones agropecuarias y ganaderas.
- Bombeo y tratamiento de agua.
- Antenas de telefonía aisladas de la red.
- Señalización y comunicaciones.

1.5.3.2 Esquema de instalación aislada de la red eléctrica

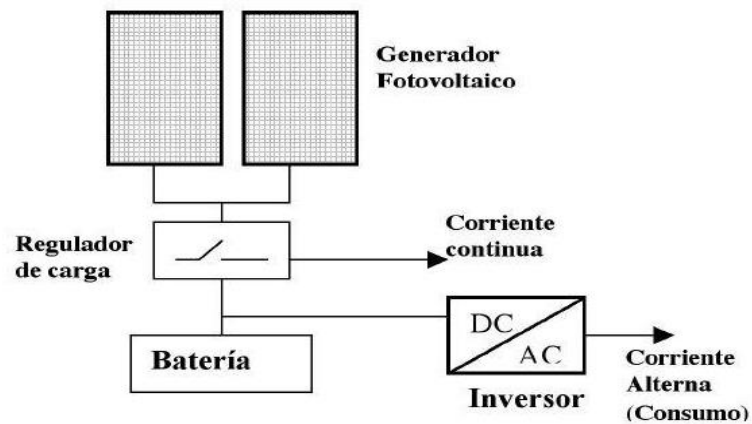


Figura 1-2. Esquema de instalación aislada a la red.

La configuración básica de las instalaciones aisladas de la red eléctrica está compuesta por el panel fotovoltaico, un regulador de carga y una batería. La batería es el elemento encargado de acumular la energía entregada por los paneles durante las horas de mayor radiación para su aprovechamiento durante las horas de baja o nula radiación solar. El regulador de carga controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas que disminuyen su vida útil. Con esta configuración el consumo se produce en corriente continua.

Otra configuración básica es la alimentación de una bomba de agua por medio de los paneles, un pequeño equipo y la bomba, en el que se bombea agua cuando hay sol, no necesitando baterías.

La configuración más utilizada en viviendas es la compuesta por el panel fotovoltaico, regulador de carga, baterías e inversor, este último para convertir la energía acumulada en las baterías en corriente alterna, que es la utilizada por la mayoría de los elementos de una vivienda.

Para el cálculo de este tipo de instalaciones, los criterios de diseño son diferentes. En las instalaciones conectadas a red, se intenta maximizar la producción anual, orientado al noreste, con respecto al norte geográfico y con una inclinación de 34.41°. En cambio, para las instalaciones aisladas, el criterio debe ser para que produzca al máximo en el mes más desfavorable, en este caso el mes de mayo, en promedio para la región del Biobío, y así el resto del año tendrá como mínimo la energía calculada para el peor mes, cubriendo siempre las necesidades.

CAPÍTULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

2.1 EFICACIA DE LAS INSTALACIONES SOLARES

Los paneles solares operan mejor si son colocados en un lugar donde reciban luz solar plena. Pueden colocarse en el techo de una casa u oficina, sobre una estructura de soporte, montados en la fachada o sobre el terreno. Es preferible evitar los lugares que reciben sombra (vegetación, nieve, otros edificios, otros módulos, etc.), al menos durante las horas centrales del día ya que la sombra afectará a su rendimiento.

Debido al cambio de posición del sol durante el año, la inclinación ideal de los paneles varía en función de la latitud en la cual nos encontremos. Normalmente se utilizan 30° en fotovoltaica, pero la inclinación puede variar en función de la aplicación, criterios de uso e integración con la forma arquitectónica del lugar donde se instalen. En cualquier caso, es recomendable una inclinación superior a los 15° . Para permitir que el agua de lluvia se escurra, la inclinación debe aumentarse en los lugares donde nieva con frecuencia.

Del mismo modo, el sistema solar tendrá un mayor rendimiento si los paneles solares están orientados en la dirección norte.

La solución a la problemática anteriormente planteada en la introducción será realizada mediante un programa el cual consiste básicamente en la implementación y control de un motor, que mueve una estructura metálica, montada sobre una tornamesa, la cual permite el movimiento mecánico, donde se sostiene varios paneles fotovoltaicos. Para ello el motor ideal para el trabajo que se realizará corresponde a un motor eléctrico síncrono reductor que comúnmente son usados en portones eléctricos y pueden mover hasta 600 kilogramos.

Este motor será controlado mediante un controlador lógico programable (PLC), a través de un sensor de luz de tipo fotoresistivo. También se utilizará sensores inductivos a los extremos de una cremallera que funcionarán como límites, que a su vez indicarán la posición inicial y una posición final y de esta forma reposicionar los paneles cuando llegue la noche y no exista luz solar. Los paneles deben ser instalados en un ángulo vertical de al menos 30° para optimizar la obtención de radiación solar.

2.2 VENTAJAS DEL PROYECTO

La mayor ventaja del proyecto, al ser automatizado, es el aumento de la eficiencia de recolección de energía solar con respecto a la recolección de energía en un sistema fijo, es decir, captura entre un hasta un 30% más de energía, según datos obtenidos por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) para la comuna de Concepción en la región del Biobío.

Al realizar el movimiento automático del panel solar se obtiene con mayor precisión la máxima intensidad de luz que si se realiza manualmente esta operación.

Mayor duración de los equipos mecánicos, ya que el dispositivo se moverá cada una hora aproximadamente y por el tiempo que se demore en encontrar la máxima intensidad de luz (aprox. intervalos de 15 segundos), mientras que un equipo continuo estaría funcionando ininterrumpidamente entre 12 y 14 horas elevando notoriamente el consumo energético.

Por lo anterior también podría ser posible mover el motor con la misma energía generada por el panel fotovoltaico, ya que como se menciona anteriormente, solo funcionará durante aproximadamente 15 segundos cada 1 hora.

2.3 DESVENTAJAS DEL PROYECTO

Mantenimiento a partes mecánicas móviles que se encuentran a la intemperie, por ejemplo, la cremallera que permite el movimiento de la tornamesa.

La cantidad de espacio que necesita el sistema es relativamente grande debido a la estructura en la cual va montada, por lo cual no podrá ser utilizada en un espacio reducido como una terraza pequeña

El peso de este sistema no permite que sea usado en el tejado de una vivienda. Está más bien pensado para ser utilizado en sectores rurales o bien con amplio espacio físico.

CAPÍTULO 3: ELEMENTOS A UTILIZAR

En términos generales los elementos que se utilizarán en el proyecto serán los siguientes:

- Un motor eléctrico monofásico de ½ HP, con rotor tipo jaula ardilla asíncrono a 1740 RPM, tensión nominal de 127/220V.
- 1 sensor fotoeléctricos del tipo LDR.
- Un PLC Allen Bradley Micrologix 1000.
- 2 sensores inductivos, normalmente abiertos de forma M12.
- Pulsadores N.O.

3.1 MOTORES ELÉCTRICOS

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica -bajo costo, facilidad de transporte y limpieza, simplicidad de comando. Con su construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos y mejores rendimientos.

Características generales de los motores:

- A igual potencia su tamaño y peso son más reducidos.
- Se puede construir de cualquier tamaño.
- Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 80%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).

Por estos motivos son ampliamente utilizados en instalaciones industriales y demás aplicaciones que no requieran autonomía respecto de la fuente de energía, dado que la energía eléctrica es difícil de almacenar.

Los tipos más comunes de motores eléctricos son los siguientes:

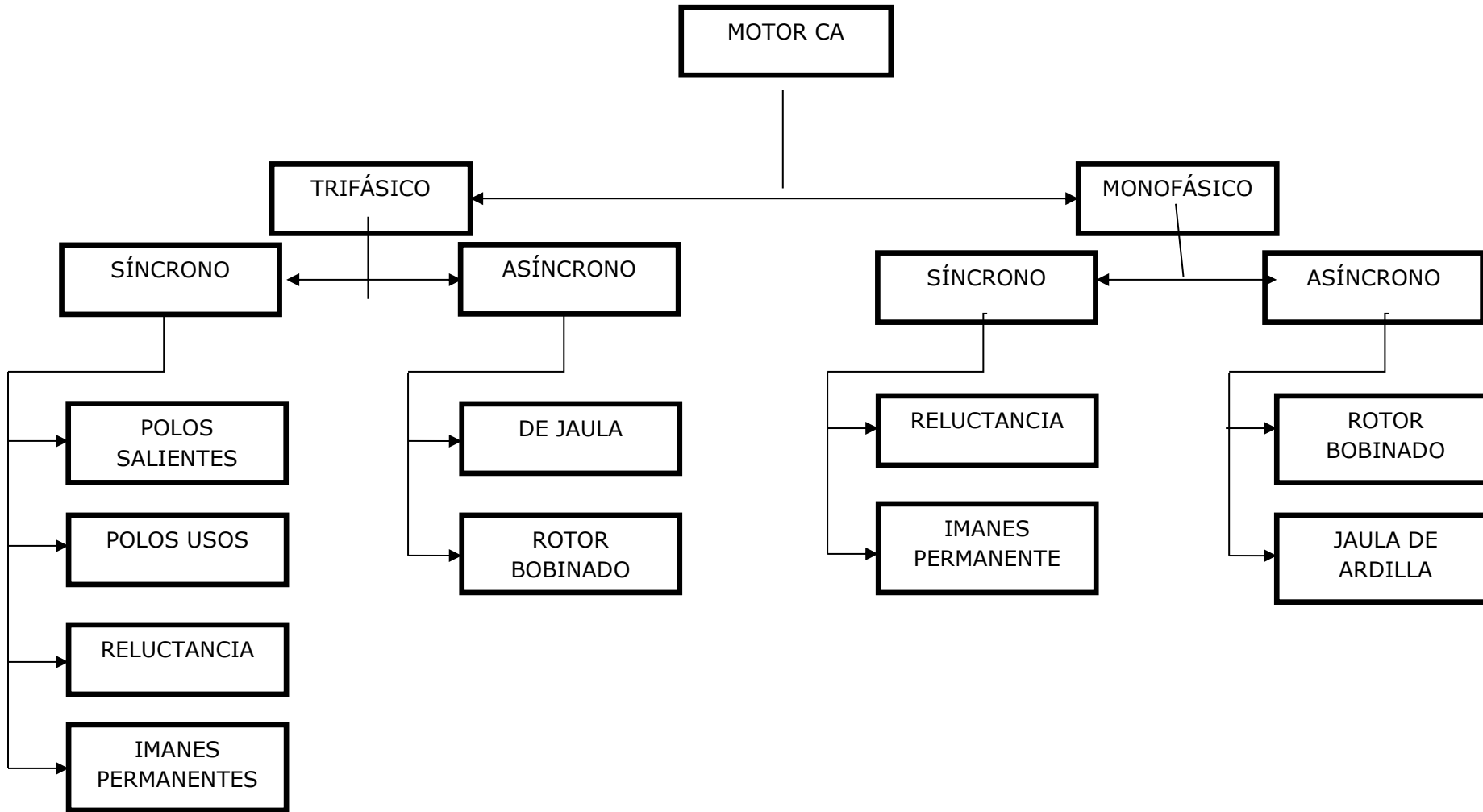
a) Motores de corriente continua: Son motores de costo más elevado y, además de eso, precisan una fuente de corriente continua, o un dispositivo que convierte la corriente alterna común en continua. Pueden funcionar con velocidad ajustable, entre amplios límites y se prestan a controles de gran flexibilidad y precisión. Por eso, su uso es estricto a casos especiales en que estas exigencias compensan el costo mucho más alto de la instalación y del mantenimiento.

b) Motores de corriente alterna: Son los más utilizados, porque la distribución de energía eléctrica es hecha normalmente en corriente alterna. Los principales tipos son:

Motor síncrono: Funciona con velocidad fija, o sea, sin interferencia del deslizamiento; utilizado normalmente para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores).

Motor de inducción: Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje. Debido a su gran simplicidad, robustez y bajo costo, es el motor más utilizado de todos, siendo adecuado para casi todos los tipos de máquinas accionadas, encontradas en la práctica. Actualmente es posible el control de la velocidad de los motores de inducción con la ayuda de variadores de frecuencia (VDF).

TIPOS DE MOTORES DE CA



3.1.1 El motor a controlar

En este caso se utilizará un motor eléctrico utilizado normalmente para mover un portón de corredera, específicamente uno de uso residencial, del tipo monofásico (Jaula de ardilla). Estos motores son lubricados con grasa porque poseen engranajes o piezas de fricción. Este tipo de motor está diseñado para un uso esporádico.



Figura 3-1. Motor de corredera Veloti II 600 Kg.

Características Técnicas motor:

- Tensión: 220VAC / 50hz.
- Monofásico.
- Condensador de partida: 12 μ f.
- Corriente de partida: 4 A.
- Corriente Nominal: 2 A.

3.2 **SENSORES**

3.2.1 Sensor fotoeléctrico

Un sensor fotoeléctrico o fotocélula es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

El sensor de luz más común es el LDR *Light Dependent Resistor* o Resistor dependiente de la luz. Un LDR es básicamente un resistor que varía su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz y es el tipo de sensor que se utilizará en este proyecto para iniciar el movimiento del motor.



Figura 3-2. Sensor LDR.

3.2.2 Funcionamiento del LDR

Cuando el LDR no está expuesto a radiaciones luminosas los electrones están firmemente unidos en los átomos que lo conforman, pero cuando sobre él se proyectan radiaciones luminosas esta energía libera electrones con lo cual el material se hace más conductor, y de esta manera disminuye su resistencia. Las resistencias LDR solamente reducen su resistencia con una radiación luminosa situada dentro de una determinada banda de longitudes de onda. Las construidas con sulfuro de cadmio son sensibles a todas las radiaciones luminosas visibles y las construidas con sulfuro de plomo solamente son sensibles a las radiaciones infrarrojas.

3.2.2 Sensores inductivos

Los sensores inductivos son sensores de proximidad que incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos.

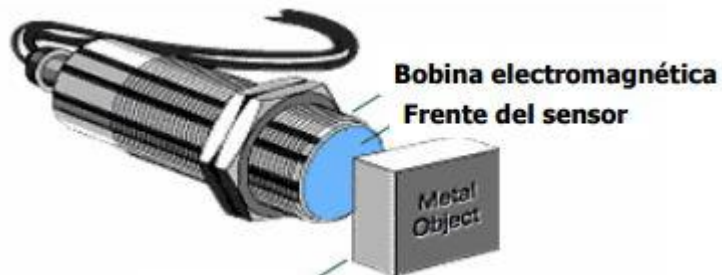


Figura 3-3 Sensor inductivo.

Este tipo de sensores es funcional para el proyecto debido a que impide que elementos externos no metálicos que puedan caer entre este y el elemento a sensar entreguen una señal errónea al PLC y vuelva a su posición original el motor, como lo hace al finalizar el día.

Para la implementación del proyecto se necesitarán dos de estos sensores como límites del recorrido los cuales estarán en cada extremo de la cremallera. De esta forma tendrán la finalidad de poner un límite en el carril y que, al momento de activar el sensor inductivo al final del día, este permita activar el sentido de giro inverso del motor; volviendo así a su posición inicial donde un segundo sensor detectará cuando el motor vuelva a su posición inicial.

Los sensores utilizados en este proyecto son del tipo PNP conocidos como Sourcing Current (fuente de corriente) donde su tipo de salida es positiva, son del tipo normalmente abiertos (N.O. Normally Open por sus siglas en inglés) y su forma corresponde a un tamaño "M12". La distancia de detección máxima es de 2mm de acuerdo a especificaciones del fabricante.

3.3 PLC MICROLOGIX 1000

Existen distintos tipos de controladores. En este caso el control se realizará a través de un Controlador Lógico programable (PLC) del fabricante Allen-Bradley modelo Micrologix 1000. Versión 1761-L10BWA. A continuación, en la tabla 3-1. se muestran las distintas variantes que existen del PLC Micrologix 1000.

Tabla 3-1. Tipos de PLC Micrologix 1000.

Versión	Descripción
1761-L16AWA	10 entradas AC, 6 salidas tipo Relé, Fuente de poder AC
1761-L32AWA	20 entradas AC, 12 salidas tipo Relé, Fuente de poder AC
1761-L20AWA-5A	12 entradas AC, 4 entradas análogas, 8 salidas tipo Relé, 1 Salida tipo análoga, Fuente de poder AC
1761-L10BWA	6 entradas DC 4 salidas de tipo Relé, Fuente de poder AC
1761-L16BWA	10 entradas DC, 6 salidas de tipo Relé, Fuente de poder AC
1761-L20BWA-5A	12 entradas CD, 4 entradas análogas, 8 salidas tipo Relé, 1 salida tipo análoga, Fuente de poder AC
1761-L32BWA	20 entradas DC, 12 salidas tipo Relé, Fuente de poder AC
1761-L10BWB	6 entradas DC, 4 salidas tipo Relé, Fuente de poder DC
1761-L16BWB	10 entradas DC, 6 salidas tipo Relé, Fuente de poder DC
1761-L20BWB-5A	12 entradas DC, 4 entradas análogas, 8 salidas tipo Relé, 1 salida análoga, Fuente de poder DC
1761-L32BWB	20 entradas DC, 12 Salidas tipo Relé, Fuente de poder DC
1761-L16BBB	10 entradas DC, 4 FET y 2 Salidas tipo Relé, Fuente de poder DC
1761-L32BBB	20 entradas DC, 10 puertos FET y 2 salidas tipo Relé, Fuente de poder DC
1761-L32AAA	20 entradas AC, 10 puertos TRIAC y 2 salidas tipo Relé, Fuente de poder AC

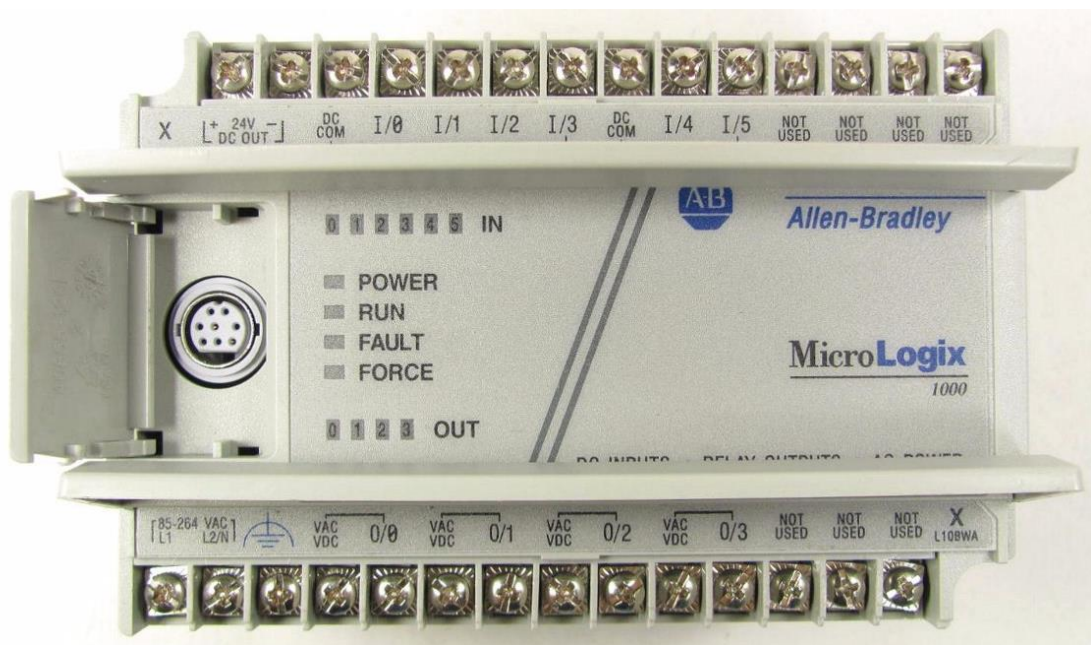


Figura 3-4. PLC Micrologix 1000 (Allen Bradley).

3.3.1 Especificaciones técnicas

- En la sección de entradas del PLC MicroLogix 1000 este posee internamente un transformador de corriente alterna a una de voltaje de 24Vdc que se puede utilizar para energizar las entradas I/0 a I/5
- Cuenta con 6 entradas discretas de I/0 a I/5. Las 5 entradas se dividen en dos secciones (de I/0 a I/3 y de I/4 a I/5), dando la posibilidad de utilizar dos distintos valores de entradas discretas.
- En la sección de salidas del PLC MicroLogix 1000 se encuentran tres terminales, dos de ellas corresponden a la línea de alimentación (L1 y L2) las cuales tienen un punto en común (neutro o tierra), cada una de estas líneas de alimentación sirven para activar cargas de corriente alterna que se pueden conectar a las salidas O/0 a O/3.
- Cuenta con 4 salidas O/0 a O/3. Estas salidas pueden ser utilizadas con voltajes de corriente alterna o voltajes de corriente directa. Cada salida es independiente de las demás, esto es con el fin de que se puedan utilizar distintos voltajes en las distintas salidas.
 - El PLC Micrologix 1000 como elemento programador posee un protocolo de control en el que existen distintos softwares para la configuración de este.

3.3.2 Rangos de voltaje

Como se mencionó anteriormente existen variedad de versiones de Micrologix 1000, cada versión se puede acomodar a las necesidades de cada proyecto. Para este caso la versión utilizada es la 1761-L10BWA que posee las siguientes características de entrada y salida:



Figura 3-5. Rango de operación para una entrada del PLC.



Figura 3-6. Rango de operación para una salida del PLC.

CAPÍTULO 4: PLATAFORMA DE CONTROL DEL SISTEMA

Los controles automáticos cada vez toman parte importante en la vida cotidiana, desde los simples controles que hacen funcionar un microondas hasta los complicados sistemas de control necesarios en procesos industriales. Hoy el control automático se ha vuelto algo esencial en el momento de controlar alguna variable, ya sea la presión, temperatura, humedad, posición y/o flujo.

De una manera informal, el concepto de control consiste en seleccionar de un conjunto específico o arbitrario de elementos (o parámetros, configuraciones, funciones, etc.), aquellos que, aplicados a un sistema fijo, hagan que se comporte de una manera predeterminada. Así en este caso el parámetro de la luz solar recibida por el sensor LDR, dará el paso para mover el motor que posicionará correctamente los paneles fotovoltaicos para obtener la mejor radiación solar.

4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Según lo definido por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos (ANFEEU) un PLC es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas. Estas pueden ser, por ejemplo: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas, con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas y procesos.

Estos surgen aproximadamente en 1969 como respuesta al deseo de la industria automotriz de contar con cadenas de producción automatizadas que pudieran seguir la evolución de las técnicas de producción y permitieran reducir el tiempo de entrada en producción de nuevos modelos de vehículos más avanzados.

Entre los aportes de los PLC se encuentran:

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de por ejemplo motores.
- Reemplazan los temporizadores y contadores electromecánicos.
- Independencia de ubicación del proceso (facilita el trabajo en salas de control)
- Posibilidad de depuración y pruebas.

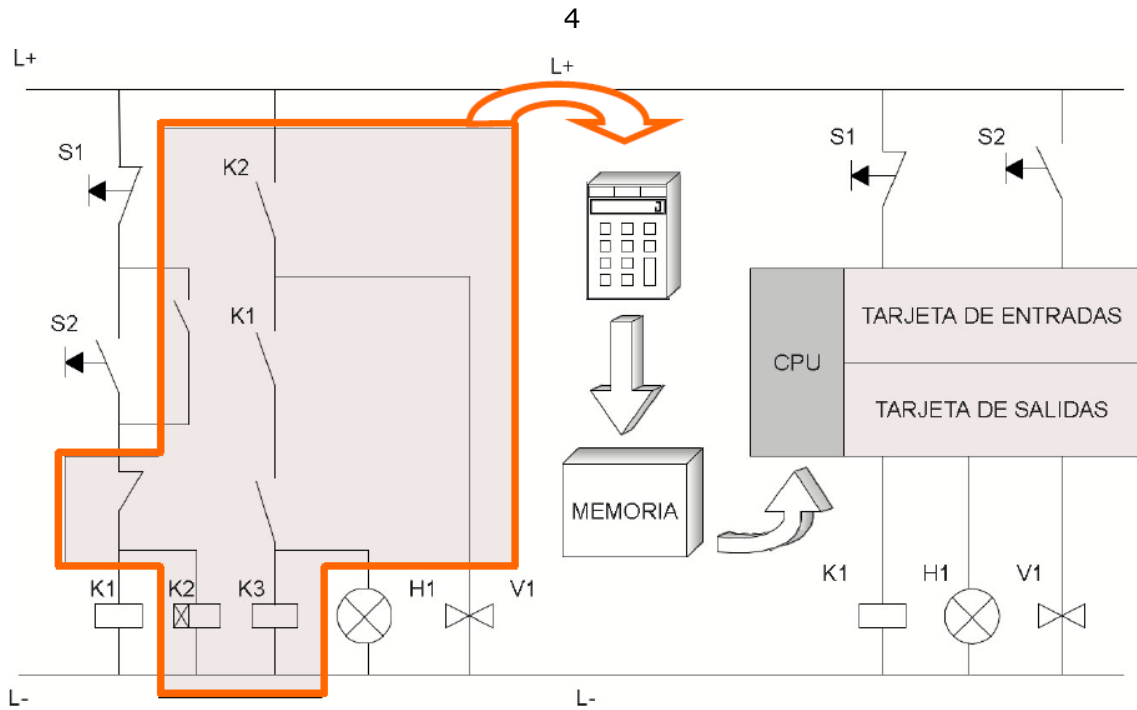


Figura 4-1. Ejemplo de transición de automatización de relés a PLC.

Entre sus ventajas:

- Menor cableado.
- Reducción de espacio.
- Mayor facilidad para mantenimiento.
- Interfaz Hombre Máquina (HMI-Human Machine Interfaz por sus siglas en inglés) muy potente.

Entre sus desventajas:

- Una humedad mayor al 80% provoca condensaciones acelerando la corrosión.
- Una humedad menor al 35% aumenta la potencia, provocando una temperatura alta que puede afectar los componentes electrónicos.

4.1.1 Estructura básica de un PLC

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.

Esta estructura se puede observar en Figura 4-2:

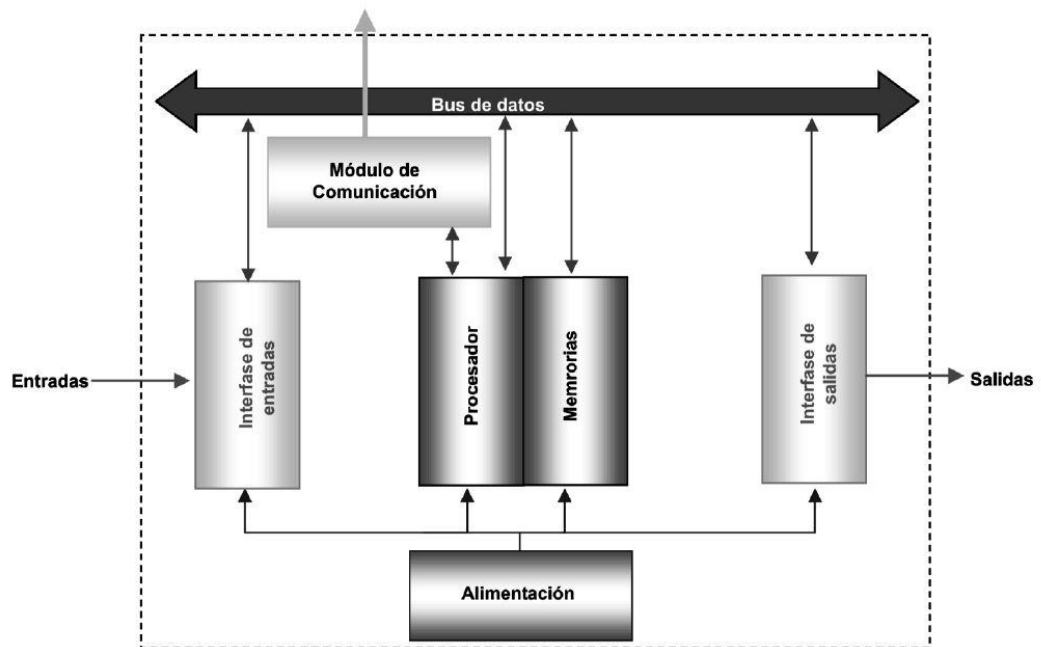


Figura 4-2. Estructura básica de un PLC.

4.2 DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC

4.2.1 Procesador

El procesador o CPU (Central Processing Unit, Unidad Central de Procesamiento), es la unidad dentro del PLC responsable de la interpretación y ejecución del programa desarrollado por el usuario.

Tareas Principales:

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

Para poder realizar todas estas tareas, el procesador necesita un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo. Este programa no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en una memoria que no pierde la información ante la ausencia de alimentación, es decir, en una memoria no volátil.

4.2.2 Memoria

Los PLC tienen que ser capaces de almacenar y retirar información, para ello cuentan con memorias. Las memorias son miles de cientos de localizaciones donde la información puede ser almacenada. Estas localizaciones están muy bien organizadas.

En las memorias el PLC debe ser capaz de almacenar:

Datos del proceso:

- Señales de entradas y salidas.
- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control:

- Instrucciones de usuario, programa.

- Configuración del autómata.

Tanto el sistema operativo como el programa de aplicación, las tablas o registros de entradas/salidas y los registros variables o bits internos están asociados a distintos tipos de memoria.

La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes (grupo de 8 bits), o words (grupo de 16 bits).

Un bit es una posición de memoria que puede tomar valor "0" o "1":

□

Un byte son 8 posiciones de memoria agrupadas:

□□□□□□□□

Una palabra o Word son 16 posiciones de memorias agrupadas:

□□□□□□□□□□□□□□□□

El sistema operativo viene grabado por el fabricante. Como debe permanecer inalterado y el usuario no debe tener acceso a él, se guarda en una memoria como las ROM (Read Only Memory), que son memorias cuyo contenido no se puede alterar inclusive con ausencia de alimentación, son solo memorias de lectura.

Para escribir y leer el estado de las entradas y salidas a gran velocidad en el PLC, se utilizan memorias del tipo RAM (Random Access Memory) ya que estas son bastante rápidas.

4.2.3 Entradas y salidas

4.2.3.1 Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC.

Cada dispositivo de entrada en la práctica es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como la temperatura, presión, posición entre otras.

Entre estos dispositivos se puede encontrar a los sensores inductivos magnéticos, ópticos, pulsadores, termocuplas, termoresistencias, etc.

4.2.3.2 Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno.

Entre estos dispositivos se puede encontrar a Contactores de motores, Electroválvulas, indicadores luminosos o simples relés.

Generalmente los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de la interfaces o módulos de entrada o salida.

Estas se pueden clasificar en:

4.2.3.3 Entradas Digitales

También conocidas como binarias u "on-off", son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 o 0.

Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión. Cuando por un borne de entrada llega tensión entre 11 y 24 VCC, se interpreta como "1" y cuando llega tensión bajo 5 VCC se interpreta como "0", como indica la figura 4-3. Existen módulos o interfaces de entradas de corriente continua para tensiones de 5,12,24 ó 48 VCC y otros para tensión de 110 ó 220 VCA.

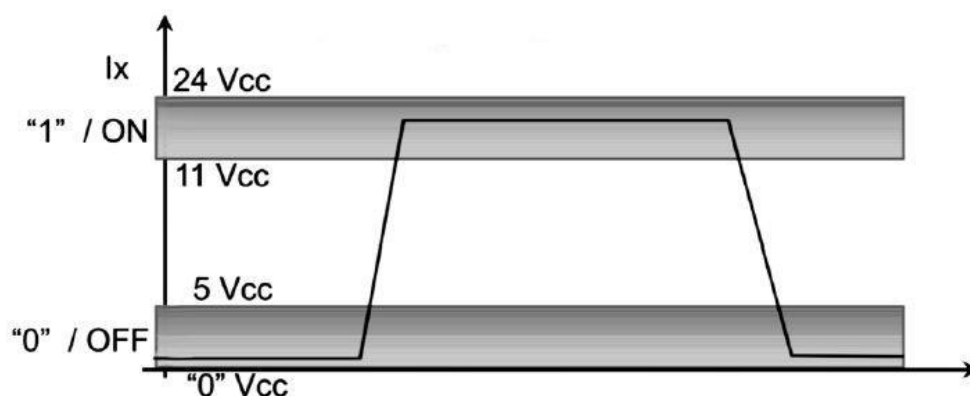


Figura 4-3. Ejemplo de lectura del módulo de entrada.

Los PLC modernos tienen módulos de entrada que permiten conectar dispositivos con salida PNP o NPN de forma distinta. La diferencia de estos es como está conectada la carga con respecto al negativo o al positivo.

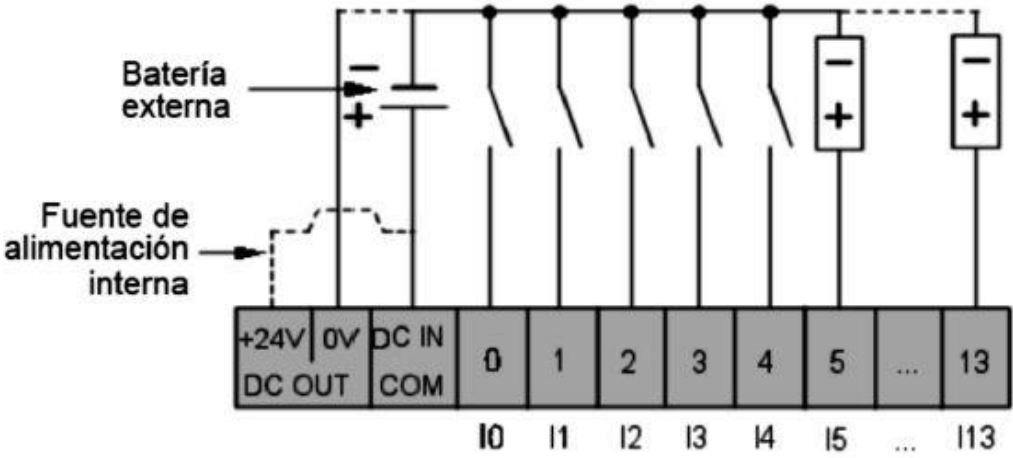


Figura 4-4. Entrada de un PLC con conexión NPN.

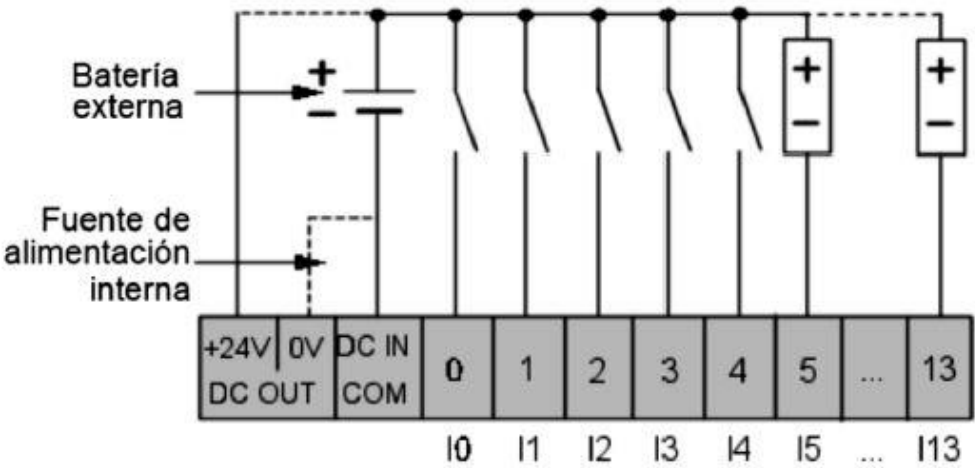


Figura 4-5. Entrada de un PLC con conexión PNP.

Las señales digitales en contraste con las señales analógicas no varían en forma continua, sino que cambian en pasos o en incrementos discretos en su rango. La mayoría de las señales digitales utilizan códigos binarios o de dos estados.

4.2.3.4 Entradas Analógicas

Estos módulos o interfaces admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4-20mA, 0-5 VDC o 0-10 VDC, convirtiéndola en un número. Este dato es guardado en una posición de la memoria del PLC.

Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar. En particular es el conversor analógico digital (A/D) el encargado de realizar esta tarea.

Una entrada analógica con un conversor A/D de 8 bits podrá dividir el rango de la señal de entrada en 256 valores

En la medida que el conversor A/D tenga mayor número de bits será capaz de ver o reconocer variaciones más pequeñas de la magnitud física que estamos observando, por ende, tendremos una mayor resolución.

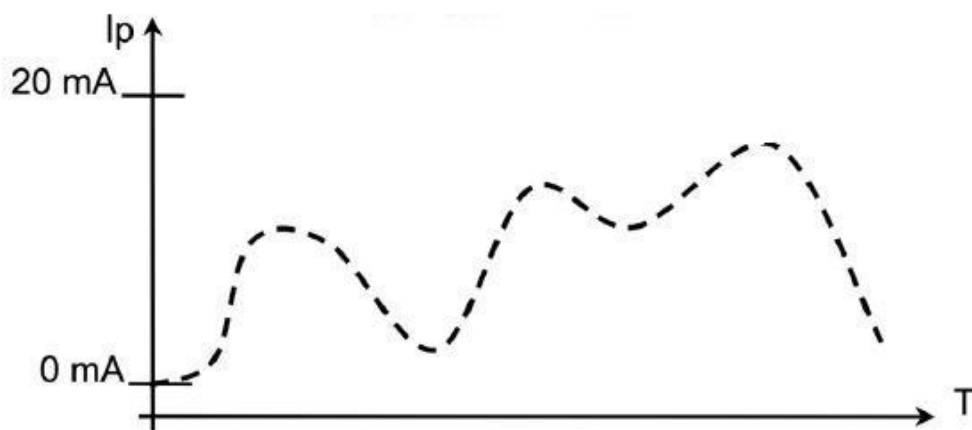


Figura 4-6. Ejemplo de una señal en una entrada analógica.

Los módulos de salida digital permiten actuar sobre elementos que admitan órdenes de tipo encendido o apagado, todo o nada u "on-off" (1 o 0).

El valor binario de las salidas digitales es procesado por el PLC como apertura o cierre de un relé interno del PLC (en el caso de módulos de salidas a relé).

4.2.4 Funcionamiento de un PLC

En la mayoría de los PLC el funcionamiento es de tipo cíclico y secuencial, es decir, que las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente con la condición de que el PLC esté energizado. Para que esto se comprenda es necesario explicar algunos procesos básicos.

4.2.4.1 Tiempo de Barrido o Scan Time

Es el tiempo que demanda al PLC completar un ciclo. A cada ciclo de tareas se lo denomina Barrido o Scan.

Una típica secuencia se detalla a continuación:

Autodiagnóstico: se realiza cuando el PLC es conectado a tensión y es una verificación de todos sus circuitos. Si existiera algún problema el PLC emitiría alguna señal luminosa indicando el tipo de error que ha detectado.

Lectura del registro de entradas y creación de una imagen de las entradas en la memoria: el PLC revisa cada entrada para determinar si está encendida o apagada (entrada binaria) Revisa las entradas desde la primera a la última, graba estos estados en la memoria creando la imagen de las entradas para ser utilizada.

Lectura y ejecución del programa: acudiendo a la imagen de las entradas y salidas en memoria, la CPU ejecuta el programa realizado por el usuario. La ejecución del programa se realiza secuencialmente y en el orden en que se determinó. Como ya se ha revisado el estado de las entradas, el programa puede tomar decisiones basado en los valores que fueron guardados. Las decisiones que toma el programa, en última instancia, corresponden a los valores que van a tomar cada una de las salidas, estos valores son almacenados en registros.

Actualización del registro de salidas: renovación de todas las salidas, en forma simultánea, en función de la imagen de las mismas, obtenidas al final de la ejecución del programa.

4.2.4.2 Ciclo de funcionamiento

Existen dos posibilidades en cuanto al ciclo de ejecución, RUN o STOP.

En cada uno de estos el PLC se comporta de la siguiente manera:

PLC en RUN: el procesador ejecuta el tratamiento interno, la confirmación de entradas, el tratamiento del programa y la actualización de las salidas.

PLC en STOP: En esta situación no se ejecuta el programa.

Es necesario mencionar que también existe FAIL (falla), con esta indicación el PLC muestra cuando se ha encontrado una falla en la etapa de autodiagnóstico.

4.2.4.3 Lenguaje de programación

Cuando se habla de los lenguajes de programación se hace referencia a diferentes formas de poder escribir el programa.

Los softwares actuales permiten traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, pudiendo así escribir el programa en el lenguaje que más convenga por el usuario.

Los principales lenguajes son:

- Gráfico secuencial de funciones (Grafcet del francés Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition).
- Lista de instrucciones.
- Texto estructurado.
- Diagrama de contactos o Lógica de Escalera o Ladder Logic.

En este caso el lenguaje que emplearemos es la Lógica de escalera o Ladder.


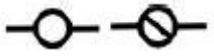
4.2.4.4 Diagrama de Contactos o Lógica de Escalera

Comúnmente los diagramas de lógica de escalera están compuestos por dos líneas verticales que representan las líneas de alimentación, mientras que los reglones contienen los cableados, los arreglos de contactos y las bobinas de relés.

En los PLC, los diagramas de Lógica de Escalera o Ladder Logic son una manera fácil de programar. Una ventaja importante es que los símbolos básicos están normalizados según NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

En la siguiente tabla (4-2) se puede ver una comparación entre la antigua lógica de relé y la programación por software moderna.

Tabla 4-2. Comparación de lógica de relés.

Simbología	Conexión Física de Relé	Programación por PC
Líneas Verticales	Bus Principal	Comienzo y Fin del renglón
Renglones o Peldaños	Ramas del Circuito	Conjunto de Instrucciones
	Contactos	Dirección de dispositivos de entrada y salida.
	Bobinas de Relés	Dirección en registros de salida.
Implementación	Conexión de cables siguiendo el esquema.	Entrada de símbolos con el dispositivo de programación.

Cada contacto y cada bobina de relé representan una localización en el registro de entradas o salidas. Los símbolos solo "representan" relés que no existen físicamente. El símbolo de una bobina de relé representa un bit del registro de las salidas, que podrá estar encendido (1) o apagado (0) durante la ejecución del programa.

Cada renglón o peldaño del diagrama de lógica de escalera del PLC corresponde a un conjunto de instrucciones para el PLC, ese conjunto de instrucciones le dirá al PLC que hacer en respuesta al estado de las entradas (contactos)



Figura 4-7. Simbología de contactos del PLC.

4.2.5 RS Logix 500

El software utilizado para la programación del PLC Micrologix 1000, es el RS Logix 500 de Allen-Bradley. Este software nos permite crear los programas en lenguaje Ladder que serán cargados a la memoria del autómatas Micrologix 1000.

4.2.5.1 Entorno de trabajo

El entorno de trabajo de RSLogix500 comprende distintos menús, donde los más usados en el proyecto se detallan a continuación:

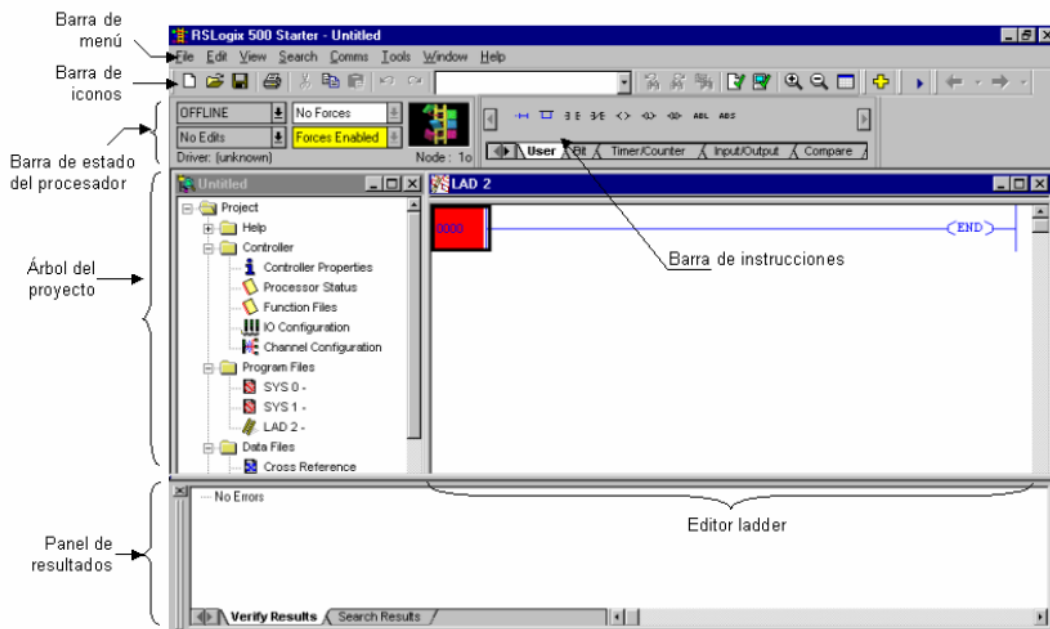


Figura 4-8. Entorno de trabajo de RS Logix 500.

Barra de menú: Contiene las funciones básicas como guardar o abrir un proyecto, editar un proyecto, opciones avanzadas y ayuda.

Barra de íconos: Contiene accesos rápidos de funciones básicas, tales como crear un nuevo proyecto, guardar, copiar, imprimir, verificar el proyecto y compilar el proyecto actual.

Barra de estado del procesador: Permite visualizar el estado del procesador del PLC o bien del emulador (Online, Offline, Program, Remote), cargar y/o descargar

(Upload/Download) en la memoria del PLC, además se puede visualizar el controlador utilizado.

Barra de instrucciones: Esta barra permite acceder en forma ordenada a través de pestañas y botones a las diferentes instrucciones disponibles para la programación del lenguaje Ladder.

Árbol del proyecto: En este menú se detallan las carpetas y archivos generados por el proyecto.

En la sección **controller properties** se encuentran las características del tipo de procesador que se está utilizando y el tipo de comunicación necesario para la conexión del PLC con el PC.

En **Processor Status** se accede al archivo de estado del procesador

En el menú **IO Configuration** se pueden configurar o visualizar las tarjetas de entradas y salidas conectadas al procesador.

En **Channel Configuration** se puede establecer los canales de comunicación del procesador del PLC

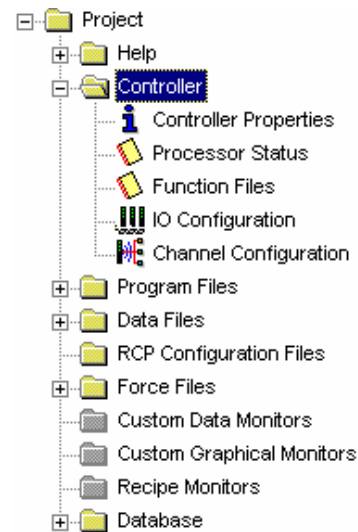


Figura 4-9. Árbol de Proyecto

En la carpeta **Program Files** se encuentran las distintas rutinas creadas para el proyecto.

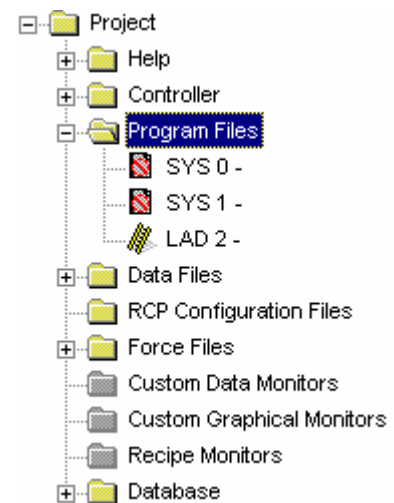


Figura 4-10. Carpeta Program Files.

En la carpeta **Data Files** se tiene acceso a los datos del programa que se utilizará, así como también las referencias cruzadas (Cross Reference). Es posible además consultar y editar la información de salidas (OUTPUT), entradas (INPUT), temporizadores (TIMER), contadores (COUNTER)

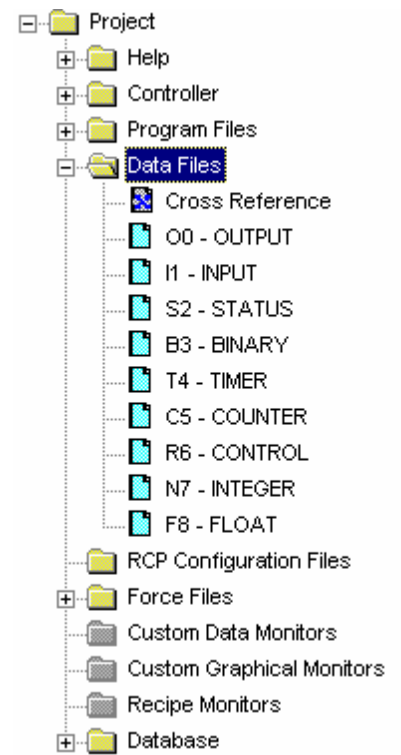


Figura 4-11. Carpeta Data Files.

Al ingresar a alguna de estas opciones se encuentra una ventana como esta donde es posible editar o visualizar la información de los estados, en este caso, como muestra la fig. la visualización de las entradas del PLC.

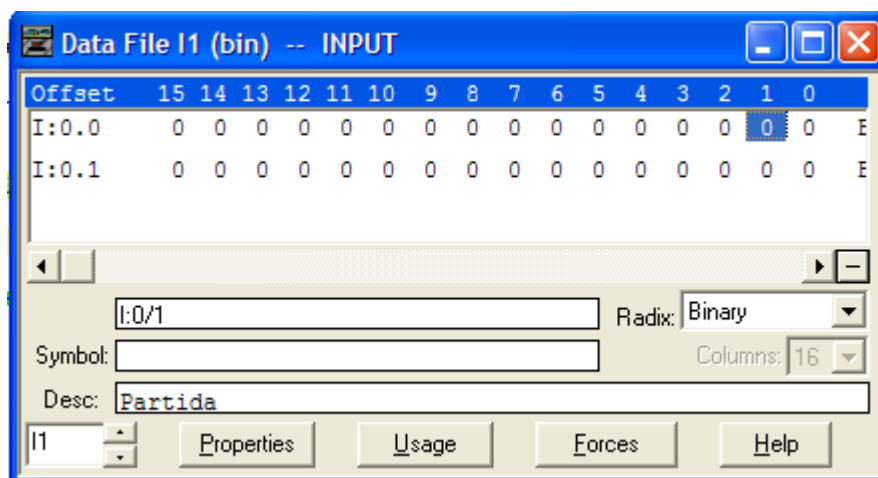


Figura 4-12. Ventana INPUT DATA FILE.

Editor Ladder: esta sección permite realizar la programación mediante el lenguaje de escalera, ya sea escribiendo las instrucciones mediante el teclado o bien utilizando los botones disponibles que aparecen en la barra de instrucciones.

4.2.6 Instrucciones para la programación

A continuación, se detallan algunas de las instrucciones básicas usadas para la programación usando el software RSLogix 500 del proyecto.

Las instrucciones de bit utilizados en este programa son:

Tabla 4-3. Instrucciones de BIT

Nombre	Propósito
XIC	Examine si cerrado, examina un bit para una condición activada.
XIO	Examine si abierto, examina un bit para una condición desactivada.
OSR	Un frente ascendente, ocasiona un evento de una sola vez.

Las instrucciones de tipo temporizador utilizados en este programa son:

Tabla 4-4. Instrucciones de temporizador.

Nombre	Propósito
TON	Temporizador a la conexión, cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es verdadera.
TOF	Temporizador a la desconexión, cuenta los intervalos de la base de tiempo cuando la instrucción es falsa

Estas instrucciones operan en un solo bit de dato. Durante su operación, el procesador puede establecer o restablecer el bit, según la lógica de los reglones de escalera. Estos bits pueden ser usados cuantas veces sea necesario.

4.2.6.1 Archivo de datos de entrada y salida

Estas instrucciones representan entradas y salidas externas, de esta forma los archivos "I" representan entradas externas y los "O" representan salidas externas.

Tabla 4-5. Instrucciones de entrada y salida.

Nombre	Explicación
O:0/2	O: Salida. 0: Número de la ranura delimitada por el PLC físicamente. 2: Número de terminal asociado a la ranura del PLC físicamente.
I:0/7	I: Entrada. 0: Número de la ranura delimitada por el PLC físicamente. 7: Número de terminal asociado a la ranura del PLC físicamente.

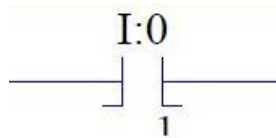


Figura 4-13. Simbología para la entrada del PLC

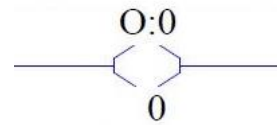


Figura 4-14. Simbología para una salida del PLC

4.2.6.2 Archivos de datos de BIT

El archivo de datos de BIT tiene un uso similar a la lógica de relé, registros de desplazamiento y secuenciadores.

Tabla 4-6. Archivo de datos de BIT.

Nombre	Explicación
B3:0/2	B3: Representa que es una instrucción de dato de bit 0: Número del elemento (0-256). 2: Número de bit

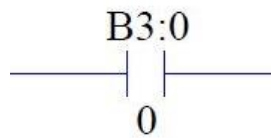


Figura 4-15. Simbología de un BIT en RS LOGIX 500.

4.2.6.3 Instrucciones de temporizador

En el caso del PLC Allen Bradley Micrologix 1000 se pueden utilizar 3 tipos de temporizadores: TON, TOF y RTO.

Cada dirección del temporizador contiene elementos claves para su configuración.

Estos son: términos de control, valor preseleccionado y valor acumulado.

Se hablará de términos de control tales como:

Tabla 4-7. Etapas del temporizador.

EN	Bit de habilitación del temporizador
TT	Bit de temporización del temporizador
DN	Bit de efectuado del temporizador

Los parámetros por ingresar y configurar son los siguientes:

Valor del Acumulador (.ACC)

Este valor es el tiempo transcurrido desde el último restablecimiento del temporizador, mientras el temporizador esté activado este valor es actualizado constantemente

Valor preseleccionado(.PRE)

Este valor especifica el número que el temporizador debe alcanzar para que el BIT DN sea activado. Con la condición de que el valor del acumulador sea igual o mayor al valor preseleccionado.

Para el caso del PLC Micrologix 1000 estos valores de Acumulador y Preselección poseen un rango desde 0 hasta 32,767.

Base de tiempo

Este parámetro determina la duración de cada intervalo de tiempo. Para el PLC Micrologix 1000 es posible seleccionar: 0,001 (1ms), 0,01 (10ms) y 1.0 segundo

4.2.6.4 Temporizador a la conexión (TON)

Este tipo de temporizador es utilizado para activar o desactivar una salida después de que el temporizador haya estado activado durante un intervalo de tiempo preseleccionado cuando las condiciones del reglón se hacen verdaderas, pero cuándo las condiciones del reglón se hacen falsas el valor acumulado se reiniciará.

Para este temporizador los parámetros de control tendrán la siguiente función:

Tabla 4-8. Parámetros de control del temporizador.

	Se activa cuando	Se desactiva cuando
Bit DN	El valor acumulado es igual o mayor que el valor preseleccionado	Las condiciones del reglón se hacen falsas
Bit TT	Las condiciones del reglón son verdaderas y el valor del acumulador es menos que el valor preseleccionado	Las condiciones del reglón se hacen falsas o cuando el Bit es restablecido mediante (RES)
Bit EN	Las Condiciones del reglón son verdaderas.	Las condiciones del reglón se hacen falsas.

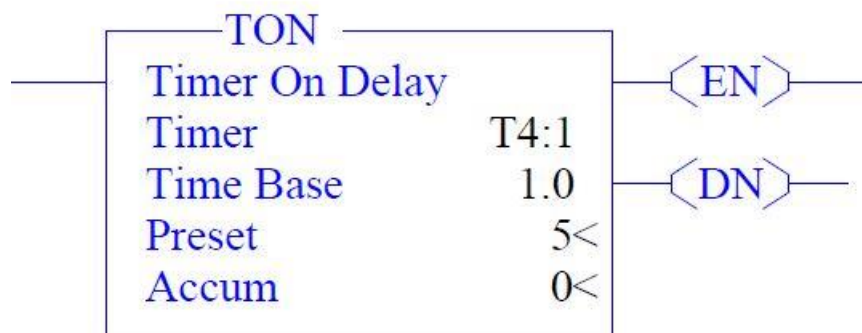


Figura 4-16. Temporizador a la conexión (TON).

4.2.6.5 Restablecimiento (RES)

La instrucción RES o también conocida como RESET tiene como función restablecer temporizadores o contadores. cuando es activada la instrucción RES en el caso de temporizadores reinicia el valor del acumulador, bit DN, bit EN y bit TT.



Figura 4-17. Simbología de restablecimiento (RES).

4.2.6.6 Instrucciones Latch (L) y Unlatch (U)

La instrucción LATCH nos permite enclavar una salida con solo activar el relón, solo requiere que sea por un momento.

La instrucción UNLATCH nos permite desenclavar una salida con solo activar el relón por un momento.

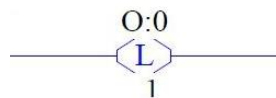


Figura 4-18. Simbología de salida LATCH

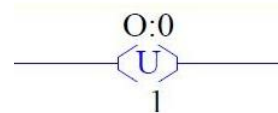


Figura 4-19. Simbología de salida UNLATCH

4.3 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN PARA PLC

Este proyecto necesita que el motor no solamente tenga un arranque y una parada. Es necesario además que el motor, al momento de activar el sensor inductivo al final de la carrera, gire a su posición inicial y esto es posible lograrlo invirtiendo su sentido de giro mediante la alimentación de su bobina secundaria con una salida del PLC.

Existen distintas formas de realizar el cambio de giro de un motor, obviamente descartando el de cambiar el giro manualmente.

Un ejemplo de cambio de giro del motor es el siguiente extracto de la programación basada en Ladder.

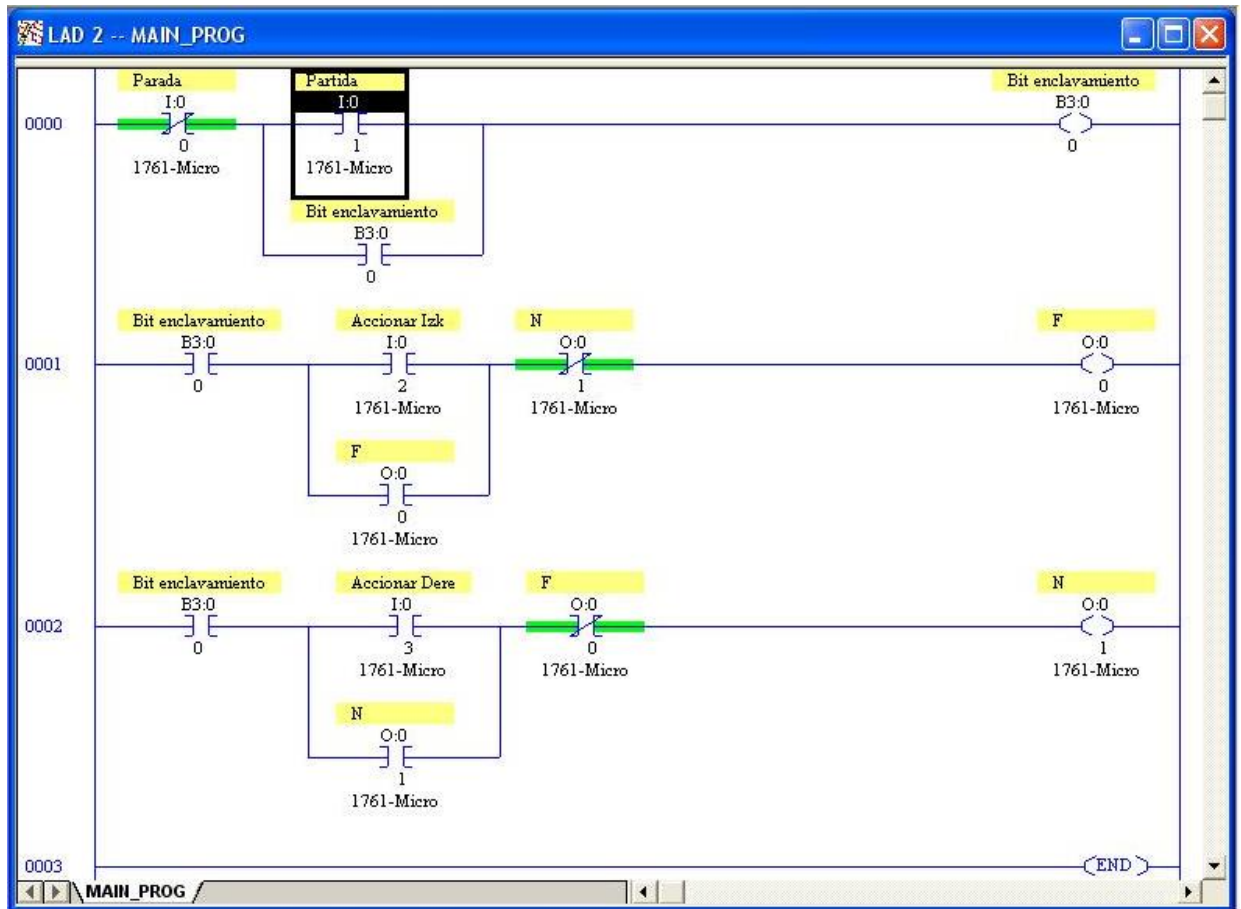


Figura 4-20. Ejemplo de programación.

I:0/0: Botón de parada en caso de emergencia.

B3:0/0: Bit interno del PLC usado para enclavamiento y condicional para las siguientes instrucciones.

I:0/2: Es una entrada de tipo sensor inductivo, que funciona como límite de carrera de uno de los extremos. Al activarse, el motor girará en un sentido específico, por ejemplo: sentido horario.

I:0/3: Es una entrada de tipo sensor inductivo, que funciona como límite de carrera de uno de los extremos, al activarse el motor girará en el sentido contrario al anterior.

O:0/0-O:0/1: Configuradas como salidas reales del PLC, en paralelo a los sensores funcionan como enclavamiento, y aquellos que están configurados como contactos cerrados impiden que se activen los dos a la vez.

4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA PROGRAMACIÓN EN RS LOGIX 500

Como es posible leer anteriormente, el control para el movimiento del motor se realizó mediante la programación en lenguaje Ladder o escalera con el software RS Logix 500; básicamente el movimiento del motor es posible mediante la utilización de temporizadores que activan salidas de PLC, los cuales permiten mantener el motor en estado de reposo y activarlo nuevamente cuando sea necesario, manteniéndolo dentro de un movimiento inverso y directo en un recorrido limitado por sensores inductivos que detectarán cuando este llegué al final y al principio del recorrido de la cremallera.

Inicialmente el programa, en el renglón 0000, da la instrucción de inicio con un pulsador conectado a la entrada (I:1) del PLC el cual queda enclavado a un bit de partida (B3:0) para mantener este estado, también en este mismo renglón se encuentra en la entrada al PLC (I:0) un pulsador que permite la parada del programa y por consiguiente la detención del motor.

En el renglón 0001 se encuentra el temporizador que permite mantener el motor en estado de reposo (T4:1) durante el día antes de cada movimiento donde seguirá la posición del sol. Este temporizador funciona solo si el temporizador final de reposo durante la noche se encuentra abierto. El funcionamiento de este temporizador estará definido por la estación del año, ya que de esto dependerá el tiempo y la cantidad de veces que deberá estar en reposo durante un día para optimizar la obtención de radiación UV para el panel fotovoltaico, ya que en ciertos periodos del año; invierno, por ejemplo, la cantidad de luz solar es menor que en verano.

En el renglón 0002 está el temporizador del movimiento del motor (T4:0) para seguir la posición del sol, este tiempo será de unos pocos segundos en función de encontrar la mejor radiación solar directamente a la superficie del panel fotovoltaico. Este temporizador no se habilita (EN) mientras no termine (DN) el temporizador de estado de reposo del motor.

El renglón 0003 se encuentra la instrucción que permite resetear (RES) el acumulador del temporizador de estado de reposo del motor (T4:1 en renglón 0001), para que este pueda iniciar nuevamente su ciclo de tiempo. Este restablecimiento o RESET (RES) no se habilita hasta que el temporizador del movimiento del motor (T4:0) se encuentre terminado (DN).

El renglón 0004 contiene la instrucción que permite mover el motor hacia la derecha, pensando que por la ubicación del panel fotovoltaico el motor debe moverse en este sentido para seguir el sol. Se habilita una salida (O:0) del PLC, siempre y cuando se

cumplan las condiciones del renglón las cuales son: temporizador T4:0 en funcionamiento (TT), deshabilitada la salida O:1 del PLC; que permite el sentido inverso (hacia la izquierda del motor), entrada I:3 del PLC abierta; que indica que el sensor del final del movimiento a la derecha está desactivado y temporizadores de reposo nocturno del motor (T4:2 y T4:3) deshabilitados.

El renglón 0005 está la instrucción que permite mover el motor en sentido inverso, hacia la izquierda, para volver a la posición inicial. Se habilita la salida (O:0/1) del PLC, la cual es una instrucción LATCH que se habilita con la activación del sensor inductivo ubicado al final del recorrido del motor (I:0/3 en el PLC), además la salida del PLC O:0/0 que mueve el motor a la derecha debe estar abierta para evitar activar ambos sentidos de giro en el motor y pueda generar algún tipo de daño en este.

El renglón 0006 contiene la instrucción que permite desenganchar (UNLATCH) la salida del PLC O:0/1, de esta forma el motor deja de moverse en sentido inverso (hacia la izquierda). Para que se cumpla esta condición, es necesario que se active el sensor inductivo, entrada I:0/2 en el PLC, que detecta que el motor se encuentra en la posición inicial.

El renglón 0007 permite dejar enganchado (LATCH) un BIT (B3:0/2) el sensor inductivo del final del recorrido del motor (I:0/3 en el PLC), esto con el fin de que el temporizador de reposo nocturno del motor se pueda activar y mantenerse en funcionamiento.

En el renglón 0008 se desengancha el BIT del sensor inductivo del renglón anterior (B3:0/2), esto es posible con la condición de que se encuentre finalizado el segundo temporizador de reposo nocturno del motor (T4:3/DN).

El renglón 0009 contiene el primer temporizador de reposo nocturno del motor (T4:2), que permitirá dejar el motor detenido hasta que finalice el segundo temporizador del segundo renglón. Este temporizador es habilitado por el BIT de sensor inductivo del final del recorrido del motor (B3:0/2).

El renglón 0010 contiene el segundo temporizador de reposo nocturno del motor (T4:3), el cual no se habilita (EN) hasta que finalice (DN) el primer temporizador de reposo nocturno (T4:2) y también mientras se encuentre activo el BIT del sensor inductivo del final del recorrido del motor (B3:0/2). Se utilizan dos temporizadores de reposo nocturno debido a que los temporizadores en RSLOGIX 500 solo permiten un tiempo máximo de operación de 3.267 segundos (aproximadamente 9,1 horas), por tanto, como el tiempo de reposo es mayor a 10 horas en algunas estaciones del año, se requiere de dos temporizadores. Al completarse el acumulador de este temporizador se obtiene el desenganche (UNLATCH) del bit del sensor inductivo (B3:0/2).

El renglón 0011 permite reiniciar (RES) los temporizadores de reposo nocturno (T4:3 y T4:2) cuando el bit del sensor inductivo del final de recorrido de motor (B3:0/2) se encuentre abierto (desenganchado). De esta forma el programa vuelve a su estado inicial para volver a mover el motor el día siguiente de forma automática.

El renglón 0012 no es más que la finalización del programa de control de movimiento del motor, siempre un programa en lenguaje Ladder para RS LOGIX 500 debe finalizar con la instrucción (END).

4.5 DIAGRAMAS DE CONEXIONES

4.5.1 Circuito de control para el sensor LDR

Para realizar el control del motor fue necesario diseñar un circuito que controle y permita la activación de las entradas al plc. Usando el conocimiento obtenido y los sensores disponibles anteriormente, se generó un circuito en el que el principal elemento que controlará el motor son los LDR. Con el conocimiento de que el LDR variará su resistencia con la intensidad de luz proporcionada en este caso por la iluminación del sol, se usó un circuito divisor de tensión y junto a un potenciómetro se reguló esta tensión y junto a un transistor el cual conmutará el paso de la corriente para que esta active la entrada del PLC dependiendo de la tensión obtenida a la salida del circuito.

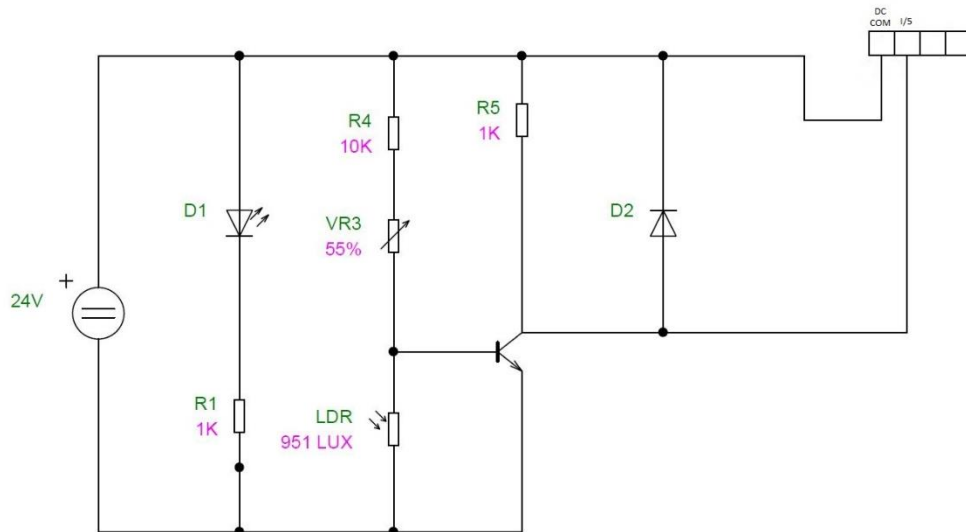


Figura 4-21. Circuito de control LDR.

Será necesaria una fuente de tensión continua para la alimentación del circuito, la cual es proporcionada por el mismo PLC. Esta fuente generará una caída de tensión

que luego, mediante el potenciómetro y el LDR, harán el trabajo de generar un divisor de tensión y regulación de la intensidad de luz en la que él transistor 2N2222A conmutará entrando desde corte a saturación por la corriente que ingresará en su base. La señal de tipo voltaje DC será aplicada en una entrada del PLC donde esta hará diferencia entre el voltaje ingresado, que fue descrito en las especificaciones técnicas del PLC en el que se describe que para señales de voltaje de entrada es interpretado como señal discreta; entre 0 a 5 VDC siendo OFF o 0 lógico y en rangos entre 14VDC a 30VDC es interpretado como ON o 1 lógico.

Por sugerencia del profesor guía se descartó el uso del sensor de tipo LDR, debido a que, como los elementos serán utilizados en el exterior, exponiéndose a condiciones medioambientales variables y extremas como por ejemplo el polvo o residuos del ambiente donde se encuentran los paneles fotovoltaicos; este se podría acumular en la parte fotoresistiva de LDR impidiéndole que capte la luz correctamente y de esta forma se podría generar, eventualmente, un punto de falla en la partida automática del sistema seguidor solar.

Debido a lo anterior el control del motor solo será realizado a través de la programación mediante el PLC, usando temporizadores y los sensores físicos de proximidad, se realizará una secuencia de tiempos de trabajo del motor que permitirá la automatización deseada.

4.5.2 Diagrama de conexión de pulsadores y sensores (Entradas del PLC)

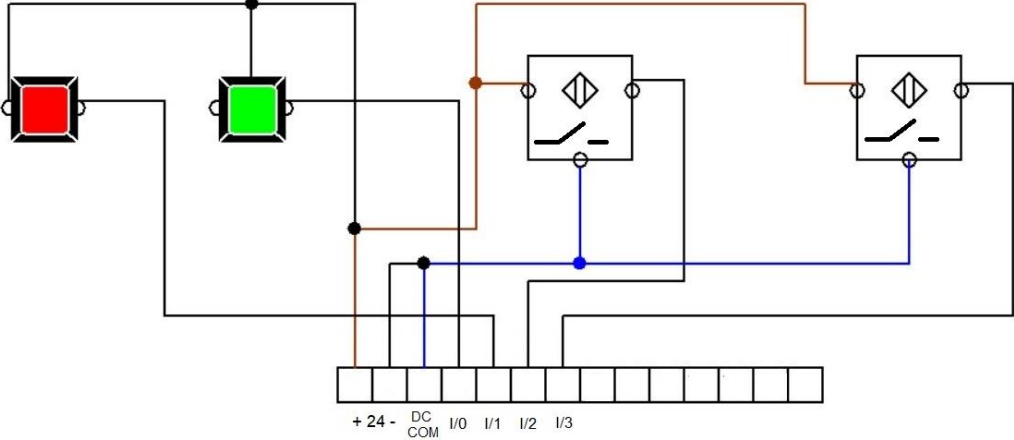


Figura 4-22. Diagrama de conexión de pulsadores y sensores.

4.5.3 Diagrama de conexión del motor al PLC

El diagrama de la figura 4-26 es el encargado de alimentar un componente de salida, que en nuestro caso es un motor de corriente alterna señalado anteriormente. Los circuitos de fuerza para el caso de motores están compuestos principalmente por contactores. Estos elementos se encargan de accionar el arranque, partida y/o la inversión de giro en un motor. También estos son los encargados de dar protección al motor.

Por lo descrito anteriormente se utilizará una conexión basada en el siguiente diagrama eléctrico de la figura 4-26.

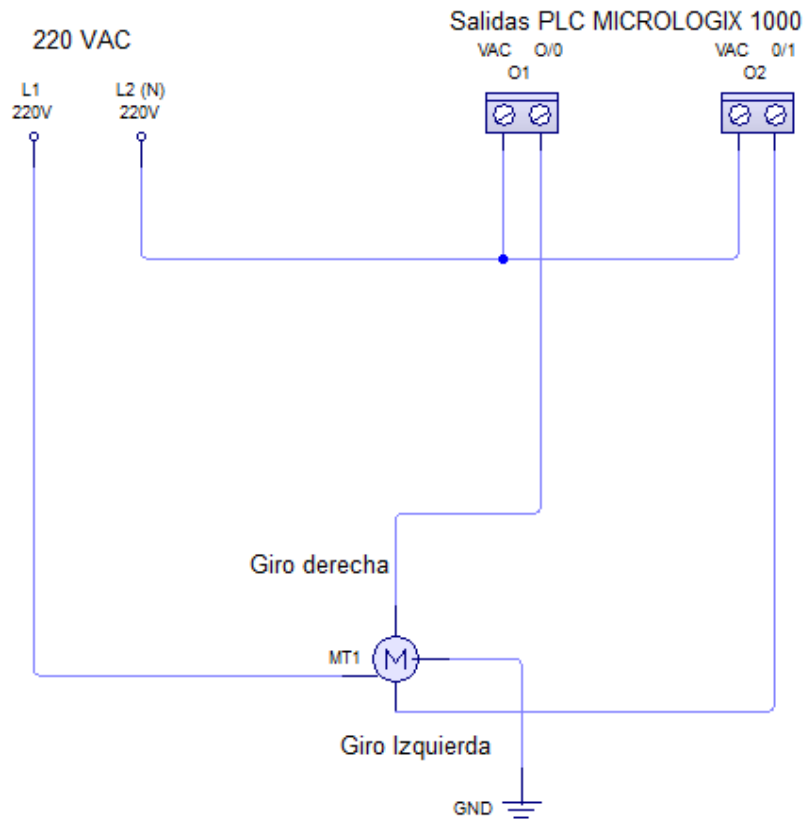


Figura 4-23. Diagrama de conexión del motor a la salida del PLC.

Como se observa en el diagrama de la figura 4-26, fase y neutro se encuentran alimentando las bobinas internas del relé de salida del PLC. A las salidas de relé irán conectados los terminales del motor, una salida para cada bobina del motor, permitiendo la inversión de giro del motor cuando se active la salida correspondiente del PLC.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del proyecto fueron positivos, ya que se logró el objetivo principal el cual era automatizar el movimiento del motor mediante un PLC y con esto se cumple el objetivo general del trabajo que permite mejorar la eficiencia al momento de obtener la energía solar con respecto a un panel fotovoltaico inmóvil.

El hecho de realizar el proyecto mediante un controlador de tipo PLC se considera interesante debido a la robustez que otorgan estos sistemas y fiabilidad en el ámbito de la automatización.

Si bien en un principio la idea era utilizar fotoresistores para iniciar el movimiento del motor cuando existiera luz natural, por sugerencia del profesor guía se desechó esta posibilidad debido a las condiciones medioambientales donde se ubicaría el proyecto. Sin embargo, esta opción puede ser mejorada con otro tipo de elementos que puedan identificar la luminosidad de una manera más precisa y más funcional con respecto a las obstaculizaciones como el polvo, o bien con módulos analógicos conectados a otro tipo de PLC que lo soporte.

Otra mejora importante podría ser considerada el utilizar una interfaz Hombre-Máquina (HMI) para controlar el panel de forma manual a gusto del usuario, así como también llevar registro de conteos de los temporizadores y tener también una visualización amigable del funcionamiento de los elementos conectados al PLC.

BIBLIOGRAFÍA

- https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022014000300008
- <http://www.lpc-uk.com/siemens/beroinductive/main.htm>
- http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1761-um003_-en-p.pdf
- https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1747-rm001_-en-p.pdf
- <http://www.mcgarcia.cl/manuales/manual-motor-veloti-II.pdf>

ANEXO

CONTROL DE MOVIMIENTO DE MOTOR

LAD 2 - PROG_PRINC - Control de Movimiento del Motor --- Total Rungs in
File = 13

