

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las
Villas**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Programación del sistema de control Pueblo
Dunas.**

Autor: Ismel García Alemán.

Tutor: Ing. Samy Brito Barroso.

Santa Clara

2010

"Año 52 del triunfo de la Revolución"

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las
Villas**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Programación del sistema de control Pueblo
Dunas.**

Autor: Ismel García Alemán.

E mail: igarcia@uclv.edu

Tutor: Ing. Samy Brito Barroso.

E-mail: samyb@uclv.edu.cu

Profesor Instructor. Dpto. de Automática.

Facultad de Ingeniería Eléctrica. UCLV.

Consultante: Vladimir Nodal Gómez.

Santa Clara

2010

"Año 52 del triunfo de la Revolución"



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de
Departamento donde se
defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*“La posibilidad de realizar un sueño es lo que
hace que la vida sea más interesante”*

Paulo Coelho

DEDICATORIA

A mis padres Juan y Milagro por todo el amor, cariño y su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A mi novia Yanet por todo su amor, cariño y dedicación.

A mi familia por estar atentos en mi formación como profesional y como Hombre.

A todos mis amigos que estuvieron junto a mí durante estos cinco años.

A los que se han propuesto y logrado sus triunfos.

AGRADECIMIENTOS

- *Carlos Alves, Rigoberto Roque, Yandy Pérez....*
- *A mis amigos de Morón y Camaguey,*
- *A la tropa de Copextel, Liodan, Vladimir y Montejo, Marcelino por confiar en nosotros para la realización del trabajo,*
- *A mis tutores,*
- *A la Universidad.*

TAREA TÉCNICA

Con el propósito de realizar el presente trabajo fue necesario realizar las siguientes tareas:

- Familiarización con el sistema de control de la entidad Pueblo Dunas para la comprensión del mismo.
- Identificación de las variables principales del sistema de control.
- Realización del mapa de memoria.
- Estudio de autómata Master-K120s de LS.
- Realización del programa.
- Confección del informe final.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

En el presente trabajo se propone como objetivo confeccionar un programa, el cual nos brinde múltiples opciones de configuración para su fácil adaptabilidad en cualquier hotel que requiera de un sistema de control. Para el logro del objetivo principal se efectuó un estudio sobre la tendencia del empleo de los autómatas en la industria y la domótica, se estudió el software de programación del autómata (KGL-WIN) y se mostraron aspectos teóricos fundamentales para el trabajo con los mismos. Por último se elaboró un programa general con características para ser utilizado en cualquier entidad que lo requiera. La realización de este trabajo es necesaria ya que en Pueblo Dunas se quiere alcanzar una mayor eficiencia con un menor consumo de energía eléctrica, pero además se quiere lograr una mayor satisfacción tanto, a clientes externos como internos. Para elaboración del mismo se hizo una amplia búsqueda en Internet y se tomaron experiencias de lugares donde se han implementado sistemas de control similares a este.

GLOSARIO DE SIGLAS.

Siglas	Significados
E/S	Entrada/ Salida
A/D	Analógico/Digital
D/A	Digital/Analógico
CPU	<i>Central Process Unit</i>
DCS	Sistema de Control Distribuido
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PID	<i>Proportional, Integrative, Derivative</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
MAP	<i>Manufacturing Automati3n Protocol</i>
MPI	<i>Multi Point Interface</i>

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA	iv
RESUMEN	v
GLOSARIO DE SIGLAS	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLC's.....	4
1.1 Necesidad del trabajo	4
1.2 Generalidades.....	4
1.2.1 Historia de los Autómatas Programables.....	4
1.2.2 Definición.....	7
1.2.3 Características principales.....	8
1.2.4 Ventajas e inconvenientes de uso.	9
1.2.5 Estructuras.	11
1.2.6 Interfaces.....	17
1.3 Ejemplos de aplicación de PLC en la industria.	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1 Justificación de la selección de PLC Master-K120s.....	20
2.2 Comparación del Master-K120s con SIEMENS S7-200.....	21
2.3 Características generales del Master-K120s	21

2.3.1	Características específicas del Master-K120s señalando a las series que vamos a utilizar.....	22
2.4	Serie que se va a emplear y cantidad de Automatas.....	23
2.5	Utilización de la red de datos y Ethernet para la comunicación del sistema automatizado	24
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		25
3.1	Características del sistema de automatización Pueblo Dunas.....	25
3.1.1	Dispositivos a controlar o supervisar	26
3.2	Requerimientos específicos del sistema	26
3.3	Principales instrucciones utilizadas para la confección del programa.....	27
3.4	Descripción de las partes fundamentales del programa.....	28
3.5	Mapa de memoria.....	33
3.6	Análisis económico.....	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		36
	Conclusiones	36
	Recomendaciones	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		37
ANEXOS.....		39
Anexo I	Subrutina que transfiere la fecha y la hora del PLC al SCADA.....	39
Anexo II	Subrutina que transfiere la fecha y la hora del SCADA al PLC.	40
Anexo III	Conexión secuenciada para todos los dispositivos.....	41
Anexo IV	Conmutación para los dispositivos de doble estado con retardo.	42
Anexo V	Control Local/Remoto.	42
Anexo VI	Tratamiento de las térmicas.	43
Anexo VII	Encendido y apagado para todos los dispositivos on/off.....	43

Anexo VIII	Subrutina 52.....	44
Anexo IX	Subrutina 0026.....	45
Anexo X	Subrutina encargada de comparar el día y la hora actual con el cronograma de trabajo.	46
Anexo XI	Mapa de memoria de los autómatas.	47
Anexo XII	Relación de precios.....	50
Anexo XIII	Convertidor Ethernet.....	53

INTRODUCCIÓN

Desde siempre el hombre ha necesitado un sustituto que hiciera las faenas más pesadas por él. Un ejemplo lo vemos en el entorno industrial, en donde esto se ha traducido a tareas en procesos continuos, en cadenas de montaje y en general actividades en que la monotonía de trabajo era un factor negativo para el operario. Lo cual trajo consigo la creación del controlador lógico programable (PLC), capaz de controlar procesos como si se tratase de un ser humano. Los PLC's surgieron como alternativa a los sistemas de control basados en cableados de relés. Aunque los circuitos integrados y la lógica interna del PLC han sustituido a los componentes discretos, relés, contadores, temporizadores, etc. El PLC opera como si estos componentes siguieran ahí, pero el control es mucho más flexible y aporta además un grado más elevado en cuanto fiabilidad se refiere.

En este trabajo se realizó un estudio de carácter general y actualizado referente a la implementación de los PLC's en la domótica. Entre los aspectos tratados se encuentran su definición, funciones principales, partes y componentes; así como sus prestaciones y características a tomar en cuenta a la hora de implementar su programación, en pueblo las Dunas.

El control mediante la utilización de PLC's en las viviendas y redes hoteleras a nivel mundial está generalizado debido a la importancia que esto constituye para el buen funcionamiento de las instalaciones. En nuestro país, un ejemplo de la utilización de sistemas de control basados en PLC se encuentra la provincia Villa Clara municipio Caibarién, en la red hotelera perteneciente al municipio que se llamaría norte, es el Hotel Estrella 1.

Se confeccionará un programa universal que será instaurado para todos los PLCs con variadas opciones y de fácil configuración de acuerdo a los requerimientos del lugar donde se encuentre el autómata. Se tiene en cuenta para su configuración, la cantidad de dispositivos, los estados del dispositivo, el número de salidas y entradas de los mismos, cantidad de térmicas para cada motor así como el tiempo de alternancia para los sistemas doble bomba.

La instalación y puesta en marcha del sistema de control elevará la calidad y el confort de la entidad turística Pueblo Dunas y en mayor cuantía en los hoteles cubanos, permitiendo la expansión de esta tecnología a otros e incrementando el perfeccionamiento de los mismos.

Problema a resolver

Pueblo Dunas es una entidad que ofrece una amplia gama de variedades recreativas para los turistas que van desde salas de juegos y áreas deportivas hasta centros nocturnos. Por tal motivo el consumo energético será extremadamente elevado y supone un gasto cuantioso en CUC para la entidad, con el objetivo de dar solución a esta problemática se implementó un sistema de control basado en PLC, el mismo permitirá mejoras en las condiciones de trabajo para los trabajadores del centro y logrará reducir los costos energéticos, de forma general incrementar la satisfacción al cliente.

Objetivo general:

- Desarrollar un programa universal para el sistema de control de la entidad pueblo Dunas.

Objetivos específicos:

- Realizar un estudio sobre la tendencia del empleo de los autómatas en la industria y la domótica.
- Estudiar el software de programación del autómata KGL-WIN.

- Mostrar los aspectos teóricos fundamentales para el trabajo con autómatas programables.
- Realizar el programa general para que sea descargado en los Autómatas Master-K120s.

Organización del informe

Este trabajo consta de tres capítulos de los cuales se le realizará una breve descripción a continuación.

En el capítulo uno se expondrán los fundamentos teóricos necesarios para la comprensión de los temas que serán tratados en el desarrollo del trabajo. De esta forma se expondrán los componentes principales del PLC, su funcionamiento, evolución, estructuras y tendencias, la necesidad del proyecto y problema a resolver en la entidad pueblo Dunas.

En el capítulo dos, Materiales y Métodos, se expondrán todo lo relacionado con el autómata, las características del mismo tanto generales como específicas. También serán tratados temas como la justificación de la selección Autómata y la utilización de la red de datos y Ethernet para la comunicación.

En el capítulo tres se darán los resultados finales del trabajo realizando una minuciosa explicación de los bloques de código fundamentales del programa así como las principales instrucciones utilizadas en el mismo. También se expondrán las características del sistema de automática de la entidad, la ubicación de los autómatas y dispositivos a controlar. Además se realizará el análisis económico que respalda el proyecto.

CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLC's

En el presente capítulo se expondrán las características de los PLC's de forma generalizada tales como, breve historia desde su surgimiento hasta la actualidad, definiciones básicas, campos de aplicación, ventajas e inconvenientes de su uso, estructura interna y externa. También se mostraran los aspectos teóricos relacionados con el empleo y aplicación de los Autómatas Programables en la industria nacional y extranjera.

1.1 Necesidad del trabajo

Pueblo Dunas es una entidad turística de alto nivel, en ella se requiere de un uso racional y eficiente para todos los equipos eléctricos ya que se necesita ahorrar por la necesidad que presenta el país, los hoteles aledaños a la misma son altos consumidores por lo que se decidió implementar un sistema automatizado que fuera capaz de proporcionar un ahorro energético y además aumentar el confort tanto al cliente como al trabajador que se encuentra desempeñando alguna labor en dicho hotel.

1.2 Generalidades

1.2.1 Historia de los Autómatas Programables.

Los autómatas se utilizaron por primera vez en la industria en la década del 60 y hoy en día continúa su acelerado desarrollo. La razón principal del nacimiento de los autómatas fue la necesidad de eliminar el alto costo que producía el reemplazar al complejo sistema de control basado en relés y contactores, que caracterizaban los procesos industriales hasta ese momento.

La dificultad que presentaban los relés era, que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen vida limitada, por tanto se requería un mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento. 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 trabajarían 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.

- La década de 1960.

A finales de los años 60, la industria demandaba cada vez más un sistema de control económico, robusto, flexible y fácilmente modificable. En 1968 nacieron los primeros Autómatas Programables de la compañía *Bedford Associates*, que propuso algo denominado Controlador Digital Modular (*MODICON, MODular Digital CONtroller*). Otras compañías propusieron esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-83. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente (Canto, 2006)

- La década de 1970.

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 suministraron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC's. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo. No obstante, el 2903 fue de los más utilizados. La capacidad de comunicación comenzó a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fue el bus

Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y ubicarse alejado de las máquinas que controlaba. También se introdujo en el mundo analógico ya que podía enviar y recibir señales de tensión. Desafortunadamente, la falta de un estándar, acompañado de un continuo cambio tecnológico, ha hecho que la comunicación de PLC sea un cúmulo inconexo de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí.

- La década de 1980.

En los años 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP de *General Motors*. También se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con lenguajes simbólicos a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. En la década del 80 se mejoran sus prestaciones, es decir, velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, mayor cantidad de entradas/salidas en los módulos respectivos, desarrollo de módulos de control continuo, PID, servo controlador, y control inteligente, etc.

- La década de 1990.

Los años 90 mostraron una gradual reducción en el número de nuevos protocolos de comunicación, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80. Muchas firmas intentaron 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, C y diagrama de contacto al mismo tiempo. Las PC está comenzando a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones, incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha hecho cambios hacia el control basado en PC. (Sánchez, 2005)

- En la actualidad.

Debido al desarrollo de la electrónica, actualmente hay distintas variedades de autómatas que van desde Micro autómatas y Nano autómatas que se utilizan en apertura y cierre de puertas, domótica, control de iluminación, control de riego de

jardines, etc. hasta autómatas de gama alta con prestaciones de un pequeño ordenador. La principal virtud de un PLC es su robustez y facilidad de interconexión con el proceso. La tendencia actual es dotarlo de funciones específicas de control y de canales de comunicación para que puedan conectarse entre sí y con ordenadores en red.

1.2.2 Definición.

A lo largo de la historia se han dado varios conceptos de Autómata Programable, por uno u otros fabricantes al darle publicidad a sus productos o por estudiosos del tema en cuestión. A continuación se mostrará algunos de estos conceptos:

Un Autómata Programable como el que se muestra en la figura 1.1 es una microcomputadora de propósitos específicos, especialmente diseñada para el control industrial y adquisición de datos donde se mezclan elementos de cómputo (lenguajes de programación, interfaces hombre-máquina, unidades de memoria, etc.) y elementos de control (regulación PID, procesamiento analógico, señalización, mando, temporización y conteo, etc.) integrados en un mismo equipo, para cumplir las funciones de automatización de procesos en tiempo real con elevada fiabilidad y seguridad (Castellanos, 2007).

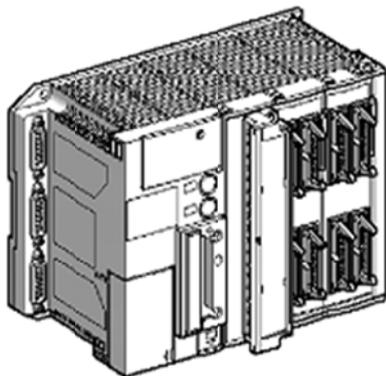


Figura 1.1. Estructura externa de un PLC.

Importantes centros de investigación como es el caso del Departamento de Electrónica de la Universidad de Oviedo en España, han dado su propia definición de lo que es un Autómata Programable; ellos plantean lo siguiente:

Un Autómata Programable es un sistema electrónico programable diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos (Bayón, 2005)

De forma general podemos decir que se trata de un sistema con un hardware estándar, con capacidad de conexión directa a las señales de campo (niveles de tensión y corriente de transductores y otros periféricos electrónicos) y programable por el usuario, diseñada para controlar, en tiempo real y en medio industrial, procesos secuenciales (Bayón, 2005)

1.2.3 Características principales.

- Constituyen elementos inteligentes de control, potentes, de alta fiabilidad y robustez.
- Presentan estructura modular, expandible.
- Alta flexibilidad en la configuración tanto del software como del hardware.
- Emplean lenguajes de programación de alto nivel, con lenguajes estructurados, programación sencilla y elementos de programación bien diseñados acorde a las aplicaciones industriales.
- Alta capacidad de realización de tareas (multitareas) y operación en tiempo real.
- Adaptabilidad máxima debido a que presenta un gran número de módulos de E/S configurables, garantizando alta versatilidad según el tipo de aplicación, incluyéndose módulos con funciones inteligentes (comunicación, regulación PID, control de motores, etc.)

- Permiten la realización del tratamiento primario de la información (filtraje, conversión A/D y D/A y linealización por solo mencionar algunos).
- Amplias facilidades de comunicación (a través de procesadores de comunicación) con elementos periféricos de todo tipo (computadoras, impresoras, instrumentación digital, autómatas).
- Capaces de formar redes de comunicación de alto nivel que garantizan la transmisión de información segura y transparente a todos los niveles dentro de la jerarquía de automatización.
- Conforman familias de grado de potencialidad y prestaciones ascendentes, garantizando niveles de funcionalidad escalonada.
- Disponen de variadas y potentes interfaces de comunicación Hombre-Máquina que incluyen visualizadores de texto, paneles de mando, operación y supervisión del proceso.
- Fácil montaje, puesta en marcha, ajuste y mantenimiento (se incluyen: menús de ayuda, programas prueba, generación de código de errores y detección de fallas) (Castellanos, 2008).

1.2.4 Ventajas e inconvenientes de uso.

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Utilización en ambientes exigentes o agresivos.
- 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.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de un garaje o las luces de la casa, etc.) (Bayón, 2005).

Actualmente, el campo de acción de los PLC se ha extendido enormemente y ha alcanzado un grado tal de desarrollo que compiten con los DCS (Sistemas de control distribuido) incluso en el área de procesos. Los sistemas actuales de PLC pueden incluir varias CPU en configuración redundante, con cientos de señales digitales, analógicas y enormes capacidades tanto de cálculo como de control. Esto ha conducido al desarrollo de sistemas híbridos, como Siemens PCS7 y *Rockwell Process Logix*, que proporcionan los beneficios del DCS y el PLC a un precio asequible y se emplean en proyectos tipo PLC que demandan capacidades de control adicionales (Diéguez, 2005).

Ventajas:

Entre las principales ventajas del empleo de autómatas podemos citar:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.

-
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
 - Fiabilidad tanto de hardware como de software.
 - Homologación.
 - Flexibilidad.
 - Fáciles y rápidos de programar.
 - Aplicaciones específicas (control de temperatura por ejemplo).
 - Se le adicionan módulos para prestaciones medias como pueden ser módulos analógicos, módulos de temperatura, etc.
 - Instrucciones de programa que incluyen operaciones básicas.
 - Se configuran a partir de módulos más complejos
 - Gran número y diversidad de Entradas/Salidas.
 - Lenguajes muy potentes y fáciles de comprender.

Inconvenientes:

Entre los principales inconvenientes del uso de autómatas programable podemos citar las siguientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo inicial.

Hoy en día los inconvenientes se han minimizado ya que en la formación previa del personal se suele incluir la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados (encontramos desde pequeños autómatas por unos 80€ hasta PLC's que alcanzan cifras exorbitantes) (Castellanos, 2007).

1.2.5 Estructuras.

En cuanto a su estructura, los autómatas programables se clasifican en:

- **Compactos:** en un solo bloque están todos los elementos, es decir, la alimentación, entradas, salidas y la CPU. Se expanden conectándose a otros bloques con parecidas características.
- **Modulares:** separan por unidades las distintas partes operativas, o sea, por módulos o tarjetas adosadas en *Racks* con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de Entrada/Salida, etc. La conexión se realiza mediante conexión entre *Racks*.

Además se pueden distinguir como:

- **Estructura americana:** separa las Entradas/Salidas del resto del Autómata.
- **Estructura europea:** cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.)

Exteriormente nos encontraremos con cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante. Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en raíles o *Racks* normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente. Los Micro Autómatas pueden encontrarse sin caja, en formato *kit*, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

Estructura Interna:

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- **Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas de entradas le conectaremos los sensores.

- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que le introduciremos. Para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU, como reguladores PID, control de posición, etc.
- Memoria: Es la encargada de contener el programa de usuario y de trabajo. En los autómatas está separada en diversas áreas según su función o datos que debe contener.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómata que utilicemos. Normalmente se suelen emplear optocopladores en las entradas y relés/opto acopladores en las salidas.

Aparte de estos elementos podemos disponer de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de Entradas/Salidas, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos (como un PC).

En la figura 1.2 se presenta un esquema con la estructura básica de un PLC.

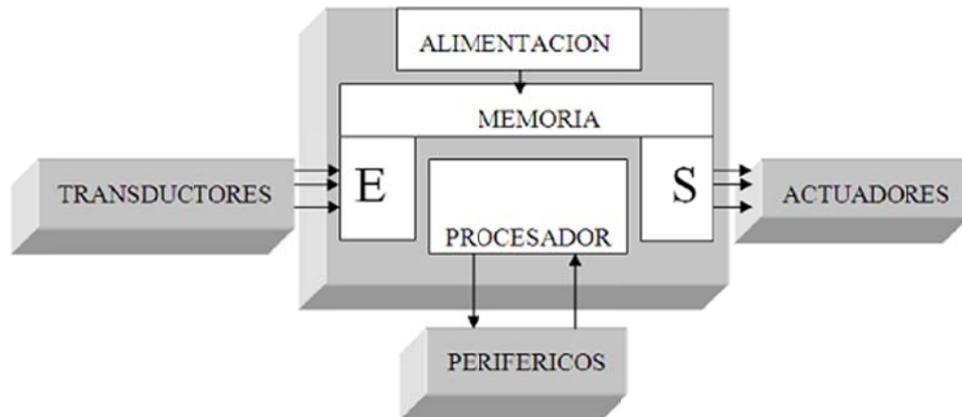


Figura 1.2. Estructura básica de un autómata.

Todos estos elementos se catalogan de forma general como periféricos, pues son dispositivos que realizan tareas complementarias al funcionamiento del autómata y están en constante comunicación con éste. Se usan tanto para programar como para visualizar el estado del mismo.

Memoria.

Se dispone de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introducimos el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria interna: contiene datos intermedios de los cálculos realizados así como variables internas y una imagen de las entradas y salidas.
- Memoria de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o *firmware*). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/micro controlador que posea el autómata. (No accesible para el usuario)
- Memoria auxiliar: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario y en ciertos casos, parte de la memoria de la tabla de datos.

La memoria puede ser accesible bit a bit o en palabras de 8 o 16 bits. Cada autómata divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante como, por ejemplo, la zona de memoria de datos de 16 bits o la zona de memoria no volátil accesible a nivel de bit.

CPU

La unidad central de procesamiento (CPU) o microprocesador, es la unidad de toma de decisiones en el PLC. La CPU toma decisiones basadas en las instrucciones sostenidas en su memoria de programa, realiza conmutación, conteo, temporización, comparación de datos y operaciones secuenciales. Es el corazón del autómata programable. En la figura 1.3 se presenta la CPU.

Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar *Watchdog*.
- Ejecutar el programa de usuario.
- Actualizar los contadores y temporizadores programados.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

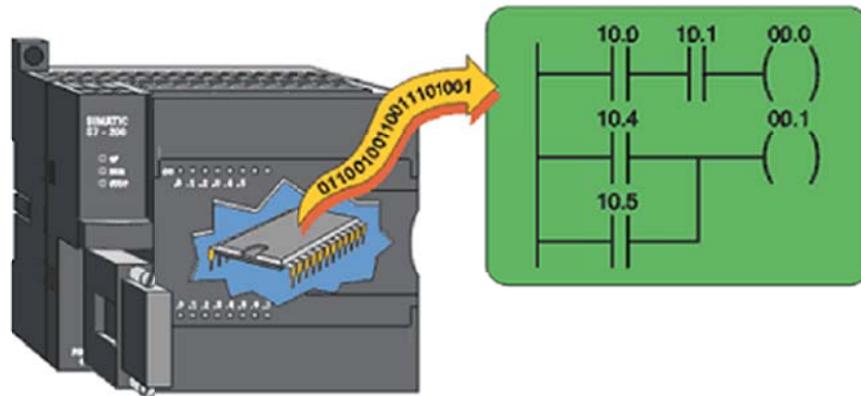


Figura 1.3. CPU de un PLC.

Unidades de Entrada/Salida.

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de Entrada/Salida:

- Digital.
- Analógica.

Las entradas y salidas digitales se basan en el principio de todo o nada. Estas entradas/salidas se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario. Pueden ser de tipo relé o de tipo diodo. Las entradas/salidas analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de *byte* o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las entradas/salidas son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir, pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de entradas/salidas.

El bus interno.

Se conoce como bus interno al conjunto de líneas y conexiones que permiten la unión eléctrica entre la unidad de control, las memorias y las interfaces de entrada y salida. Un bus se compone de un conjunto de líneas utilizadas para intercambiar datos u órdenes (por ejemplo el contenido de celdas de memoria o las

instrucciones de la unidad de control). Permite minimizar el número de conexiones entre subsistemas y el acceso de los dispositivos al mismo es controlado por la unidad de control.

Los tres buses característicos de un sistema digital son:

- Bus de datos, por el que tienen lugar las transferencias de datos del sistema.
- Bus de direcciones, a través del cual se direcciona la memoria y el resto de los periféricos.
- Bus de control, constituido por todas las conexiones destinadas a gobernar los intercambios de información.

El número de líneas de este bus interno depende de cada fabricante. Se considera también como bus del autómata cualquier conexión entre bloques o módulos que no necesite de procesadores específicos de comunicaciones, en sus extremos, como, por ejemplo, el cable de conexión entre el autómata y una unidad externa de expansión de E/S.

1.2.6 Interfaces.

Todo autómata, salvo casos excepcionales, posee la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos (como una PC o un MODEM). Lo normal es que posea una Entrada/Salida serie del tipo RS-232 / RS-422. A través de esta línea se pueden manejar todas las características internas del Autómata, incluido la programación del mismo y suele emplearse para monitorización del proceso en otro lugar separado.

1.3 Ejemplos de aplicación de PLC en la industria.

El empleo de los autómatas programables en la domótica es ampliamente difundido a nivel mundial, logrando un alto nivel de control en las viviendas permitiendo gestionar de forma eficiente, segura y confortable para el usuario, los distintos aparatos e instalaciones domésticas que conforman la vivienda. Todo esto dado por la competencia en cuanto, prestaciones de la misma, confort y costo del sistema en general (Alejandre, 2009).

En la automatización de esta vivienda se tuvieron en cuenta más de 60 parámetros a controlar, de acuerdo al servicio que ofrece el sistema domótico, nombrando de forma general; seguridad, climatización, bienestar, gestión energética y comunicación (Alejandre, 2009).

Los PLC's son sistemas de control basados en microprocesadores capaces de dar respuesta a los rápidos y efectivos requerimientos de procesamiento en los sistemas de control industriales. Por otro lado, la aplicación de la lógica difusa en los sistemas de control ha probado ser superior en comparación con los sistemas de control clásicos en términos del desempeño. En este artículo se presenta la implementación de un control difuso en el PLC. Los resultados obtenidos se traducen en una mejora del desempeño del sistema de control en una industrial real (Yilmaz y otros, 2006).

Se ha desarrollado un sistema de control distribuido basado en los PLC's para un sistema de enfriamiento de un almacén de hielos. Los resultados de las pruebas muestran que el sistema desarrollado es capaz de correr fiablemente y establemente con altas precisiones de control. Como plataforma local de un sistema SCADA se aplicó un *touching screen* que se comunicaba con el PLC a través del protocolo MPI (Jin y otros, 2009).

Se presenta una metodología de diseño de una estrategia de control difuso y su implementación en un PLC, para regular el nivel de agua en una mina de carbón. Los resultados obtenidos muestran una alta fiabilidad y una buena robustez del sistema (Wang y otros, 2009).

Se presenta un sistema para el control y supervisión de una región con tanques de petróleo basadas en el PLC S7-300. En este sistema las computadoras del nivel superior comunican con el PLC a través de la *Ethernet* Industrial. El PLC contenía una redundancia de *software*. Este sistema de monitoreo integra el mérito del PLC y la computadora, la cual mejora la fiabilidad (Chen y otros, 2009).

Se ha diseñado un sistema de control de semáforos basados en el PLC. Se introdujo un régimen normal y un régimen de emergencia detallados donde las señales de las luces se mostraban en dos siete segmentos en orden decreciente.

El sistema remoto de monitoreo fue diseñado con el *software MCGS* que monitoreaba el semáforo en tiempo-real y mejoraba la fiabilidad. Al mismo tiempo se podía cambiar el estado de las luces en el panel de configuración (Yang y Xian Feng, 2009).

Se desarrolla de un sistema de control para dos elevadores de un edificio residencial. EL sistema de control usa un PLC como controlador y usa una regla de conexión paralela basada en un "tiempo de espera mínimo". El resultado de la operación muestra que el sistema desarrollado realza la confiabilidad y el desempeño de los elevadores (Yang y otros, 2008).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se expondrán las características técnicas y funcionales del Autómata empleado. Este dispositivo es el PLC MasterK-120S de la corporación LG, del cual mostraremos la justificación de su selección. También se explicará el por qué la utilización de la red de datos y *Ethernet* para la comunicación del sistema de automática.

2.1 Justificación de la selección de PLC Master-K120s

- Presentan una excelente relación Precio/Prestaciones.
- LG garantiza de forma gratuita el soporte técnico y Software para todo su equipamiento; eximiendo a los clientes del pago de licencias y del pago por el acceso a la documentación.
- Excelentes resultados, probados en múltiples aplicaciones en Cuba, en condiciones de trabajo difíciles y ambientes agresivos y de elevada humedad.
- Desde hace 10 años COPEXTEL distribuye en Cuba el LG para sistemas Industriales y redes hoteleras (ahora LS) y realizan las compras directas en fábrica, con facilidades preferenciales.
- La corporación COPEXTEL S.A. división Villa Clara cuenta con personal capacitado, entrenado y con una amplia experiencia en el trabajo y programación de estos autómatas.

2.2 Comparación del Master-K120s con SIEMENS S7-200

La serie MasterK-120S, que es la que se propone, tiene características similares a la serie S7-200 de Siemens que es la que se ha usado en los Hoteles Meliá, Las Dunas y Ensenachos, además de ser los autómatas más comercializados en Cuba. A continuación se muestra la tabla 2.1 que compara los aspectos fundamentales a tener en cuenta a la hora de la selección.

Tabla 2.1. Comparación de SIEMENS S7-200 con LS MK 120S.

Aspectos	SIEMENS S7-200	LS MK 120S
Cantidad de I/O	10/14/24/40	10/14/20/30/40/60
Máx. cantidad de ptos de I/O	120	120
Programa (capacidad)	4 a 8 K Steps	10 K Steps
Back-up de programa	EEPROM	EEPROM
Capacidad de datos	2 a 5 K Byte	10 K Byte
Back-up de datos	S Cap+Opción de Bat	EEPROM+S Cap
Tamaño unidad principal	120.5x80x62 para 24 puntos	145x115x73 para 30 puntos
Tamaño módulos expansión	90x80x62 para 8/16 puntos	95/115/73 para 30 puntos Slim: 45x115x73
Interrupción	4 Puntos	8 Puntos
Reloj de Tiempo Real	Built-in	Built-in
PID	Built-in	Opción
Comunicación	RS-232+2xRS485	RS-232+RS-485

2.3 Características generales del Master-K120s

De manera general mostraremos las características más comunes del Master-K120s.

- Máxima expansión: 3 módulos.
- Capacidad de programa: 10 K step.

- Contadores de alta velocidad:
 - ✓ 1 Fase 1 canal 100 KHz 2 canales 20 KHz.
 - ✓ 2Fase 1 canal 50 KHz 2 canales 10 KHz.
- Comunicación: RS-232, RS-485.
- Filtro de entrada: 0-1000ms.
- Función de control PID.
- Humedad de operación: 5-95 % HR.
- Humedad de almacenado: 5–95% HR.
- Temperatura de operación 0-55 °C.
- Temperatura de operación -25+70 °C.

2.3.1 Características específicas del Master-K120s señalando a las series que vamos a utilizar.

En la tabla 2.2 se muestran los puntos de entrada/salida de las series de Automatas que se van a emplear en el sistema de automatización así como la potencia de los mismos.

Tabla 2.2. Especificaciones del Master-K120s.

Modelos	Puntos de entrada	Puntos de salida	Potencia
K7M-DR20U	12 entradas(24VDC)	8 Relés	85-264 VCA
K7M-DR30U	18 entradas(24VDC)	12 Relés	85-264 VCA
K7M-DR40U	24 entradas (24VDC)	16 Relés	85-264 VCA
K7M-DR60U	36 entradas(24VDC)	24 Relés	85-264 VCA

En la figura 2.1 se presentan algunas de las especificaciones del mismo.

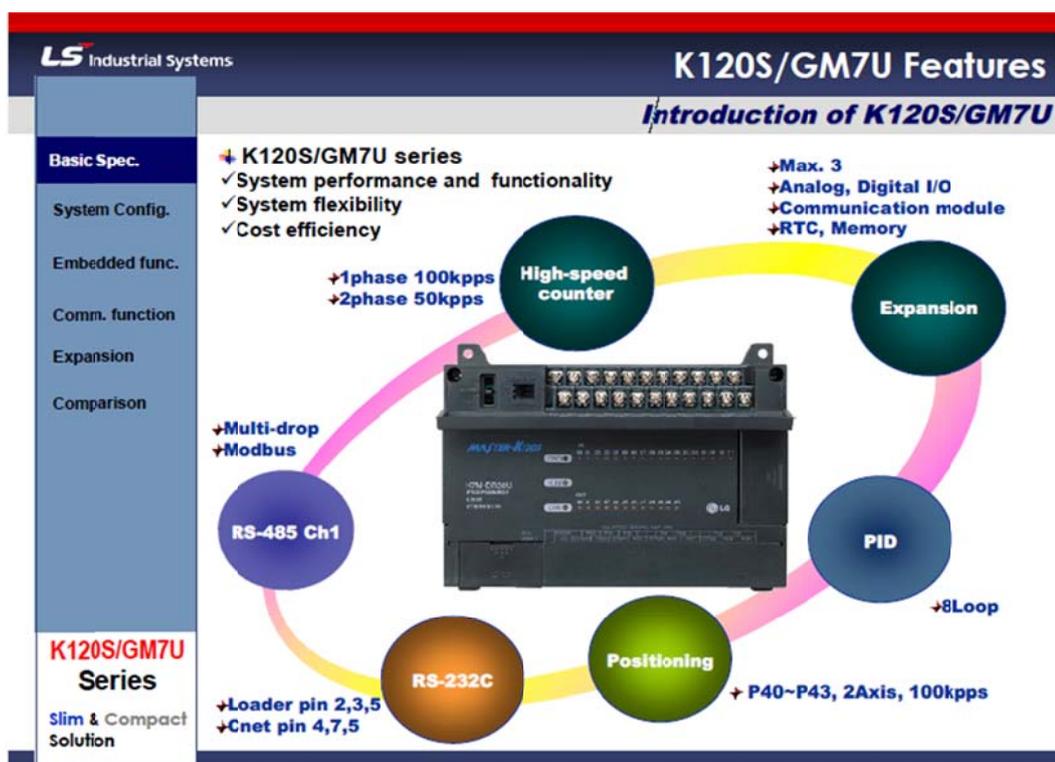


Figura: 2.1. Características específicas de los PLC utilizados.

2.4 Serie que se va a emplear y cantidad de Autómatas

En el sistema de control correspondiente a la entidad Pueblo Dunas, se requieren de cinco autómatas Master-K120s de diferente serie, los cuales se muestran en la tabla 2.3:

Tabla 2.3. Autómatas empleados para conformar el sistema de control.

Cantidad de autómatas	Tipo de autómatas	Serie de autómatas
1	Master-k120s	K7M-DR30U
2	Master-k120s	K7M-DR40U
2	Master-k120s	K7M-DR20UE

2.5 Utilización de la red de datos y Ethernet para la comunicación del sistema automatizado

La utilización de la red de datos y Ethernet para la comunicación es conveniente ya que presenta las siguientes ventajas.

- Se evita hacer un cableado adicional de varios Km.
- Mayor facilidad de instalación y disminución de los gastos de mantenimiento al Bus RS-485 ya que dicho BUS será considerablemente menor.
- Red confiable y **con mayor inmunidad a las descargas eléctricas atmosféricas** ya que en un alto porcentaje, y especialmente en exteriores, todos los enlaces se realizarán con fibra óptica.
- Se le da un valor agregado a la fibra óptica que se usa para Telefonía y para la Red de datos del Sistema de Gestión Hotelera.

En la figura 2.2 se muestra un esquema real de cómo quedará conectada la red de datos desde la PC hasta cada convertidor *Ethernet*. También cómo está distribuida la conexión del PLC a los dispositivos más importantes que pueden controlar cada uno de ellos.

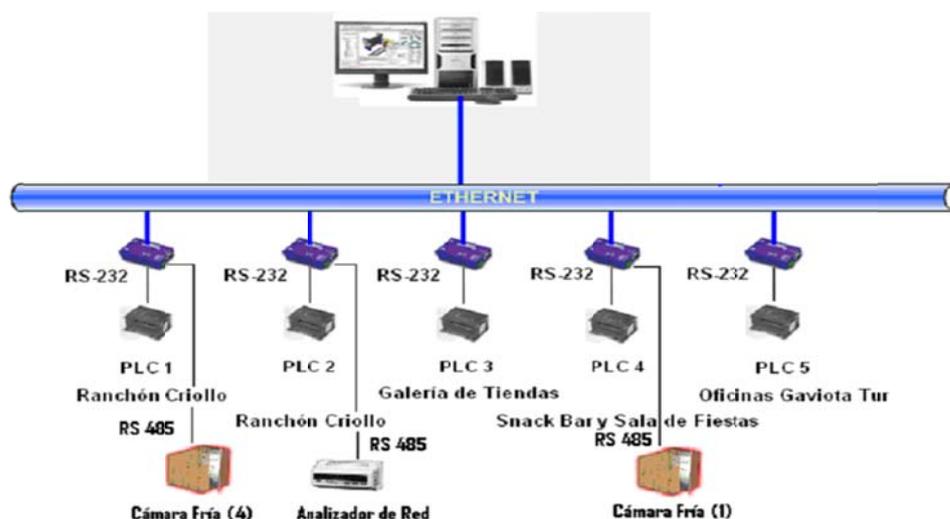


Figura: 2.2. Red de datos y Ethernet.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo. Realizando énfasis en el cumplimiento del principal objetivo, la programación de los PLC's y una breve explicación del funcionamiento del sistema de control. Como epígrafe final se mostrará el análisis económico con relación al proyecto.

3.1 Características del sistema de automatización Pueblo Dunas.

El sistema de automatización pueblo Dunas se conforma de cinco PLC, estos se encuentran ubicados en las posiciones que se brinda a continuación en la tabla 3.1:

Tabla 3.1. Ubicación de los autómatas.

PLC	Localización
1	Ranchón criollo
2	Ranchón criollo
3	Galerías de tiendas
4	Sala de fiestas
5	Oficinas Gaviotas Tur

3.1.1 Dispositivos a controlar o supervisar

Según lo especificado en el contrato los dispositivos que se instalarán y formarán parte del sistema de automática son los siguientes:

- Sistema de clima.
- Red de alumbrado.
- Extractores.
- Ventiladores.
- Calentadores solares.
- Bomba de grupo incendio.
- Bomba de grupo ATA.

3.2 Requerimientos específicos del sistema

El principal requerimiento y a la vez el mayor aporte de este trabajo lo constituye lograr un programa que pueda ser utilizado en todas las aplicaciones de la empresa COPEXTEL, en la cayería norte. Para ello es necesario que el mismo sea configurable y flexible, o sea que permita al personal encargado de la programación de los autómatas poder implementarlos para cualquier aplicación independientemente del número y tipo de los dispositivos. Según el contrato realizado los requerimientos establecidos son los siguientes:

- Transferencia de Fecha y hora del PLC al SCADA.
- Transferencia de Fecha y hora del SCADA al PLC.
- Conexión secuenciada para todos los dispositivos conectados a los PLC's.
- Contadores de horas de trabajo para todos los dispositivos.
- Tratamiento de térmicas para cuando no se devuelve el estado.
- Cada dispositivo debe tener dos estaciones de trabajo Local/Remoto.
- Estación de trabajo Local, el sistema trabaja por cronograma.

- El PLC debe ser capaz de trabajar de manera autónoma independientemente de que exista comunicación con la PC.

La transferencia de la fecha y la hora del SCADA al PLC es importante ya que en el PLC puede fallar el RTC por la falta de fluido o por fallo de su batería interna, al igual que la transferencia de fecha y hora del PLC al SCADA, con el cual se puede analizar si la fecha y hora de los PLC's son correctas. Que se logre una conexión secuenciada para todos los dispositivos instalados a los PLC's es importante, ya que permite que todos los dispositivos no enciendan a la vez, así sea por el restablecimiento del fluido eléctrico o por el cronograma trabajo, lo cual puede causar daño en el sistema eléctrico. Contadores de horas de trabajo para todos los dispositivos con los cuales se registrará el operario para saber si debe dar mantenimiento a un determinado dispositivo, así como el tratamiento de las térmicas para cuando no se devuelve el estado. Cada dispositivo debe tener dos estaciones de trabajo, Local/Remoto. Estación en Local para trabajar por el cronograma y remoto para trabajarlo desde el SCADA.

3.3 Principales instrucciones utilizadas para la confección del programa.

Para la confección del programa se utilizaron las siguientes instrucciones que se muestran a continuación en la tabla 3.2:

Tabla 3.2. Instrucciones más frecuentemente utilizadas.

Instrucciones	Descripción
ADD	Para efectuar operación de suma
MUL	Para efectuar operación de multiplicación
DIV	Para efectuar operación de división
MOV	Mueve un <i>Word</i> de una localidad a otra
CMP	Para establecer comparación
BIN	Para convertir un número a binario
BCD	Para convertir un número a BCD
INC	Incrementa

Existen instrucciones que no se utilizan prácticamente en el programa una de ellas es la instrucción DECO, que solo se utiliza una sola vez en el programa así como la instrucción DWAND que se utiliza únicamente en la subrutina 52, al igual que la anteriormente mencionada. En la tabla 3.3 se exponen las instrucciones que son menos frecuentemente usadas.

Tabla 3.3. Instrucciones menos frecuentemente utilizadas.

Instrucciones	Descripción
D	Al conectar una variable cuenta un scan y activa otra variable indicada
D NOT	Al desconectar una variable cuenta un scan y activa otra variable indicada
WAND	Para realizar un AND entre dos <i>word</i>
DWAND	Lo mismo pero, para variables de doble <i>word</i>
WOR	Para realizar un OR entre dos <i>word</i>
GMOV	Mueve un grupo de <i>word</i> a un grupo de localidades a otras
DCMP	Para establecer comparación entre variable de doble <i>word</i>
DECO	Instrucción para decodificar (Pendiente)

3.4 Descripción de las partes fundamentales del programa

La subrutina 1 es la encargada de transferir la fecha y la hora del PLC al SCADA, donde los valores de tiempo del PLC se encuentran almacenados en las direcciones F053, F054, F055, F056, estos son convertidos a binario y movidos otras zonas de memoria del PLC donde el SCADA los toma y pone como su tiempo actual, estas zonas son: D4006, D4007, D4008, D4009, D4010, D4011.

Las zonas de memoria F053, F054, F055, F056 es donde se almacenan los valores del Reloj de Tiempo Real (RTC), estas zonas solo pueden leídas, no pueden modificarse el dato existente en ella:

- Zonas de memoria del PLC donde se almacenan los valores del Reloj de tiempo Real en BCD,

F053 Año y Mes.

F054 Día del mes y Hora.

F055 Minuto y segundo.

F056 Día de la semana.

➤ Zona de memoria donde el SCADA toma los valores en binario (BIN).

D4006 Año.

D4007 Mes.

D4008 Día del mes.

D4009 Día de la semana.

D4010 Hora.

D4011 Minuto.

En el anexo I se presenta el programa confeccionado en lenguaje de contactos.

En la subrutina 2 se transfieren la fecha y la hora del SCADA al PLC, los valores de tiempo del SCADA se van a almacenar en las zonas de memoria D4000, D4001, D4002, D4003, D4004, D4005 las cuales serán convertidas en BCD y transferidas a otras zonas de memoria intermedias para realizar operaciones necesarias. Los valores que se almacenan en esta zona de memoria son de 8 bit y se encuentran en la parte menos significativa de cada una de ellas. Algunas de estas direcciones se moverán a la parte más significativa para así formar un número de 16 bit para ello utilizamos la instrucción WOR. Este número de 16 bit será movido a otras zonas de memoria del PLC como; D4992, D4993, D4994, D4995 estas zonas, son en las que el PLC pone los valores actuales del Reloj de Tiempo Real las cuales se pueden modificar o actualizar activando el bit D1904.

El bit D1904 es un comando de transferencia que es intrínseco del Master-K120s, este hace efectiva la transferencia de la fecha y la hora del SCADA al Reloj de Tiempo Real del PLC.

➤ Zonas de memoria donde se almacena la fecha y la hora del SCADA.

D4000 Año.

D4001 Mes.

D4002 Día del mes.

D4003 Día de la semana.

D4004 Hora.

D4005 Minuto.

➤ Zona de memoria intrínseca del PLC donde se almacenan los valores del reloj de Tiempo Real que pueden ser modificados.

D4992 Año y mes.

D4993 Día del mes y Hora.

D4994 Minuto y segundo.

D4995 Día de la semana.

En el anexo II se presenta el programa confeccionado en lenguaje de contactos.

El bloque del programa relacionado con el retardo a la conexión entre dispositivos, que se muestra en el anexo III, es muy útil, ya que permite a los diferentes dispositivos encender con pequeños intervalos de tiempo lo cual evita que todos no se conecten a la vez, estos motivos pueden ser: el restablecimiento del fluido eléctrico, cuando se les ordena encender por cronograma o cuando se trate de un sistema doble bomba el cual toma su tiempo entre el apagado de una bomba y el encendido de la otra. Los intervalos de tiempo son configurables. En el anexo IV se presenta el programa para los dispositivos de doble bomba

Es importante que en el programa se implementen dos formas de control, tanto en modo remoto como en modo local, los cuales nos dan la posibilidad de que el PLC, en modo remoto, trabaje según el SCADA y en modo local de acuerdo a su programación e independiente al SCADA. Estas opciones permiten que cuando el PLC este en modo remoto se le puedan introducir cambios en el cronograma de

trabajo, efectuar pruebas en caso de fallas desde el SCADA o pasar al estado remoto y *off* en caso de activarse alguna térmica. En el anexo V se presenta el programa.

Cuando se implementó la programación referida a las térmicas, se tuvo en cuenta el máximo número de térmicas que pueden alcanzar los motores que existen en la instalación. Se establecieron cuatro, lo cual hace que el programa sea configurable pudiendo usarse menos de cuatro sin ninguna dificultad. En caso de que se active alguna de estas, inmediatamente transcurrido un tiempo de 200 ms o más, este dispositivo pasará a remoto y *off* para que sea verificado por el personal que se encuentra al frente del sistema supervisorio. En el anexo VI se presenta el programa.

Se realizó para cada dispositivo un bloque de código encargado de atender el encendido y apagado de los mismos, utilizando un temporizador con un tiempo de 5 segundos de espera por estado para si existe una falla de conexión y no se devuelve la señal del estado, entonces el dispositivo pasará a remoto y *off* así será verificado desde el SCADA si existe alguna anomalía. También tuvimos en cuenta para los dispositivos de doble estado, que por algún motivo no se activaran las dos salidas a la misma vez, lo cual podría traer conflicto en el sistema, tratándolas así una en contraposición de la otra y logrando que no coincidan. En el anexo VII se presenta el programa encargado de dicha operación.

La subrutina 52, que se presenta en el anexo VIII, es la más compleja del programa, ella es la encargada de analizar en qué cuarto de hora va a estar encendido o apagado cada dispositivo.

Toma la hora del reloj de tiempo real y es convertida en binario en la subrutina 1 D4010 esta es multiplicada por 60 para tener el equivalente de horas en minutos, este equivalente es almacenado en D1201, después se le suma los minutos actuales que salen del reloj de tiempo real que son convertidas en binario en la subrutina 1 D4011 este resultado es almacenado en D1202 donde se dividirá entre 15 para saber exactamente el cuarto de hora en que se encuentra, este valor es guardado en D1203.

Utilizando la instrucción *GMOV*, con la que movemos el grupo de direcciones a la que apunta #D1300 hacia las zonas de memoria D1350 a D1355, al final de la instrucción hay que especificar el número de *Word* que será movidos, en este caso serán seis.

A continuación utilizamos la instrucción *DECO*, esta es una instrucción decodificadora, muy necesaria en este caso. Le introducimos tres parámetros, el primero es D1203 que indica el cuarto de hora actual, este es el llamado parámetro de entrada, el segundo parámetro D1356 es la dirección que indica a partir de donde se va a guardar este valor decodificado y por último el parámetro que indica la cantidad de bit que va a tener y al que no va a exceder este valor decodificado, en este caso será 00007 que indica que no excederá de los 128 bit, para el análisis solo son necesarios 96 bit. Los días en el cronograma constan de seis *Word*, cada *Word* tiene 16 bit por lo que un día equivale a 96 bit.

Por último se efectúan tres *DWAND* para analizar en qué parte del día se procederá al encendido o apagado de los dispositivos. El primero se efectuará entre D1350 que es la zona de memoria común donde se analizan los valores del cronograma para todos los dispositivos y D1356 donde se encuentra el valor decodificado, el resultado será guardado en la zona de memoria D1370, luego será comparado con 000000 y si es mayor se pone a 1 M0047 que indica encender dispositivo por el cronograma de trabajo.

La subrutina 0026, presentado en el anexo IX, es la encargada de incrementar los punteros de los contadores de trabajo para todos los dispositivos. Los contadores de horas de trabajo están hechos para dispositivos de dos estados aunque la mayoría de los dispositivos son de un solo estado, en este caso el segundo contador no se utilizará.

La subrutina 0005 compara el día y la hora actual con el cronograma de trabajo. En la dirección D1198 se almacena el día de la semana el cual será comparado con cada uno de ellos, el que se corresponda moverá la información del cronograma que se encuentra en dichas zonas, luego llamará a la subrutina tres que es la encargada de comparar D1200 con el número de cada dispositivo, para que de acuerdo a ese número se efectúe una correcta llamada a la

correspondiente subrutina 0030. En el anexo X se presenta el programa confeccionado en lenguaje de contactos.

3.5 Mapa de memoria

El mapa de memoria, detallado en el anexo XI, fue elaborado minuciosamente teniendo en cuenta que se va a efectuar un programa universal. Para la confección del mismo se analizaron todas las posibles variantes y situaciones que pueden existir en un sistema automatizado.

3.6 Análisis económico

El aspecto fundamental en la realización del proyecto lo constituye el análisis económico del mismo. El cual se deberá justificar mediante cifras las ventajas económicas que traerá el sistema para la entidad. Al efectuar la realización del mismo se tuvieron en cuenta los gastos que se realizarían en la inversión y las posibilidades de ganancias. En el anexo XII se presenta la tabla con la relación de precios.

El sistema económico utilizado por las instalaciones turísticas del Cayo Santa María tiene la peculiaridad de que no contempla el pago en moneda nacional. Las deudas concertadas en esta moneda son saldadas en CUC siguiendo el cambio unitario. De acuerdo con lo antes expuesto, el monto total inicial de los gastos por inversión es de:

Inversión Inicial (en CUC) = Gastos en CUC + Gastos en Moneda Nacional

$$= 25502,38 + 14718,64 = 40221,02$$

La puesta en marcha del Sistema de Automática de Pueblo Dunas permitirá contar con una potente herramienta para la correcta explotación de sus instalaciones. Este sistema evitará a la entidad la necesidad de emplear a varias personas para llevar a cabo la tarea de supervisar los recursos de Pueblo Dunas, como la disponibilidad de agua y el consumo energético, así como para acometer tareas de conexión y desconexión de dispositivos. Además estas instalaciones

constituyen altos consumidores energéticos por lo que es vital implementar un sistema que permita el uso eficiente de la electricidad.

La tarifa aplicada por la Empresa eléctrica a las instalaciones turísticas del Cayo Santa María es de 0,028 centavos por cada kilo watt consumido en el horario de la madrugada, 0,042 en el horario de día y 0,083 en el horario pico, luego estos costos son multiplicados por un factor que depende del precio internacional del petróleo (varía generalmente entre 5 y 5,5). Al tratarse de un entidad de nueva construcción no podemos tener una medida exacta de su consumo energético, para tener una idea nos basamos en el consumo del Pueblo Extra hotelero La Estrella .Esta instalación es muy similar en proporciones, construcción y cantidad de dispositivos a Pueblo Dunas.

Según los encargados de la gestión energética en dicho lugar, el mismo está abonando por concepto de consumo de electricidad alrededor de 50 000 CUC mensuales, o sea unos 600 000 CUC anuales. La instalación del sistema que se propone garantizará un ahorro energético de entre un 10% y un 15% basado fundamentalmente en evitar que los dispositivos estén conectados en horarios inadecuados.

A continuación se realizó un análisis en los siguientes seis años en cuanto a costos y beneficios. En la tabla 3.4 se muestran los datos analizados.

Tabla 3.4. Costos y beneficios en los próximos seis años.

Año	Costos	Beneficios acumulados
0	40221,02	0
1	41421,02	60000
2	42621,02	120000
3	43821,02	180000
4	45021,02	240000
5	46221,02	300000
6	47421,02	360000

Los datos de la tabla tienen los siguientes significados:

- **Costos:** Inversión inicial del proyecto y servicio post-venta.
- **Beneficios acumulados:** Están estimados teniendo en cuenta el ahorro energético siguiendo la tarifa aplicada por la Empresa Eléctrica a la entidad (Considerando un 10% de ahorro).

El tiempo de recuperación de la inversión se puede calcular graficando los costos contra los beneficios acumulados, la intersección es el tiempo de retorno de la inversión. La figura 3.5 muestra la gráfica.

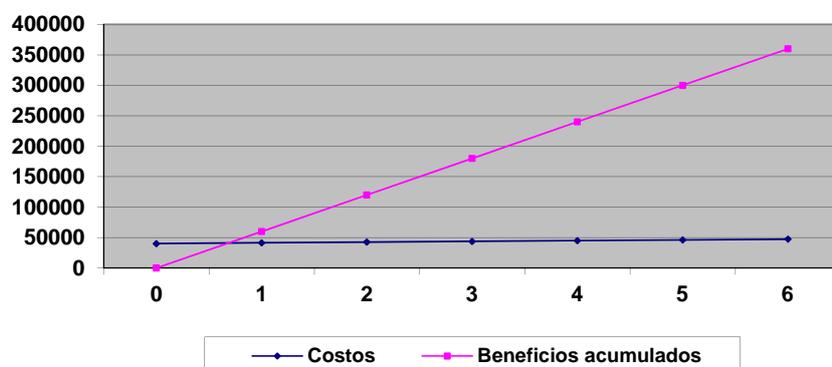


Figura 3.1. Retorno de la inversión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se logró obtener de forma íntegra la distribución de las variables de E/S y variables internas empleadas por los PLC's en el sistema de control.
2. El programa resultante puede ser utilizado en todas las aplicaciones de los sistemas de automática de los hoteles de la cayería norte de Villa Clara y demás hoteles que presenten una arquitectura similar a estos.
3. Se comprobó el correcto funcionamiento del programa realizado, pues se conectaron a nivel de laboratorio los PLC's de la firma Master-K120s, lográndose los objetivos de control.
4. Se mostró el amplio campo de aplicación que tienen los PLC's en la domótica nacional, y las potencialidades que presenta en el ahorro energético.

Recomendaciones

- 1 Implementar el programa en otras instalaciones.
- 2 Gestionar la posibilidad de incorporar a la enseñanza otros lenguajes de programación de PLC.

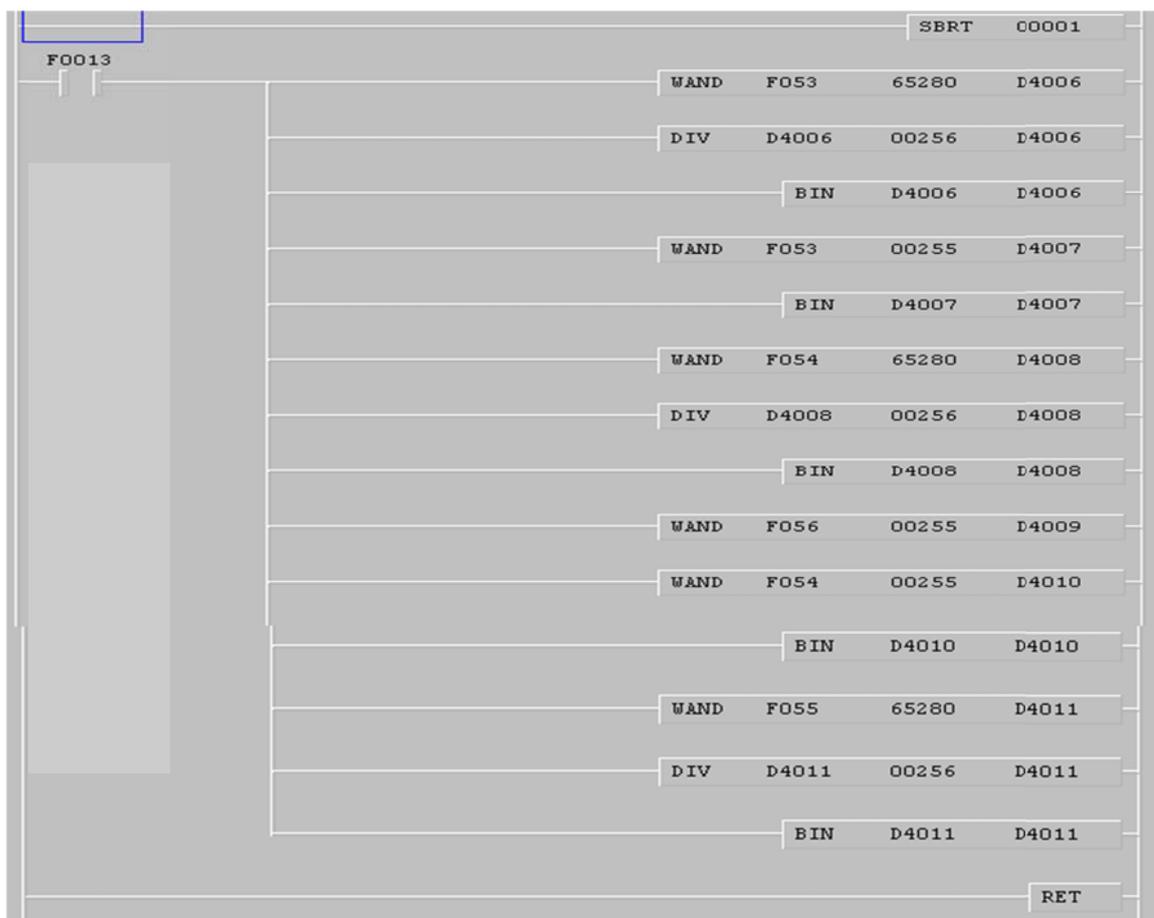
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

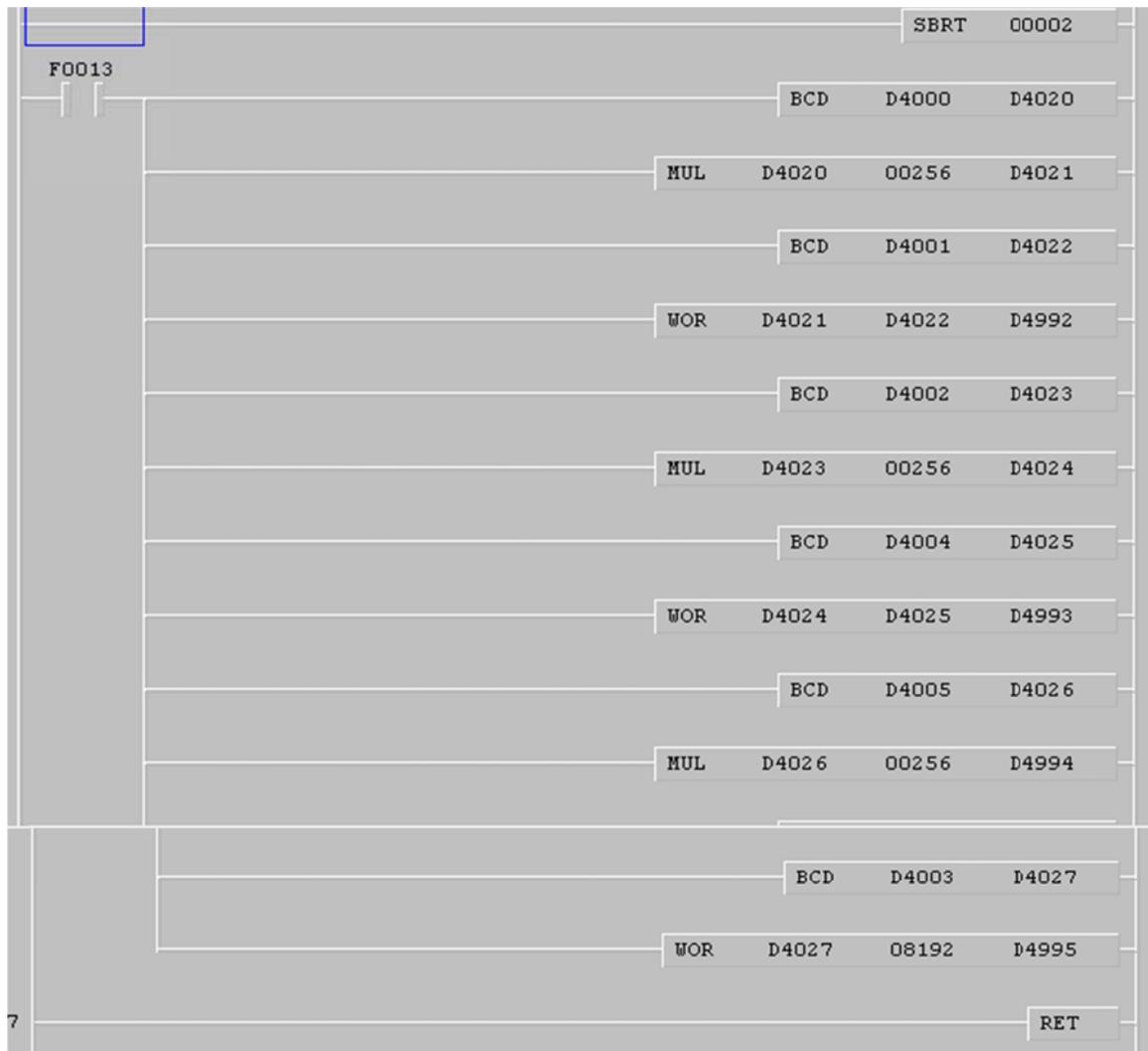
- Alejandre, J. M. (2009). "Sistema de control domótico de una vivienda" Accedido el 11 de Marzo, 2010.
- Bayón, R. M. (2005). "Sistemas domóticos basados en PLC's." Accedido el 11 de Marzo, 2010
- Canto, C. E. (2006). "Autómatas Programables." Accedido el 5 de Marzo, 2010, disponible en: <http://gpds.uv.es/plc/plc.pdf>.
- Castellanos, E. I. (2007). Sistemas a base de PLC.
- Chen, X., Y. Che y K. W. E. Cheng (2009). PLC for supervisory and control system for oil tanks area. 3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications. Hong Kong: 1-4.
- Diéguez, J. J. R. (2005). "La evolución del control de procesos y la telemetría." Boletín Electrónico No. 02 (Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Landívar.).
- Jin, W., W. Gang, T. Changliang y L. Sichang (2009). "Distributed control system for the ice-storage air conditioning system". International Conference on Energy and Environment Technology. China. 3: 261-264.
- Sánchez, J. P. (2005). "Aplicaciones de los Controladores Lógicos Programables." Accedido el 14 de Marzo, 2010, Disponible en: <http://www2.eie.ucr.ac.cr/~valfaro/docs/monografias/0401/ucr.ie431.trabajo.2004.02.grupo01.pdf>.

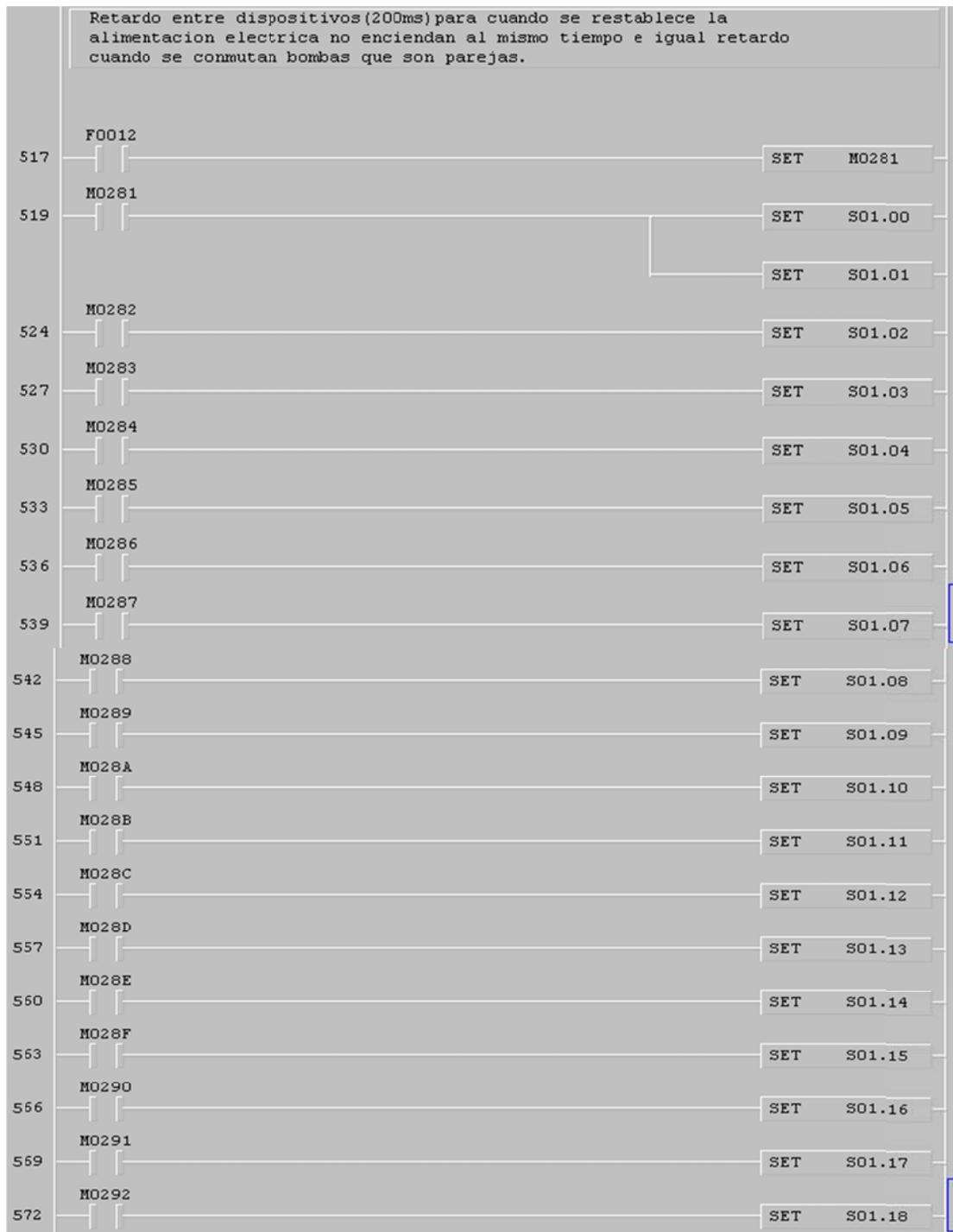
-
- Wang, G., H. Song y Q. Niu (2009). fuzzy control system for the coal mine water level Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, China. 3: 130 – 133.
- Yang, X., Q. Zhu y H. Xu (2008). "Control system based on PLC for elevators", Workshop on Power Electronics, Intelligent Transportation System:94 - 99.
- Yilmaz, S., B. Cakir, A. Gedik y H. Dincer (2006). "Fuzzy Logic Control on PLC", Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics 1328 – 1332.

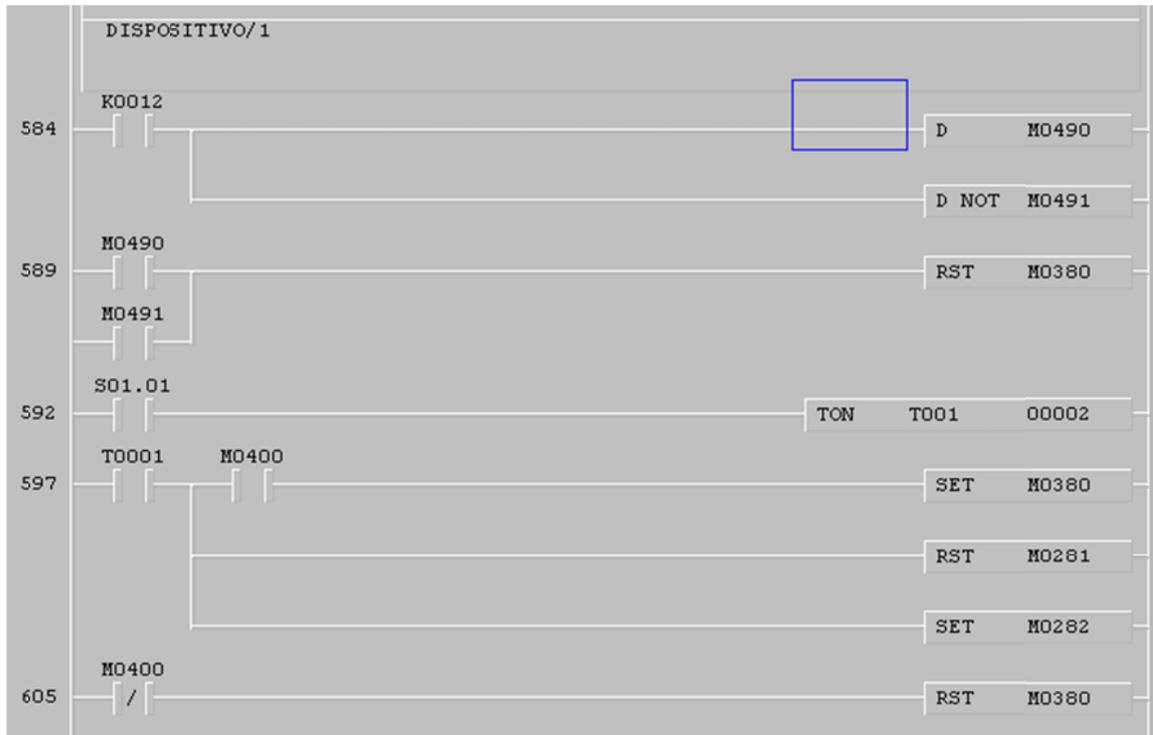
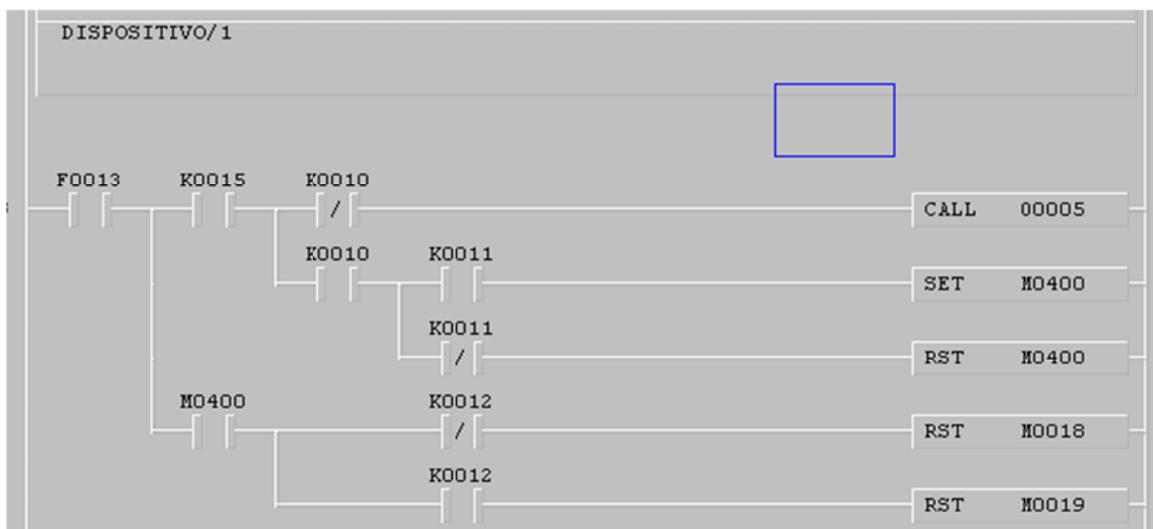
ANEXOS

Anexo I Subrutina que transfiere la fecha y la hora del PLC al SCADA.

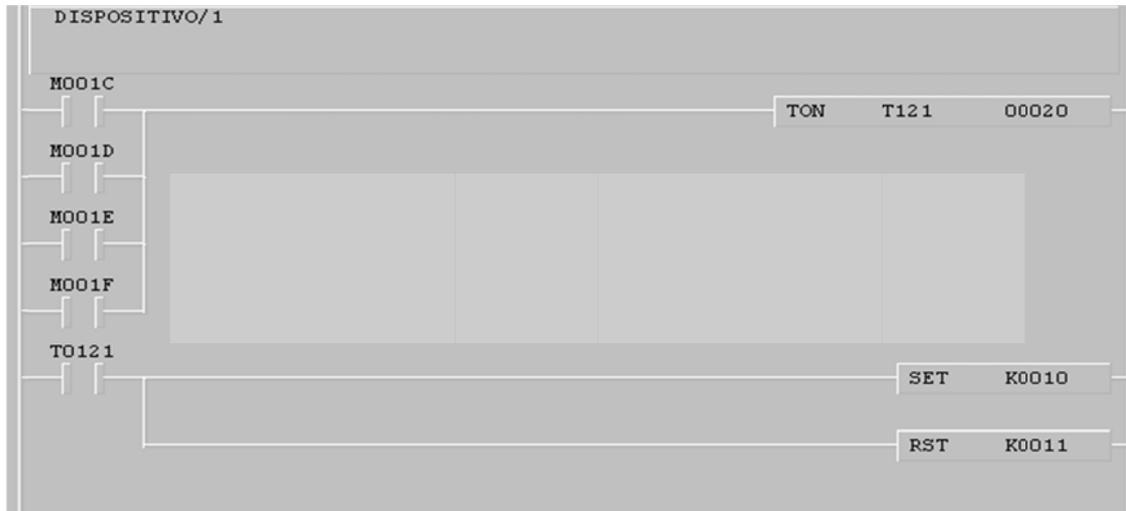


Anexo II Subrutina que transfiere la fecha y la hora del SCADA al PLC.

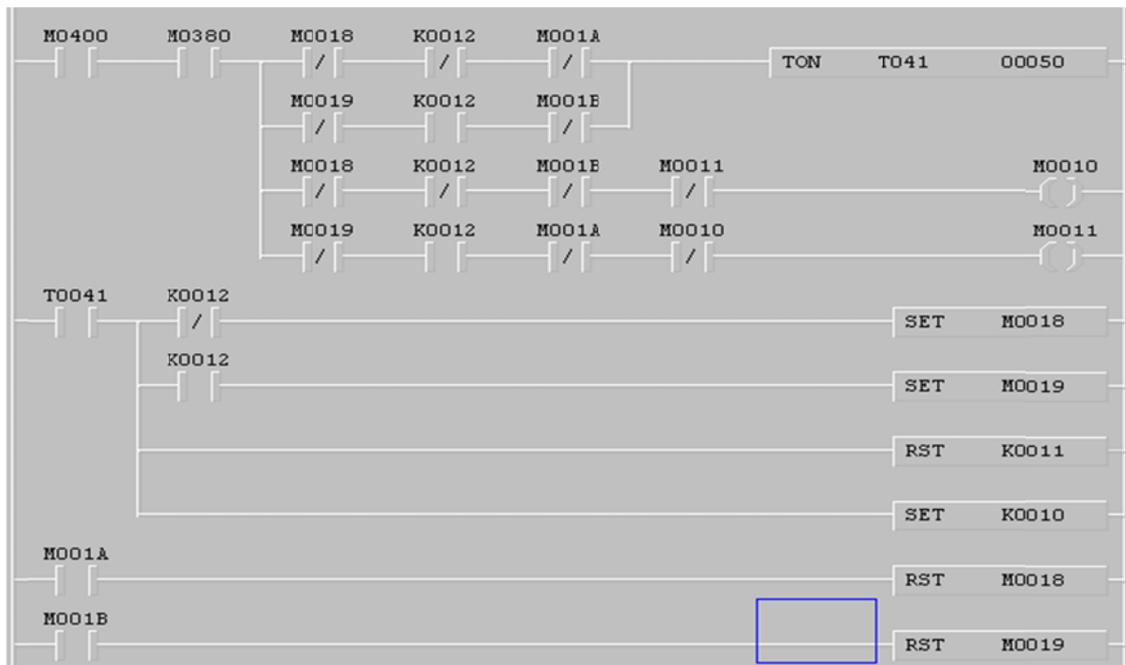
Anexo III Conexión secuenciada para todos los dispositivos.

Anexo IV Conmutación para los dispositivos de doble estado con retardo.**Anexo V Control Local/Remoto.**

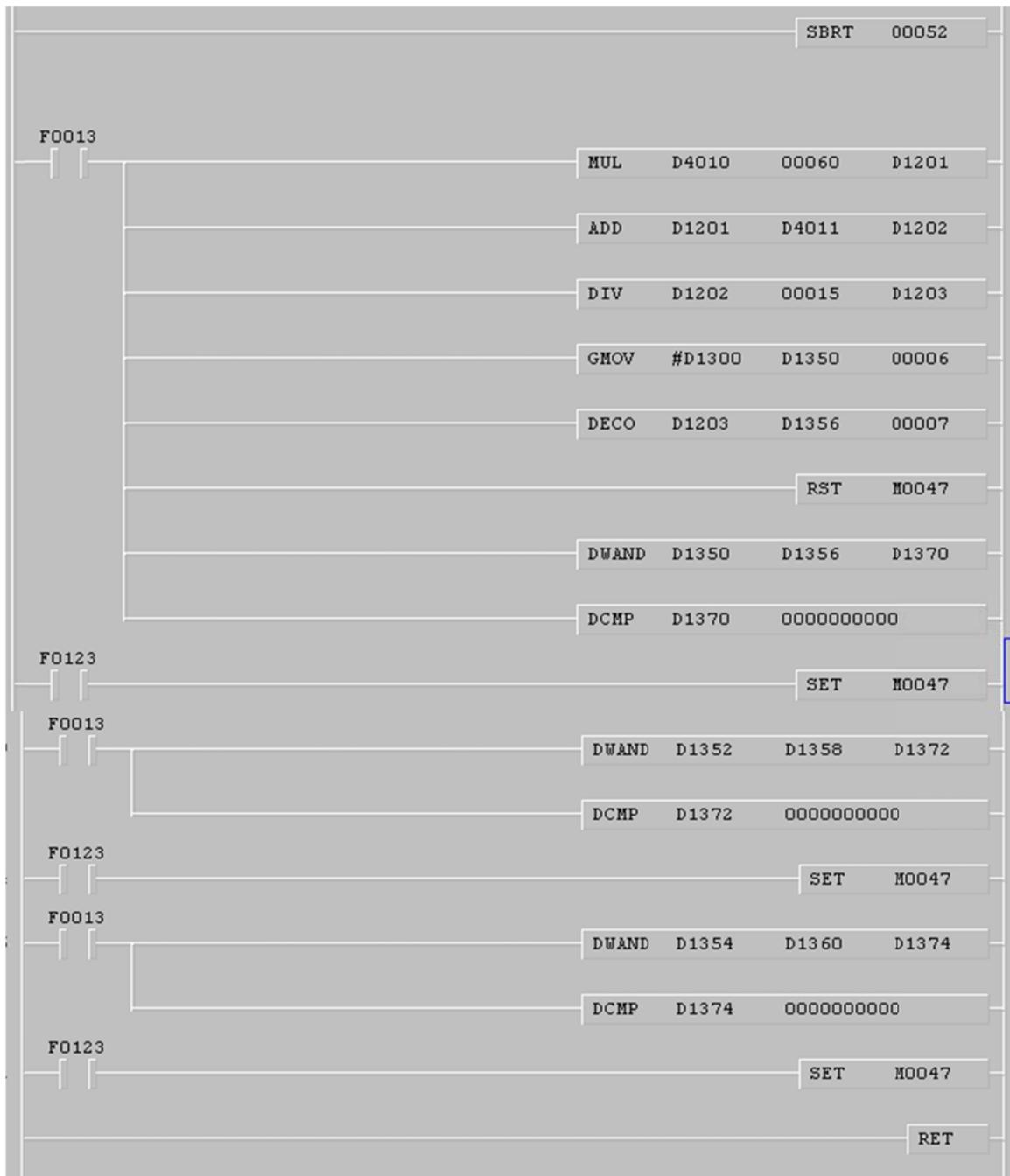
Anexo VI Tratamiento de las térmicas.

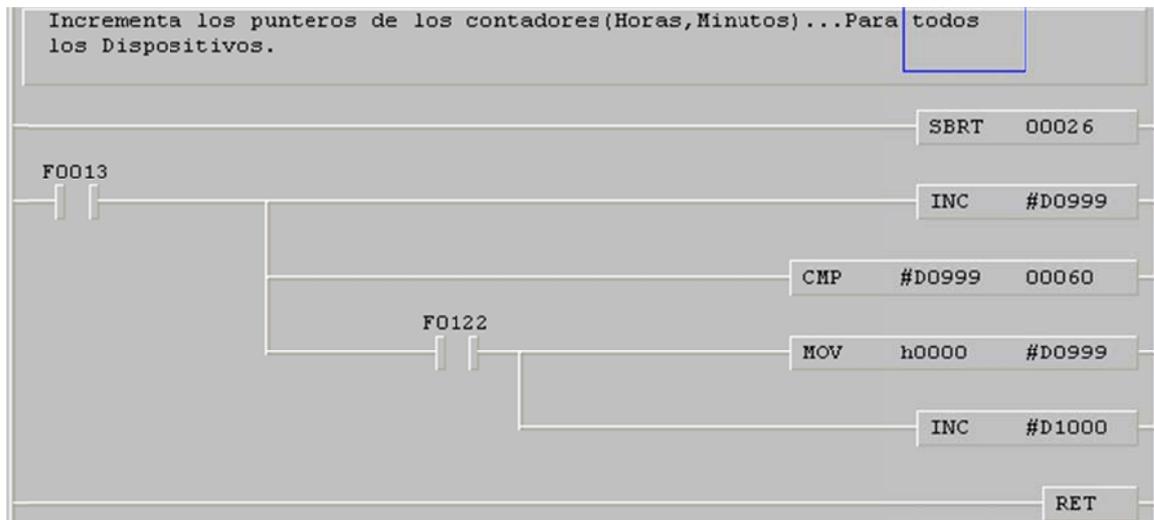


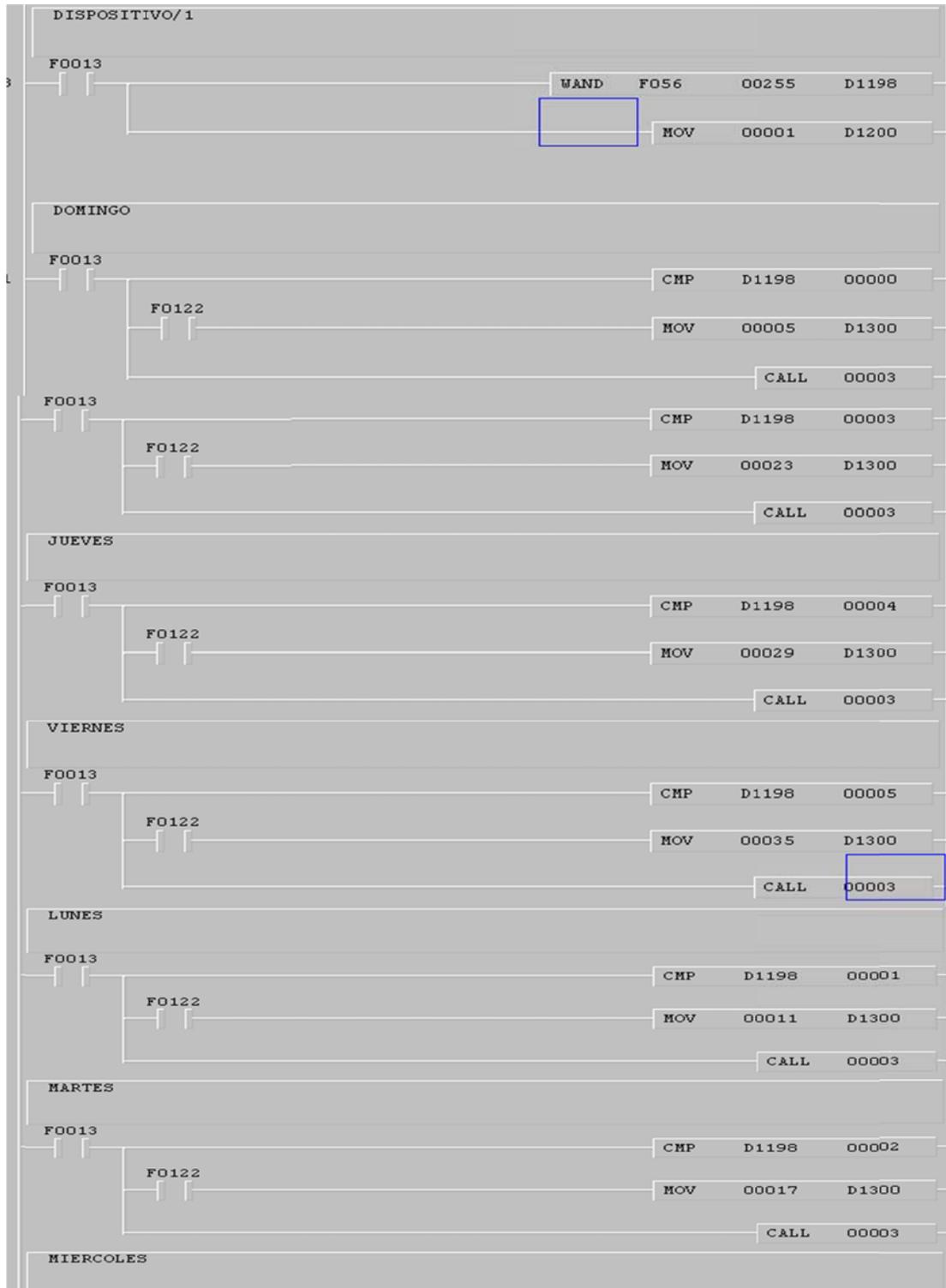
Anexo VII Encendido y apagado para todos los dispositivos on/off.



Anexo VIII Subrutina 52.



Anexo IX Subrutina 0026.

Anexo X Subrutina encargada de comparar el día y la hora actual con el cronograma de trabajo.

Anexo XI Mapa de memoria de los autómatas.

Descripción	Disp.1	Disp.2	Disp.3	Disp.4	Disp.5	Disp.6	Disp.7
Estado 1	M001A	M002A	M003A	M004A	M005A	M006A	M007A
Estado 2	M001B	M002B	M003B	M004B	M005B	M006B	M007B
Térmica 1	M001C	M002C	M003C	M004C	M005C	M006C	M007C
Térmica 2	M001D	M002D	M003D	M004D	M005D	M006D	M007D
Térmica 3	M001E	M002E	M003E	M004E	M005E	M006E	M007E
Térmica 4	M001F	M002F	M003F	M004F	M005F	M006F	M007F
Local-Remoto	K0010	K0020	K0030	K0040	K0050	K0060	K0070
Remoto/on	K0011	K0021	K0031	K0041	K0051	K0061	K0071
Bomba1/Bomba2	K0012	K0022	K0032	K0042	K0052	K0062	K0072
Alternancia	K0013	K0023	K0033	K0043	K0053	K0063	K0073
Configuración on/off 2	K0014	K0024	K0034	K0044	K0054	K0064	K0074
Habilitar dispositivo	K0015	K0025	K0035	K0045	K0055	K0065	K0075
Bit de alarma estado 1	M0018	M0028	M0038	M0048	M0058	M0068	M0078
Bit de alarma estado 2	M0019	M0029	M0039	M0049	M0059	M0069	M0079
Cronograma	D0005	D0055	D0105	D0155	D0205	D0255	D0305
	-	-	-	-	-	-	-
Fecha y Hora PLC	D0046	D0096	D0146	D0196	D0246	D0296	D0346
	D0006						
	-	D0011					
Fecha y Hora SCADA	D0000						
	-	D0005					

Descripción	Disp.8	Disp.9	Disp.10	Disp.11	Disp.12	Disp.13	Disp.14
Estado 1	M008A	M009A	M010A	M011A	M012A	M013A	M014A
Estado 2	M008B	M009B	M010B	M011B	M012B	M013B	M014B
Térmica 1	M008 C	M009 C	M010C	M011C	M012C	M013C	M014C
Térmica 2	M008 D	M009 D	M010D	M011D	M012D	M013D	M014D
Térmica 3	M008E	M009E	M010E	M011E	M012E	M013E	M014E
Térmica 4	M008F	M009F	M010F	M011F	M012F	M013F	M014F
Local-Remoto	K0080	K0090	K0100	K0110	K0120	K0130	K0140
Remoto/on	K0081	K0091	K0101	K0111	K0121	K0131	K0141
Bomba1/Bomba 2	K0082	K0092	K0102	K0112	K0122	K0132	K0142
Alternancia	K0083	K0093	K0103	K0113	K0123	K0133	K0143
Configuración on/off 2	K0084	K0094	K0104	K0114	K0124	K0134	K0144
Habilitar dispositivo	K0085	K0095	K0105	K0115	K0125	K0135	K0145
Bit de alarma estado 1	M0088	M0098	M0108	M0118	M0128	M0138	M0148
Bit de alarma estado 2	M0089	M0099	M0109	M0119	M0129	M0139	M0149
Cronograma	D0355 - D0396	D0405 - D0446	D0455- D0496	D0505- D0546	D0555- D0596	D0605- D0646	D0655- D0696
Fecha y Hora PLC	D4006 - D4011						
Fecha y Hora SCADA	D4000 - D4005						

Descripción	Disp.15	Disp.16	Disp.17	Disp.18	Disp.19	Disp.20	Disp.21
Estado 1	M015A	M016A	M017A	M018A	M019A	M020A	M021A
Estado 2	M015B	M016B	M017B	M018B	M019B	M020B	M021B
Térmica 1	M015C	M016C	M017C	M018C	M019C	M020C	M021C
Térmica 2	M015D	M016D	M017D	M018D	M019D	M020D	M021D
Térmica 3	M015E	M016E	M017E	M018E	M019E	M020E	M021E
Térmica 4	M015 F	M016 F	M017F	M018F	M019F	M020F	M021F
Local-Remoto	K0150	K0160	K0170	K0180	K0190	K0200	K0210
Remoto/on	K0151	K0161	K0171	K0181	K0191	K0201	K0211
Bomba1/Bomba 2	K0152	K0162	K0172	K0182	K0192	K0202	K0212
Alternancia	K0153	K0163	K0173	K0183	K0193	K0203	K0213
Configuración on/off 2	K0154	K0164	K0174	K0184	K0194	K0204	K0214
Habilitar dispositivo	K0155	K0165	K0175	K0185	K0195	K0205	K0215
Bit de alarma estado 1	M0158	M0168	M0178	M0188	M0198	M0208	M0218
Bit de alarma estado 2	M0159	M0169	M0179	M0189	M0199	M0209	M0219
Cronograma	D0705 - D0746	D0755 - D0796	D0805- D0846	D0855- D0896	D0905- D0946	D0955- D0996	D1005- D1046
Fecha y Hora PLC	D4006 - D4011						
Fecha y Hora SCADA	D4000 - D4005						

Anexo XII Relación de precios.

Descripción del equipamiento	Cantidad	Precio		Importe
		CUC	CUC	CUP
Paneles de Control Automático		Subtotal:	5387,73	2404,06
Panel de Control Ref T1.PD	1	1.458,83	1.458,83	595,20
Panel de Control Ref T2.PD	1	1.191,77	1.191,77	515,08
Panel de Control Ref T3.PD	1	823,99	823,99	404,75
Panel de Control Ref T4.PD	1	1.065,83	1.065,83	477,30
Panel de Control Ref T5.PD	1	847,31	847,31	411,73
Supresores, Convertidores Ethernet y Relé Auxiliar		Subtotal:	886,38	265,91
Protector modular contra sobretensiones para líneas de datos AT9215 ATLINE 15	4	131,00	524,00	157,20
Convertidor Ethernet/RS-485 Mod. EP132X	1	112,00	112,00	33,60
Relé industrial 10 A.2P2T Alimentación: 24 V DC	39	3,70	144,30	43,29
Base para relé RMI 2 contactos, Montaje rail DIN.	39	2,72	106,08	31,82

Instrumentación de Campo		Subtotal:	5278,32	1583,50
Transmisor de nivel	3	738,59	2215,77	664,73
Sensor de temperatura 0 a 100°C	17	180,15	3062,55	918,77
Cables		Subtotal:	5709,00	1712,70
Cable de control trenzado y apantallado de 6x1 mm ²	1600	2,37	3792,00	1137,60
Cable de control trenzado y apantallado de 2x1 mm ²	1800	1,04	1872,00	561,60
Cable UTP categoría 5e	100	0,45	45,00	13,50
MOVICON X		Subtotal:	2822,00	846,60
Licencia de Supervisión ilimitada MOVICON X2	1	2744,00	2744,00	823,20
Llave de programación USB	1	78,00	78,00	23,40
Puesto de Control Central		Subtotal:	1700,00	510,00
DELL PE840 3GHz Pentium	1	1700,00	1700,00	510,00

D/1GB/2x73GB/CDR/Monito

r

Subtotales Equipos y Materiales			21783,43	7322,77
Servicio		Subtotal:	3718,95	7395,87
Proyecto, instalación, programación puesta en marcha, documentación y asesoría. Incluye alojamiento y transportación	1	3718,95	3718,95	7395,87
IMPORTE TOTAL			25502,38	14718,64

Anexo XIII Convertidor Ethernet



FEATURES

- Access Control & Time Attendance system can be connected to network.
- CE / FCC approved.
- Support WINDOWS and provide WINSOCK SDK.
- High speed 10/100M bps TCP/IP converter.
- Built-in RS-232 / RS-422 / RS-485 Terminal Register.
- High speed data transfer function.
- Provide IP to setup UTILITY.
- Provide software.
- Watch Dog function.

SPECIFICATIONS

HARDWARE	
CPU	32-bit ARM7, 33 MHz
RAM	2 MB (1M * 16bits)
ROM	128KB
Communication interface	LAN: RJ-45 Connector COM: RS-232 / RS-485
ELECTRICAL	
Operating voltage	DC 9V, 500mA
Power consumption	4.5W (max)
Baud rate	300bps~115.2Kbps-N-8-1
ENVIRONMENTAL	
Operating temperature	0°C~50°C / 32°F~122°F
Relative humidity	5%~95% (Non condensing)
PHYSICAL	
Dimensions	115mm(W) x 70mm(D) x 30mm(H)
Weight	150g

HUNDURE

www.hundure.com

The manufacture reserves the right to revise this publication without obligation to notify any person or organization of such revisions.

e-P132-X-CE-20030925