

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Automática y Sistemas Computacionales



TRABAJO DE DIPLOMA

Desarrollo del SCADA para la Máquina Etiquetadora de la Ronera Central empleando el Software de Desarrollo Movicon X2

Autor: Lisdan Herrera García

Tutor: Ing. Samy Brito Barroso

Santa Clara

2008-2009

"Año del 50 aniversario 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

Desarrollo del SCADA para la Máquina Etiquetadora de la Ronera Central empleando el Software de Desarrollo Movicon X2

Autor: Lisdan Herrera García

E-mail: lherrera@uclv.edu.cu

Tutor: Ing. Samy Brito Barroso

Profesor Instructor. Dpto. de Automática. Facultad de
Ingeniería Eléctrica. UCLV.

E-mail: samyb@uclv.edu.cu

Consultante: Ing. Liodan Valdivia Coca

Especialista en Automática. COPEXTEL S.A.

E-mail: coca@vc.copextel.com.cu

Santa Clara

2008-2009

"Año del 50 aniversario 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 Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*Un ingeniero no es una copia, es original y se atreve a cambiar una realidad,
no importa el tiempo o el espacio, todo es posible mientras crea que es así.*

[Anónimo]

DEDICATORIA

A mis padres Leonardo (el chino) y Doris por todo el amor, cariño y su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos Liusel y Leo que estuvieron siempre junto a mí en los momentos buenos y malos.

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

A mi novia Lismary por todo su amor y cariño.

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

A los que se han propuesto y logrado sus triunfos.

A mi mismo que me lo merezco.

AGRADECIMIENTOS

A Víctor, Valeriano, Eduardo, Urquijo y Pablo por ayudarme.

A Javier por aconsejarme.

A Sardiñas por enseñarme.

A mis tutores Cheo y Samy por asesorarme.

A Liodan y Vladimir por innegable ayuda.

A todas las personas que de una forma u otra aportaron su granito de arena.

Muchas gracias.

TAREA TÉCNICA

1. Revisión bibliográfica e investigación acerca de los aspectos teóricos de los sistemas SCADA en general.
2. Estudiar y revisar la programación del autómatas SYSMAC CPM2A de OMRON.
3. Estudiar el software de programación de SCADA Movicon X2.
4. Implementar los códigos que garanticen conocer las variables que no estén disponibles en el programa y den solución a los objetivos del trabajo.
5. Desarrollar una aplicación OPC con el software KEPServerEX 4.0 para la comunicación entre el SCADA y el PLC.
6. Desarrollar una aplicación SCADA para la supervisión y el control del proceso de etiquetado.
7. Analizar los resultados obtenidos luego de la implementación del sistema SCADA.
8. Redactar el informe con los resultados obtenidos en el trabajo de desarrollo e implementación del sistema supervisor.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal el desarrollo del SCADA para la máquina etiquetadora de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena” empleando como herramienta el software Movicon X2. Se realizó una revisión bibliográfica y un estudio de las características de los sistemas SCADA, así como de los software’s a utilizar para la programación del PLC, la comunicación y el diseño del supervisor de la máquina etiquetadora. Se realizaron modificaciones en el programa del PLC para obtener las variables que serían reflejadas en el SCADA y en el servidor OPC para la comunicación. Se realizó el sistema supervisor y la aplicación OPC y se analizaron los resultados obtenidos. El control y supervisión de la etiquetadora aumentará la eficiencia, permitirá una rápida detección de fallas en el sistema y hará más fácil el trabajo de los operadores de la línea de embotellado.

La ejecución del proyecto era necesaria debido ya que no existía ningún registro y control de la materia prima, así como del producto final. Conjuntamente se deseaba aumentar la calidad y la producción por parte de la dirección de la empresa. También las especificaciones necesarias para conocer a fondo el proceso de embotellado enfocando este trabajo en la máquina etiquetadora.

GLOSARIO DE SIGLAS

| Siglas | Significado |
|---------|---|
| AI/AO | Analog Input/Analog Output |
| ActiveX | Microsoft renombró la tecnología OLE 2.0 en ActiveX |
| API | Application Programming Interface |
| CPU | Central Process Unit |
| COM | Component Object Model. |
| DI/DO | Digital Input/Digital Output |
| DCOM | Distributed Common Object Model. |
| DCS | Distributed Control System |
| DNA | Distributed interNet Architecture |
| DLL | Dynamic Linking Library |
| DDE | Dynamic Data Exchange |
| GPIB | General-Purpose Instrumentation Bus |
| HMI | Human Machine Interface |
| HTML | HyperText Markup Language |
| HD | Hard Disk |
| IP | Internet Protocol |
| I/O | Input/Output |
| LAN | Local Area Network |
| MFC | Memory flow controller |
| MES | Manufacturing Execution System |
| MTU | Master Terminal Unit |
| NetDDE | Network DDE |
| OPC | OLE for Process Control |
| OLE | Object Linking and Embedding |
| ODBC | Open DataBase Connectivity |
| PLC | Programmable Logic Controller |
| PID | Proportional, Integrative, Derivative |
| PC | Personal Computer |
| PCS7 | Sistema de control de procesos formado por PLC's S7 200 y HMI Wincc |
| RAM | Random Access Memory |
| RTU | Remote Terminal Unit |
| RTDB | Real Time DataBase |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| ST | Structured Text |
| SFC | Sequential Function Charts |
| SQL | Structured Query Language |

| Abreviatura | Significado |
|-------------|---|
| TIA | <i>Totally Integrated Automation</i> |
| USB | <i>Universal Serial Bus</i> |
| VHF/UHF | <i>Very High Frequency/Ultra High Frequency</i> |
| VISA | <i>Virtual Instrument Software Architecture</i> |
| VXI | <i>VME eXtensions for Instrumentation</i> |
| VBA | <i>Visual Basic for Application</i> |
| WAN | <i>Wide Area Network</i> |

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| PENSAMIENTO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| TAREA TÉCNICA..... | iv |
| RESUMEN | v |
| GLOSARIO DE SIGLAS | vi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DE SCADA..... | 5 |
| 1.1.1 Aspectos generales..... | 5 |
| 1.1.2 Problema a resolver. | 5 |
| 1.1.3 Necesidad del trabajo..... | 6 |
| 1.2 Generalidades de los sistemas SCADA. | 7 |
| 1.2.1 Breve historia de los SCADA..... | 8 |
| 1.2.2 Definición general de SCADA. | 8 |
| 1.2.3 Arquitecturas de los SCADA..... | 11 |
| 1.2.4 Funciones de los sistemas SCADA. | 13 |

| | | |
|--|--|----|
| 1.2.5 | Necesidad de un sistema SCADA. | 14 |
| 1.2.6 | Componentes software y hardware de los SCADA..... | 14 |
| 1.2.7 | Ventajas y desventajas de los sistemas SCADA. | 19 |
| 1.3 | OPC..... | 20 |
| 1.3.1 | Motivos para el desarrollo de la aplicación OPC. | 20 |
| 1.3.2 | Ventajas y desventajas de OPC. | 22 |
| 1.4 | Ejemplos de SCADA's y campos de aplicación. | 23 |
| 1.4.1 | Ejemplos de aplicación en la industria nacional y extranjera. | 26 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS | | 29 |
| 2.1 | Características del Movicon X2..... | 29 |
| 2.1.1 | Funcionalidad..... | 30 |
| 2.1.2 | Características del Movicon X2..... | 31 |
| 2.1.3 | Configuración. | 33 |
| 2.1.4 | Ventajas y desventajas que ofrece el Movicon X2..... | 33 |
| 2.2 | ¿Que es KEPServerEX 4.0?..... | 34 |
| 2.1.1 | Características del KEPServerEX 4.0..... | 35 |
| 2.2 | CX-Programmer 3.0..... | 37 |
| 2.2.1 | Características del CX-Programmer 3.0..... | 38 |
| 2.2.2 | Características de hardware. | 40 |
| 2.3 | PLC SYSMAC CPM2A..... | 41 |
| 2.3.1 | Características y funciones básicas del CPM2A..... | 41 |
| 2.3.2 | CPU..... | 41 |
| 2.4 | Desarrollo del SCADA para la máquina etiquetadora. | 42 |
| 2.4.1 | Implementación del sistema SCADA en Movicon X2..... | 42 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.4.2 | Variables..... | 42 |
| 2.4.3 | Alarmas..... | 43 |
| 2.4.4 | Sinópticos..... | 44 |
| 2.4.5 | Menús..... | 45 |
| 2.4.6 | Data Loggers..... | 46 |
| 2.4.7 | Escalado..... | 46 |
| 2.5 | Aplicación OPC..... | 46 |
| 2.6 | Código de programa añadido al PLC..... | 47 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 49 |
| 3.1 | SCADA para la máquina etiquetadora..... | 49 |
| 3.1.1 | Menús..... | 50 |
| 3.1.2 | Pantalla de control de la materia prima..... | 51 |
| 3.1.3 | Pantallas de las máquinas alimentadoras de etiquetas..... | 51 |
| 3.1.4 | Pantalla de alarmas..... | 52 |
| 3.1.5 | Pantalla señales de la etiquetadora..... | 53 |
| 3.1.6 | Pantalla de gráficos..... | 54 |
| 3.2 | Código de añadido al programa del PLC..... | 54 |
| 3.3 | Aplicación OPC para la comunicación entre el SCADA y el PLC..... | 55 |
| 3.4 | Análisis Económico..... | 56 |
| 3.5 | Conclusiones del capítulo..... | 60 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 61 |
| Conclusiones..... | | 61 |
| Recomendaciones..... | | 61 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 62 |

| | |
|--|----|
| ANEXOS | 65 |
| Anexo I Código de programa añadido o modificado en el PLC..... | 65 |
| Anexo II Objetivo y acción propuesta en los códigos añadidos al PLC..... | 70 |
| Anexo III Entorno de trabajo del Movicon X2..... | 72 |

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo la tecnología ha evolucionado hasta desarrollar varios sistemas y arquitecturas para el control, supervisión y la adquisición de datos en todo tipo de industria o proceso. Entre los principales sistemas se encuentran los SCADA y procesos controlados por PLC's; donde estos de forma inherente aportan, fiabilidad, flexibilidad, aumento de la producción y mejoras en las condiciones de operación de las plantas. Disminuyen las pérdidas y los accidentes por concepto de errores humanos, aumentan la eficiencia y la calidad del producto con una disminución de los costos de producción.

El perfeccionamiento de los sistemas SCADA's se ha incrementado de forma acelerada en los últimos años, estos se han convertido en parte indispensable de las industrias y empresas tanto para el control de procesos, como para la gestión empresarial. Por lo que estos se han diversificado dependiendo generalmente del tipo de aplicación y de la empresa que lo desarrolla.

En este trabajo se realizó un estudio de carácter general y actualizado referente a los sistemas de control supervisorio y adquisición de datos. Entre los aspectos tratados se encuentran su definición, funciones principales, partes y componentes; así como algunas prestaciones y características a tomar en cuenta a la hora de implementar el sistema supervisor en la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena", específicamente en el proceso de etiquetado.

La supervisión y el control del proceso de embotellado a nivel mundial esta generalizado debido a la importancia que esto constituye para el buen funcionamiento de cualquier línea de producción de bebidas. En nuestro país, un ejemplo de la utilización de un SCADA se encuentra en la Ronera de San José, en la provincia de la Habana, que se dedica a la producción de rones tintos de alta calidad.

En la Ronera Central, se producen distintos tipos de rones (Havana Club, Cubay en sus variedades) para el mercado nacional y extranjero. En la misma existe mínima interconectividad entre las máquinas que intervienen en el proceso de embotellado y no se tiene un control riguroso sobre la producción como se necesita en una empresa de este tipo. Por parte de la dirección de la empresa, se decidió incrementar la calidad de sus productos, tener un mayor control sobre toda la materia prima que se emplea en la producción del ron como producto final, entre las cuáles se encuentran las botellas, el juego de etiquetas, las tapas. Necesario para la eliminación de las ilegalidades.

Se desarrollará un SCADA para supervisar y controlar dicha línea, tener registros históricos de las variables; conteo de etiquetas, contraetiquetas, sellos y botellas que entran y salen de línea, detección de elementos defectuosos, generación de reportes y alarmas, etc. Permitirá un trabajo agradable y menos riesgoso para los operarios, reducirá los costos de producción, se adaptará rápidamente a las nuevas exigencias del mercado, y de forma general incrementará la productividad.

La instalación y puesta en marcha del sistema de control y supervisión eleva el nivel tecnológico y de automatización en esta empresa. En mayor cuantía en la industria cubana permitiendo la extensión de esta tecnología a otras ramas de la economía incrementando el perfeccionamiento empresarial.

❖ **Situación del problema:**

Garantizar la supervisión y el control de los principales elementos de la línea de embotellado de la Ronera Central, teniendo en cuenta las necesidades de la empresa, específicamente en la etiquetadora.

❖ **Objeto:**

Supervisión y control de un proceso tecnológico.

❖ **Campo:**

Supervisión y Control de la máquina etiquetadora en la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”.

❖ **Objetivo general:**

Desarrollar el sistema de supervisión y control para la máquina etiquetadora de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”, con el empleo del software Movicon X2.

❖ **Objetivos específicos:**

- Mostrar los aspectos teóricos fundamentales de los sistemas SCADA.
- Hacer una búsqueda sobre la tendencia del empleo del SCADA en la industria.
- Estudiar el programa del autómata que controla la máquina etiquetadora.
- Reprogramar el autómata añadiendo el código que garantice conocer las variables deseadas y que no estén presentes en el programa actual utilizando CX-Programmer 3.0.
- Estudiar el software de programación de SCADA's Movicon X2.
- Desarrollar una aplicación SCADA empleando como herramienta el Movicon X2, que garantice supervisar y controlar la máquina de etiquetado.
- Desarrollar una aplicación OPC con el software KEPServerEX 4.0 para la comunicación entre el SCADA y el PLC.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Redactar el informe final.

❖ **Organización del informe**

Capítulo I: Se dedicará a exponer los fundamentos teóricos necesarios para la comprensión de los temas que serán tratados en el desarrollo del trabajo. Tales como los aspectos principales que caracterizan a los sistemas SCADA. Necesidad del proyecto y problema a resolver en la empresa. Además se darán a conocer algunos aspectos del por qué la utilización de un servidor OPC para implementar la comunicación. Al mismo tiempo dar a conocer algunas características de los software's SCADA más utilizados en el mundo y su aplicación en la rama.

Capítulo II: En el capítulo dos se dará cumplimiento al principal objetivo del proyecto; se realizará el sistema de supervisión de la máquina etiquetadora; la aplicación OPC y los cambios al programa del autómata. Además se mostrarán algunas características de los

software's que se utilizaron en el proyecto, tales como el CX-Programmer 3.0, el KEPServerEX 4.0 y el Movicon X2 así como métodos y pasos para la implementación del supervisor y los dispositivos necesarios para complementar el trabajo como lo es el PLC SYSMAC CPM2A de Omron.

Capítulo III: Se mostrarán los resultados obtenidos en el trabajo; se darán a conocer las principales ventanas y menús que conforman el supervisor y los cambios de código añadido al programa que garantizará obtener las variables que no se hallaban en el programa actual y la aplicación OPC para la comunicación. Además se realizará el análisis económico correspondiente a este trabajo.

Posteriormente se expondrán las conclusiones y recomendaciones asociadas a los objetivos y resultados obtenidos. Como acápites finales, las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO 1. CARACTERÍSTICAS DE SCADA

En este capítulo se pueden encontrar aspectos generales acerca de los sistemas de control, supervisión y de adquisición de datos. Entre estos se encuentran, una breve historia de los SCADA, definición básica, componentes de hardware y módulos software que lo conforman, campos de aplicación, ventajas y desventajas, características y requisitos para su implementación. Se explican las razones de la utilización de una aplicación OPC para la comunicación del sistema supervisor con el PLC. Algunos ejemplos de software's de SCADA que se utilizan en el mundo y sus aplicaciones en la industria nacional y extranjera.

1.1.1 Aspectos generales.

Este trabajo esta encaminado a mejorar la línea de embotellado de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena” perteneciente a la corporación Cuba Ron SA. del municipio de Santo Domingo en la provincia de Villa Clara, específicamente la máquina etiquetadora.

1.1.2 Problema a resolver.

El principal problema que presenta la filial de Cuba Ron SA. en el centro del país es el control sobre la materia prima y la producción, ya que no se conoce con certeza el lugar donde ocurren las ilegalidades y tampoco existe la posibilidad de realizar reportes de producción con datos reales. Además el nivel de visualización del proceso es mínimo, para no decir nulo, la comunicación a nivel empresarial no se encuentra implementada y aunque la línea de producción trabaja de forma automática, no existe conectividad entre las máquinas que intervienen en el proceso de embotellado.

Con el objetivo de interconectar las máquinas de la línea se realizaron búsquedas en manuales y planos eléctricos, de las mismas no se obtuvo una solución razonable. Después

de un estudio se propuso implementar un sistema supervisor con la ayuda del software Movicon X2 para poner fin a las deficiencias existentes en dicha empresa. Para la implementación del sistema era necesario obtener las principales variables del proceso y para esto se tomó la opción de no modificar el funcionamiento de la línea, pues esta no presentaba dificultades. Partiendo de la realización de la ingeniería inversa a los programas de los PLC's (CPM2A y el CQM1H) que controlan la etiquetadora y la embotelladora respectivamente; necesarios para comprender el funcionamiento y la obtención de las variables de mayor importancia. Con la finalidad de incorporar las variables al sistema supervisor con el cuál se facilitaría la comunicación, el control y la gestión empresarial en la fábrica. Esto fue llevado a cabo en trabajos de diploma realizados en el 2007 por dos estudiantes de la especialidad de Automática en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Este trabajo de diploma tributa a un contrato firmado y llega hasta el montaje e instalación del supervisor en la respectiva línea de producción. Igualmente se realizará la programación de algunos segmentos de programa para dar solución a las exigencias de la planta.

1.1.3 Necesidad del trabajo.

Al no contar con una buena interconectividad entre las máquinas que intervienen en el proceso de embotellado y no tener un control estricto relacionado con la producción como se requiere en una empresa de este tipo; la dirección de la empresa tomó la decisión de aumentar la calidad de sus productos, ampliar el control sobre los insumos que se utilizan en la fabricación del ron como producto terminado, como ejemplo las botellas, el juego de etiquetas (etiqueta, contraetiqueta, collarín y sello de calidad), tapas e insertos, como un esfuerzo más por eliminar las pérdidas por diferentes factores que perjudican la producción y la imagen de una empresa cubana con un alto prestigio a nivel mundial. Al mismo tiempo humanizar el trabajo en la línea de embotellado, hacerlo menos riesgoso para los operarios, reducir los costos de producción, y adaptarse rápidamente a las nuevas exigencias del mercado aumentando la producción de la planta.

Se implementará un sistema SCADA utilizando como herramienta el software Movicon X2 para la supervisión y control de la línea de embotellado específicamente en la etiquetadora que permitirá la obtención registros históricos de las variables; conteo de etiquetas,

contraetiquetas, sellos y botellas que entran y salen de la línea, generación alarmas, detección de fallas y averías eficazmente, entre otras soluciones, permitiendo resolver la problemática antes mencionada. Para el montaje de este sistema es necesario recolectar las variables deseadas del proceso, muchas de las cuales están siendo usadas por los PLC's que controlan la línea y se encuentran almacenadas en sus respectivas memorias.

1.2 Generalidades de los sistemas SCADA.

La supervisión es el hecho de monitorear a distancia los procesos industriales, de forma remota y computarizada. Un usuario o una máquina controlan los diferentes procesos que se originan o desarrollan en una fábrica. La principal función de la supervisión y el control es la centralización del proceso fuera del área de producción o fuera de la máquina a controlar. En la supervisión actúan tanto las personas como las máquinas. De esta separación del control hombre - máquina se pueden ver las dos diferencias claras de la supervisión, la supervisión activa o control manual donde el hombre a través de una pantalla controla los procesos que se están realizando en mayor o menor grado. También esta la supervisión pasiva o automática, es decir el computador o PC a través de su aplicación controla las variables del sistema y solo avisa al operario cuando encuentra un error. (Chacón et al., 2001)

Tiempo real: Se refiere a la capacidad del ordenador en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo especificado en un 100% de los casos. (Ambrose, 2004)

Hardware en sistemas de supervisión: PLC y PC. El hecho es que las tareas automatizadas de control, visualización y computación pueden ser efectuadas por controladores lógicos programables conectados en red mediante los módulos adecuados, mejor que con sistemas exclusivos de control basados en PC's.

Es común en sistemas de control por ordenador tener que elegir, según las características del sistema a supervisar, entre el PLC o la PC. Se debe elegir aquel hardware que mejor se adapte a las necesidades del sistema a supervisar. Los PLC en la mayoría de los casos están

diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y han sido continuamente desarrollados de forma que sus sistemas operativos en tiempo real representen su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo, no obstante, la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas por su rendimiento, simpleza y costo. En los que una PC podría estar “sobrecargada” debido al trabajo que le pueden suponer otras tareas de ámbito común, como la gestión y visualización de datos, accesos a periféricos y bases de datos, entre otras. (Ambrose, 2004)

1.2.1 Breve historia de los SCADA.

Los primeros SCADA eran simples sistemas de telemetría que proporcionaban reportes periódicos de las variables de campo, vigilando las señales que representaban medidas y/o condiciones del estado de la planta desde ubicaciones generalmente remotas (lugares geográficamente aislados). En muchos casos su función era imprimir o registrar en papel la información de las variables de la planta, llevando un histórico de los eventos que ocurrían durante la operación del proceso. Estos sistemas ofrecían prestaciones muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación de ningún género. La visión del operador del proceso estaba dada en instrumentos y señalizaciones lumínicas montadas en paneles llenos de indicadores. (Chacón et al., 2001, Montero et al., 2004)

Con el avance de la tecnología, los ordenadores comenzaron a aplicarse en el control industrial realizando tareas de recolección y almacenamiento de datos, generación de comandos de control, presentando la información sobre una pantalla, que en aquellos tiempos eran monocromáticas. Los ordenadores agregaron la capacidad de programar el sistema para realizar funciones de control más complejas. En la actualidad los proveedores de sistemas SCADA's permiten que su diseño pueda ser aplicado en las más variadas necesidades y requisitos de muchas industrias, con módulos de software disponibles para cualquier variante de supervisión y control. (Castellanos, 2008)

Algunas de las principales firmas existentes en el mercado del software SCADA son Siemens, National Instruments, Progea entre otros.

1.2.2 Definición general de SCADA.

SCADA es un acrónimo que significa Control Supervisorio y Adquisición de Datos. Es una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores. Utilizado

para el control de la producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos...) supervisando y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. (Castellanos, 2008, Díaz, 2009, Autómatas, 2006b)

También provee toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros niveles superiores dentro de la empresa (supervisión, control de la calidad, control de producción, almacenamiento de datos...). (Castellanos, 2008)

Se comporta como un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o master (generalmente llamada Estación Principal, o MTU); una o más unidades de control obteniendo datos de campo (comúnmente llamadas estaciones remotas, o RTU's). (Bailey and Wright, 2006)

En conjunto con una colección de software estándar y/o a medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo, los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque se pueden utilizar algunos elementos de control a lazo cerrado y/o comunicaciones de corta distancia. (Montero et al., 2004)

Un sistema supervisorio se utiliza para vigilar y controlar una planta industrial o su equipamiento. El control puede ser automático o iniciado por comandos del operador. La adquisición de datos se logra en primer lugar por los RTU's que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos (de igual forma se pueden utilizar PLC's). (Chacón et al., 2001)

Esto se hace generalmente a intervalos muy cortos. La MTU entonces explorará los RTU's generalmente con una frecuencia menor. Los datos se procesarán para detectar condiciones de alarma y si una alarma estuviera presente sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas.

Los datos pueden ser de tres tipos principales:

- ❖ Datos analógicos (por ejemplo números reales) que quizás sean presentados en gráficos.
- ❖ Datos digitales (*on/off*) que pueden tener alarmas asociadas a un estado o al otro.
- ❖ Datos de pulsos (por ejemplo conteo de revoluciones de un medidor) que serán normalmente contabilizados o acumulados. (Montero et al., 2004)

La interfaz primaria al operador es un *display* que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (*foreground*) sobre un fondo estático (*background*). Mientras los datos cambian en campo, el *foreground* se actualiza. Los datos analógicos se pueden mostrar como números, o gráficamente. El sistema puede tener muchos de estos *displays* y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento. (Montero et al., 2004, Chacón et al., 2001)

Hoy, los proveedores de SCADA están diseñando sistemas para resolver las necesidades de muchas industrias con módulos de software industrial específicos, disponible para proporcionar las capacidades requeridas comúnmente. No es inusual encontrar software SCADA comercialmente disponible adaptado para procesamiento de papel y celulosa, industrias de aceite y gas, hidroeléctricas, gerenciamiento y provisión de agua, control de fluidos, en los sistemas de gestión de agua, energía eléctrica, las señales de tráfico, sistemas de tránsito masivo, los sistemas de control ambiental, y sistemas de fabricación, entre muchos otros. (Chacón et al., 2001)

Estos sistemas supervisores comprenden todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un proceso o planta industrial (aunque no es absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito), para que con esta información, sea posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso.

Para que la instalación de un sistema supervisor sea perfectamente aprovechada, debe de cumplir varios requisitos:

1. Deben ser sistemas de arquitectura abierta (capaces de adaptarse según las necesidades de la empresa).
2. Deben comunicar con facilidad el usuario con el equipo de la planta y el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
3. Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware. (Lozano and Morales, 2009, Autómatas, 2006b)

1.2.3 Arquitecturas de los SCADA.

Los sistemas SCADA se han desarrollado paralelamente al crecimiento y a la sofisticación de la tecnología de la computación moderna. El siguiente epígrafe se dará una breve descripción de las tres generaciones de los sistemas de SCADA:

- Primera Generación: **Monolítico.**
- Segunda Generación: **Distribuido.**
- Tercera Generación: **Networked (En Red)**

❖ Sistemas SCADA monolíticos.

Cuando los primeros sistemas SCADA fueron desarrollados, el concepto de computar en general era centrado en sistemas “*mainframe*” (ordenador central). Las redes generalmente no existían y cada sistema centralizado se encontraba por su propia cuenta. Consecuentemente los sistemas de SCADA eran sistemas independientes, virtualmente con ninguna conectividad a otros sistemas. Ver Figura 1.1. (N.C.S., 2004)

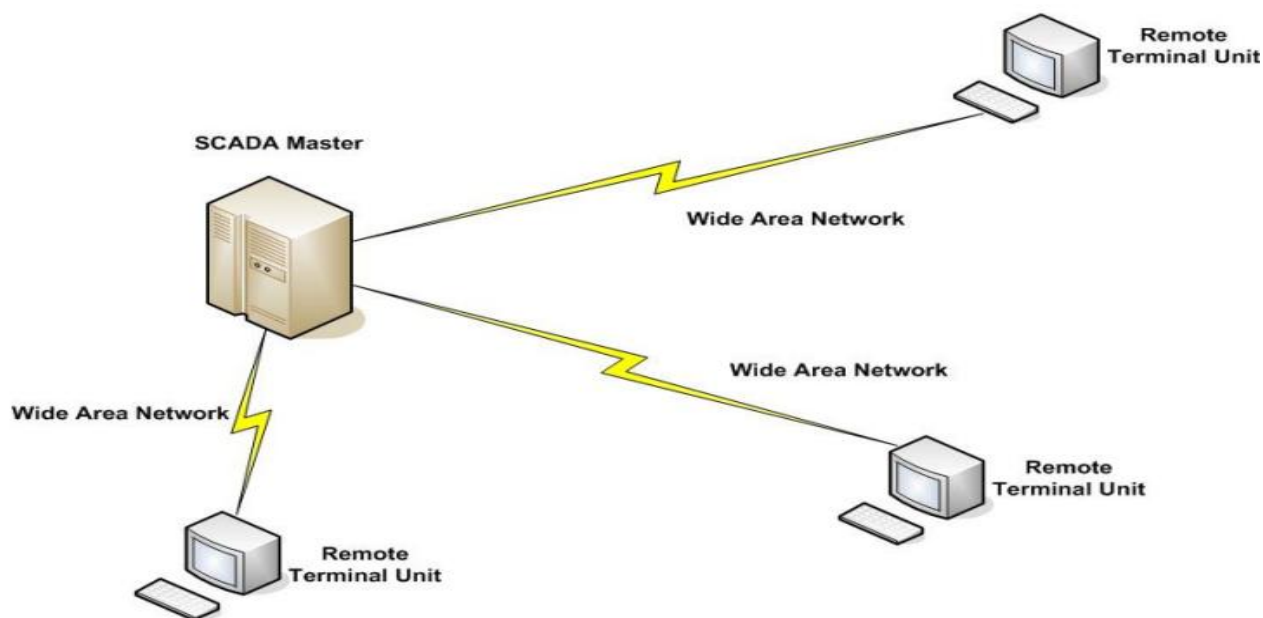


Figura 1.1. Arquitectura monolítica de los SCADA.

❖ Sistemas SCADA distribuidos.

La segunda generación de los sistemas de SCADA se aprovechó de los progresos y mejoras en la miniaturización del sistema y la tecnología local con establecimiento de una red de área local (LAN) para distribuir el proceso a través de sistemas múltiples. Las estaciones

múltiples tenían una función específica cada una, y fueron conectadas con una red LAN compartiendo la información unas con otras en tiempo real. Estas estaciones eran típicamente mini - ordenadores, más pequeños y menos costosos que los procesadores de primera generación. Ver Figura 1.2. (N.C.S., 2004)

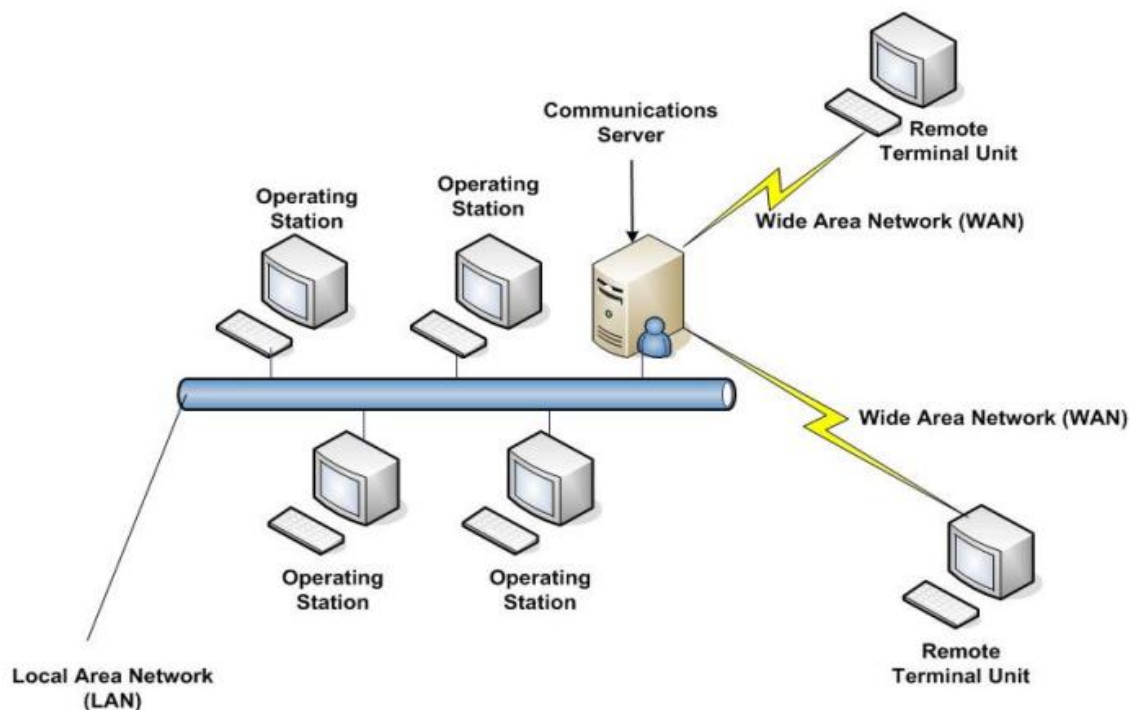


Figura 1.2. Arquitectura distribuida de los SCADA.

❖ **Sistemas SCADA en Red (Networked).**

La tercera y actual generación de las arquitecturas de SCADA se relaciona de forma muy cercana con la de la segunda generación, siendo la diferencia primaria que esta última presenta una arquitectura de sistema abierto, siendo la segunda generación de ambiente propietario. La mejora principal en la tercera generación es la de abrir la arquitectura del sistema, de utilizar estándares y protocolos abiertos y de permitir distribuir la funcionalidad de SCADA a través de una red WAN y no de una red LAN. Ver Figura 1.3. (N.C.S., 2004)

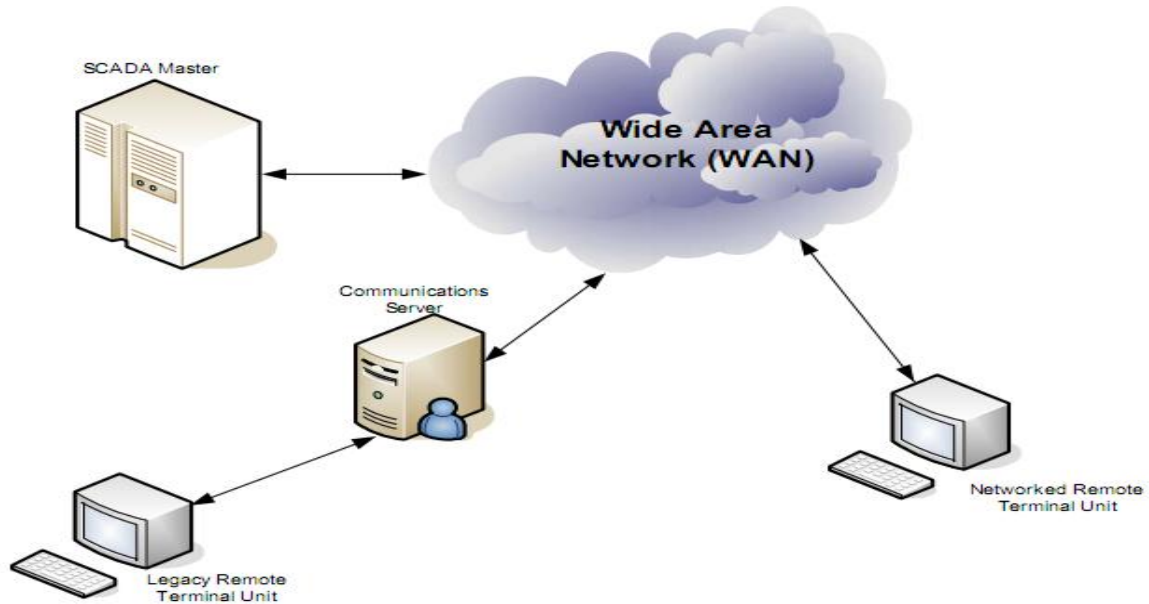


Figura 1.3. Arquitectura en red de los SCADA.

1.2.4 Funciones de los sistemas SCADA.

❖ Funciones principales.

1. **Adquisición de datos:** Recoger, procesar y almacenar la información recibida.
2. **Supervisión:** Observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
3. **Control:** Modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

❖ Funciones específicas.

1. Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC.
2. Base de datos: Gestión de datos con bajos tiempos de acceso.
3. Presentación: Representación gráfica de los datos. Interfaz del operador o HMI.
4. Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera. (Lozano and Morales, 2009, Linares, 2009, Villa, 2009)

1.2.5 Necesidad de un sistema SCADA.

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita cuando se producen cambios en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- Optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA.
- Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, calidad del producto final, etc.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un sistema de control automático, el cuál lo puede constituir un sistema de control distribuido, PLC's, controladores a lazo cerrado o una combinación de ellos. (Castellanos, 2008)

1.2.6 Componentes software y hardware de los SCADA.

❖ Módulos software de los SCADA.

Un sistema SCADA normalmente incluye la señal de hardware (de entrada y salida), controladores, redes, interfaz de usuario (HMI), equipo de comunicaciones y software.

Los módulos o bloques software son los siguientes:

1. **Configuración:** Permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
2. **Interfaz Gráfico del Operador:** Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos (HMI).

3. **Módulo de Proceso:** Ejecuta las acciones de mando pre - programadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.).
4. **Gestión de Archivo de Datos:** Se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
5. **Comunicación:** Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión. (Janus, 2006, Vidal, 2002)

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señales de la planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador. (Barmex, 2009, Chacón et al., 2001)

❖ **Componentes Hardware.**

Un SCADA está formado por:

1. Ordenador Central o MTU.
2. Ordenadores Remotos o RTU's.
3. Red de comunicación.
4. Instrumentación de campo.

❖ **La MTU.**

El término MTU "Estación Maestra" se refiere a los servidores y el software responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTU's, PLC's, etc.) en estos se encuentra el software HMI corriendo para las estaciones de trabajo en el cuarto de control, o en cualquier otro lado. En un sistema SCADA pequeño, la estación maestra puede estar en un solo computador. A gran escala, en los sistemas SCADA la estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres.

La parte más visible de un sistema SCADA es la estación central o MTU. Éste es el "centro neurálgico" del sistema, y es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para ver la mayoría de la planta. Una MTU a veces se llama HMI, interfaz ser humano - máquina. (Chacón et al., 2001)

Las funciones principales de la MTU de un SCADA son:

- **Adquisición de datos:** Recolección de datos de los RTU's.
- **Trending:** Salvar los datos en una base de datos, y ponerlos a disposición de los operadores en forma de gráficos.
- **Procesamiento de Alarmas:** Analizar los datos recogidos de los RTU's para ver si han ocurrido condiciones anormales y alertar al personal de operaciones sobre las mismas.
- **Control:** Control a lazo cerrado e iniciados por operador.
- **Visualizaciones:** Gráficos del equipamiento actualizado para reflejar datos del campo.
- **Informes:** La mayoría de los sistemas SCADA tienen un ordenador dedicado a la producción de reportes conectado en red (LAN o similar) con el principal.
- **Mantenimiento del Sistema *Mirror*:** Es decir, mantener un sistema idéntico con una capacidad segura de asumir el control inmediatamente si el principal falla.
- **Interfaces con otros sistemas:** Transferencia de datos hacia y desde otros sistemas corporativos para, por ejemplo el procesamiento de órdenes de trabajo, de compra, la actualización de bases de datos, etc.
- **Seguridad:** Control de acceso a los distintos componentes del sistema.
- **Administración de la red:** Monitoreo de la red de comunicaciones.
- **Administración de la Base de datos:** Agregar nuevas estaciones, puntos, gráficos, puntos de cambio de alarmas y en general reconfigurar el sistema.
- **Aplicaciones especiales:** Casi todos los sistemas SCADA tendrá cierto software de aplicación especial, asociado generalmente al monitoreo y al control de la planta.
- **Sistemas expertos, sistemas de modelado:** Los más avanzados pueden incluir sistemas expertos incorporados o capacidad de modelado de datos. (Chacón et al., 2001, Castellanos, 2008, Montero et al., 2004)

❖ **La RTU.**

Las unidades terminales remotas consisten en una pequeña y robusta computadora que almacena datos y los transmite a la terminal maestra para que esta controle los instrumentos. Es una unidad *stand-alone* (independiente) de adquisición y control de datos. Su función es controlar el equipamiento de proceso en el sitio remoto, adquirir datos del mismo y transferirlos al sistema central SCADA. Hay dos tipos básicos de RTU "*single boards*" (de un solo módulo) compactos, que contienen todas las entradas de datos en una sola tarjeta. Una RTU "*single board*" tiene normalmente I/O fijas y los "modulares" que tienen un modulo CPU separado y pueden tener otros módulos agregados, normalmente enchufándolos en una placa común (similar a una PC con una placa madre donde se montan procesador y periféricos). (Montero et al., 2004)

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado, cómo los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo el RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha o pararla. La RTU puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos. Ver Figura 1.4.

La mayor parte de las RTU tienen como características principales:

- Comunicaciones a través de la red telefónica fija y móvil, radio enlaces, líneas dedicadas, bus de campo.
- Adquisición y mando (señales digitales y analógicas, conteos).
- Capacidad: entre 280 y 700 variables (según las aplicaciones).
- Procesamientos y automatismos parametrables.
- Almacenamiento de datos a largo plazo (alarmas, medidas, conteos, informes).
- Alerta hacia estaciones maestras, buscapersonas y teléfonos móviles.
- Módulos especializados (automatización y gestión de las estaciones de elevación).
- Enlaces entre instalaciones (entre remota y remota, entre remotas y módulos).

- Compatibilidad con otros productos (autómatas programables, analizadores, controladores, medidores, ordenadores de supervisión.). (Montero et al., 2004)

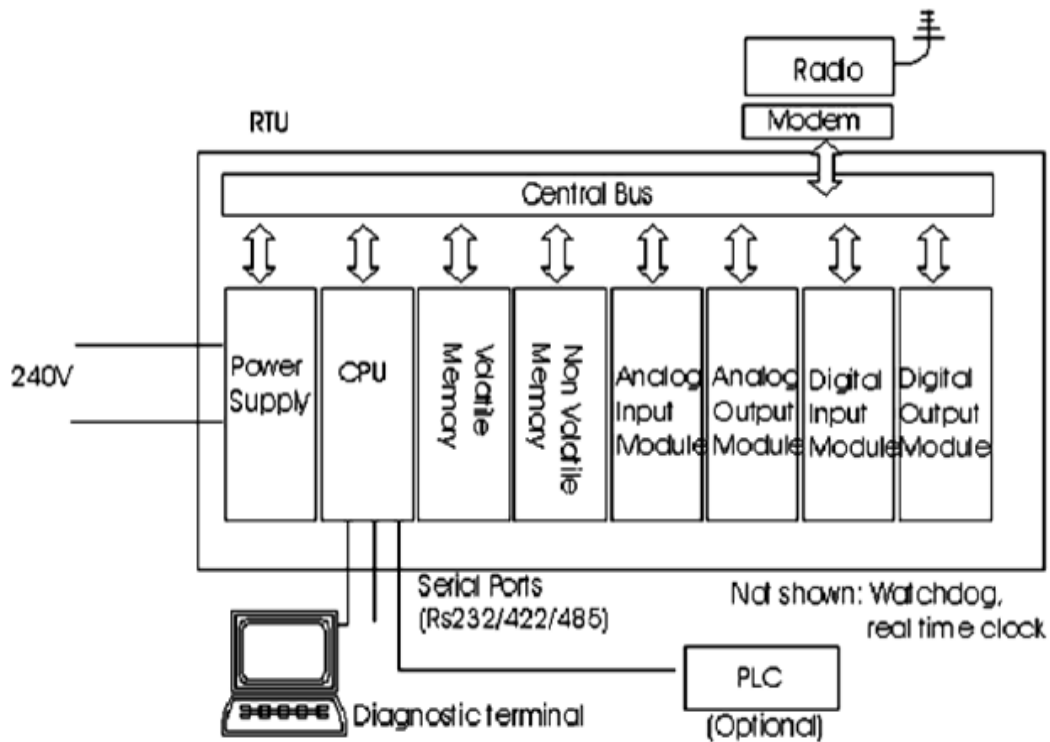


Figura 1.4. Diagrama general de una RTU.

El hardware de una RTU tiene los siguientes componentes principales:

- CPU y memoria volátil (RAM).
- Memoria no volátil para grabar programas y datos.
- Capacidad de comunicaciones a través de puertos seriales o a veces con módem incorporado.
- Fuente de alimentación segura (con salvaguardia de batería).
- “*Watchdog timer*” (que asegure reiniciar el RTU si algo falla).
- Protección eléctrica contra fluctuaciones en la tensión.
- Interfaces de entrada-salida DI/DO/AI/AO.
- Reloj de tiempo real. (Bailey and Wright, 2006, Montero et al., 2004)

❖ **La Red de comunicación.**

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP (Red LAN) sobre SONET (fibra óptica) frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica.

La red de comunicación utiliza diferentes medios para comunicar la MTU con las RTU entre los cuales se encuentran: línea dedicada, línea telefónica, cable coaxial, fibra óptica, telefonía celular, radio VHF/UHF, microondas, satélites entre otros. De esta forma los datos son transferidos hacia una estación central mediante el medio físico más apropiado. La manera en que se envían o reciben los datos y parámetros en un proceso, se encuentra incorporado como parte indispensable dentro de un sistema SCADA. El soporte de la comunicación a tener en cuenta depende del tamaño y la envergadura del sistema SCADA, la distancia hasta las RTU, la cantidad de datos que se van a transmitir, velocidad y disponibilidad del servicio público de comunicación, características del proceso y tipo de aplicación, entre otras. (Castellanos, 2008)

1.2.7 Ventajas y desventajas de los sistemas SCADA.

❖ **Ventajas.**

- Reducción de los costos de producción, operación y mantenimiento.
- Aumento de la producción.
- Diversificación de la producción.
- Mejoramiento de la coordinación con el área de mantenimiento.
- Se dispone de información precisa para efectos de estudio, análisis y estadística.
- No se requiere de personal para realizar labores de lectura de las variables ya que estos son leídos y enviados a centros de cómputos a través de la red.
- Sistema de medición más rápido y confiable.

❖ **Desventajas.**

- Se requiere de una red industrial fiable, pues resultaría crítico para el sistema no contar con la misma.
- Alto costo inicial, por concepto de adquisición de los equipos e implantación del sistema acorde a las necesidades y requisitos exigidos.
- Se requiere además realizar gastos en conexión a la red de datos. (Castellanos, 2008)

1.3 OPC.

Un servidor OPC es una aplicación de software (driver) que cumple con una o más especificaciones establecidas por la Fundación OPC. Los servidores OPC están compuestos por dos partes. La primera parte se comunica con una o muchas fuentes de datos utilizando el protocolo propietario perteneciente a las fuentes de datos. La segunda parte se comunica con uno o muchos Clientes OPC utilizando el protocolo estándar OPC. En una arquitectura Cliente OPC / Servidor OPC, el Servidor OPC hace de elemento esclavo mientras que el Cliente OPC hace de maestro. La comunicación entre un Cliente OPC y un servidor OPC es bidireccional lo que significa que el Cliente OPC puede tanto leer como escribir en el Servidor OPC. (Inc., 2009)

OPC se basa en la tecnología OLE/COM de *Microsoft*. Esta tecnología permite que componentes de software (escritos en C y C++ por expertos en un sector) sean utilizados por una aplicación (escrita en *Delphi* o *Visual Basic* para otro sector). De esta forma se desarrollarán componentes en C y C++ que encapsulen los detalles de acceder a los datos de un dispositivo, de manera que quienes desarrollen aplicaciones empresariales puedan escribir código en *Visual Basic* que recoja y utilice datos de planta.

El diseño de los interfaces OPC soporta arquitecturas distribuías en red. El acceso a servidores OPC remotos se hace empleando la tecnología DCOM de *Microsoft*. (Autómatas, 2006a)

1.3.1 Motivos para el desarrollo de la aplicación OPC.

En la línea de embotellado donde se desarrolla este proyecto no existe similitud entre la tecnología y maquinaria instalada, puesto que la etiquetadora y el monobloque pertenecen a la Omron y la conformadora y empacadora a la Siemens (Estos tres últimos no son objeto de este trabajo). En este caso el principal objetivo es estandarizar la comunicación entre los

distintos dispositivos de campo (PLC's) y el sistema supervisor utilizando un servidor OPC.

La arquitectura informática para la industria de procesos incluye los siguientes niveles:

- **Gestión de campo:** Información sobre los dispositivos de instrumentación (estado, constitución y configuración).
- **Gestión de proceso:** Datos sobre el proceso productivo adquiridos y procesados por sistemas SCADA's y DCS.
- **Gestión de negocio:** Integración de la información de planta en los sistemas que gestionan los aspectos financieros de la fabricación. Se trata de que en la industria se puedan utilizar herramientas estándares (paquetes SCADA, bases de datos, hojas de cálculo, etc.) para construir un sistema que responda a sus necesidades de mejora de la productividad. Para ello es necesario desarrollar una arquitectura de comunicaciones abierta y efectiva que se centre en el acceso a los datos, no en los tipos de datos. Hay muchas aplicaciones clientes que requieren datos de dispositivos y acceden a ellos desarrollando controladores (*drivers*) de forma independiente. Esto implica:
 - **Duplicación de esfuerzos:** Todos los programas necesitan un controlador para un determinado hardware.
 - **Falta de consistencia entre controladores:** Hay características del hardware no soportadas por todos los controladores.
 - **Cambios en el hardware:** Hacen que los controladores queden obsoletos.
 - **Conflictos de acceso:** Generalmente dos programas no pueden acceder simultáneamente al mismo dispositivo puesto que poseen controladores independientes.

Los fabricantes de hardware no pueden desarrollar un controlador eficiente y utilizable por todos los clientes debido a las diferencias de protocolos existentes. (Autómatas, 2006a)

OPC, (OPC, 2003) proporciona un mecanismo para extraer datos de una fuente y comunicarlos a cualquier aplicación cliente de manera estándar. Los fabricantes de hardware pueden desarrollar servidores optimizados para recoger datos de sus dispositivos. Dando al servidor una interfaz OPC, que permite a cualquier cliente acceder a dichos dispositivos. Ver Figura 1.5.

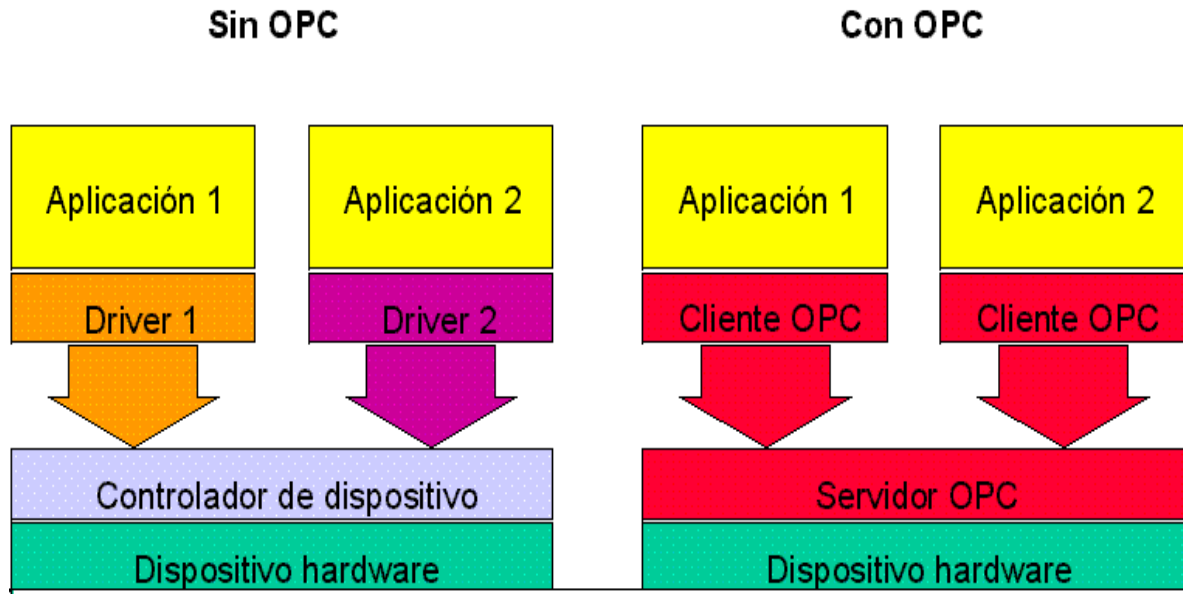


Figura 1.5. Implementación de tecnología OPC.

1.3.2 Ventajas y desventajas de OPC.

❖ Ventajas.

- Apertura de comunicación de los SCADA's a los sistemas de automatización, generando una libertad casi total de elección en el hardware.
- Apertura de comunicación a plataformas no industriales, como MS Office, permitiendo de esta manera realizar soluciones costo - efectivas a procesos particulares.
- Migración gradual de sistemas antiguos: Generalmente, lo primero que conviene "modernizar" en un sistema de automatización antiguo es el HMI o SCADA, dado que es lo que se encuentra tecnológicamente más obsoleto. Utilizar OPC permite integrar paquetes nuevos de software SCADA con los sistemas ya existentes, incluso de varias décadas de instalación, cuando se ha perdido o no se han desarrollado interfaces compatibles.

Existe una gran variedad de servidores OPC para todas las marcas y estándares, permitiendo elegir el más adecuado para las necesidades o conocimientos de cada uno. En la web se ofrecen una enorme variedad de alternativas, logrando incluso bajarlas como "demo" o de uso limitado.

❖ **Desventajas.**

- Es una solución de software, con lo que el desempeño en términos de tiempo de respuesta y fiabilidad nunca son los mejores.
- El uso de un servidor OPC básico puede ser muy sencillo, pero generalmente son los que tienen menores prestaciones. Los OPC de calidad industrial (que pueden dar respuestas casi en tiempo real) demandan procedimientos de configuración más engorrosos.
- Muchas veces, utilizar OPC es más caro que adquirir un SCADA con los drivers apropiados integrados. La tentación de desarrollar un SCADA propio basado en OPC, puede ahorrar los costos de licencias de paquetes específicos de desarrollo, pero conviene prestar atención a los costos por horas de ingeniería en un producto final no estándar. (Gorenberg, 2005)

1.4 Ejemplos de SCADA's y campos de aplicación.

EL sistema SCADA por sus características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución de los software's amplía continuamente éste campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones donde es necesario realizar control, supervisión, adquisición de datos, generación de alarmas y reportes, representación de variables en la interfaz gráfica de forma clara y concisa. Para el control y supervisión se utilizan a nivel mundial software's tales como:

1. Aimax, de Desin Instruments S.A.
2. CUBE, Orsi España S.A.
3. FIX, de Intellution.
4. Lookout, National Instruments.
5. Monitor Pro, de Schneider Electric.
6. Movicon X2, de Progea.
7. SCADA InTouch, de LOGITEK.
8. SYSMAC SCS, de Omron.
9. Scatt Graph 5000, de ABB.

10. WinCC, de Siemens. (Lozano and Morales, 2009, Villa, 2009)

❖ Campos de Aplicación de los Sistemas SCADA.

Los sistemas supervisores se han expandido en cuanto a aplicaciones en disímiles ramas dentro de las cuáles se encuentran:

- Automoción, Ferrocarriles, Aeroespacial
- Dómotica (*Building Automation*).
- Calor y Refrigeración.
- Logística.
- Maquinaria, Empaquetado y Mecánica.
- Química y Petroquímica.
- Papel, Cerámica, Madera y Cristal
- Plástico, Textil.
- Tratamiento de Agua.
- Investigación.
- Alimentación e Industria de Bebidas.
- Potencia y Energía.
- Agroindustria. (Progea, 2009c)

❖ Software's SCADA.

A continuación se dan a conocer varios de los principales software SCADA que se utilizan en el mundo, así como ciertas características principales.

PROVEEDOR: USDATA.

Producto: Factory Link 7.

Esta solución SCADA para recolectar información crítica de los procesos de la planta fue diseñada específicamente para *MS Windows* 2000 bajo la plataforma multicapa de DNA.

Utiliza la tecnología estándar de objetos para la importación de datos externos, con lo que se reduce el costo de propiedad de los sistemas. Muchas de las funcionalidades típicas en un ambiente de manufactura ya se encuentran pre - construidas y almacenadas en una biblioteca para que el usuario desarrolle aplicaciones en tiempo récord. La recolección y distribución de datos se realiza mediante la tecnología OPC de cliente y servidor, por lo que se le caracteriza como uno de los sistemas de automatización en tiempo real con mayor

apertura (sistemas abiertos). Es el sistema que distribuye la firma Schneider como producto para sus autómatas.

PROVEEDOR: National Instruments (NI).

Producto: LabView.

Ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se pueden crear fácilmente interfaces de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación. Para especificar las funciones sólo se requiere construir diagramas de bloque. Se tiene acceso a una paleta de controles de la cual se pueden escoger desplegados numéricos, medidores, termómetros, tanques, gráficas, etcétera, e incluirlas en cualquiera de los proyectos de control que se estén diseñando. Se basa en un modelo de programación de flujo de datos denominado G, que libera a los programadores de la rigidez de las arquitecturas basadas en texto. Es también, a decir de NI, el único sistema de programación gráfica que tiene un compilador que genera código optimizado, cuya velocidad de ejecución es comparable al lenguaje C. Los desarrollos construidos son plenamente compatibles con las normas VISA, GPIB, VXI y la alianza de sistemas VXI *Plug & Play*. Para facilitar aún más la operación de este producto se cuenta con la inclusión de una herramienta asistente capaz de detectar automáticamente cualquier instrumento conectado a la computadora, instalando los drivers apropiados y facilitando la comunicación con el instrumento al instante. Aunque en un principio fue creado para construir instrumentación virtual – osciloscopios, generadores de función, voltímetros, etcétera, gracias a la amplia disponibilidad de tarjetas de adquisición de datos y a la facilidad de construir aplicaciones en un ambiente gráfico, las últimas versiones se han utilizado ampliamente para desarrollar aplicaciones en el control de procesos. (Chacón et al., 2001)

PROVEEDOR: National Instruments.

Producto: Lookout 4.5.

Proporciona Control *ActiveX* para aplicaciones industriales, y los usuarios pueden aprovechar cualquier producto con control *ActiveX* disponible, ya sea de NI o de terceros para construir dichas aplicaciones. La más reciente versión del software HMI/SCADA orientado a objetos y de fácil uso es un contenedor *ActiveX* para integrar y controlar objetos y desarrollar las aplicaciones de manera sencilla y rápida. Otra muy importante

característica es su integración plena con las funciones de internet, como es la creación de reportes HTML, envío de correos electrónicos y exportar algunos procesos a través de la web para no solamente monitorear, sino controlar algunos procesos en forma remota.

PROVEEDOR: TA-Engineering Products.

Producto: Aimax.

Muy robusto y poderoso en la categoría de HMI, este software opera en la plataforma *Microsoft Windows* y es capaz de almacenar e integrar datos de múltiples fuentes gracias a la disponibilidad de interfaces para una amplia gama de, PLC's, controladores y dispositivos de entrada/salida. Provee diversas funciones, tales como adquisición de datos, alarmas, gráficas, archivos históricos, etcétera. Es muy fácil de configurar utilizando interfaces estándar de *Microsoft Windows* basadas en Win32 API y arquitectura de componentes (COM, MFC, OPC). Cuenta con una librería de cientos de símbolos pre - contruidos que facilitan la elaboración de gráficos dinámicos. Conserva compatibilidad plena con la mayoría de los fabricantes de PLC's (Allen-Bradley, Modicon y Siemens, entre otros) y cuenta con una base de datos relacional propietaria que le proporciona un desempeño mejorado y una gran flexibilidad para el manejo de los datos.

PROVEEDOR: Siemens.

Producto: Simatic WinCC HMI Ver. 5.0.

WinCC HMI, software de 32 bits integrado completamente con *Microsoft Windows NT*, combina las características estándar (gráficos, alarmas, administración de recetas, etcétera) con otras avanzadas (reportes, referencias entre proyectos, diagnóstico de proceso, soporte multilingüe y redundancia completa). Además, mejora su funcionalidad mediante la integración de bases de datos con MES/ERP, internet y tecnologías de cliente ligero. (Chacón et al., 2001)

1.4.1 Ejemplos de aplicación en la industria nacional y extranjera.

El empleo de los sistemas supervisores en la industria de bebidas es ampliamente difundido a nivel mundial, logrando un alto nivel de supervisión y control. Todo esto dado por la competencia en cuanto a calidad del producto, volumen de la producción y costo de la misma.

- Automatización de tres malterías de Cebadas y Maltas S.A. de CV, empresa de clase mundial perteneciente a Grupo Modelo México, se automatizó alrededor de 30 procesos

diferentes que componen el malteo, se logro optimizar los costos, aumentar el seguimiento de sus lotes y centralizar la operación, dando al departamento de producción una herramienta capaz de mantener el total control de sus procesos. La automatización consideró las tres malterías, cada una con capacidad de producción continua de lotes de alrededor de 330 toneladas cada uno, esto es alrededor de 400 toneladas diarias de malta de diferentes tipos para surtir a las cervecerías del grupo con la máxima calidad. Cada maltería se compone de tres procesos los cuales son Remojo, Germinación por partida doble y Secado, de tal manera que entre los tres se tienen alrededor de 900 puntos de control digital y 50 analógicos, dando un total del proyecto de 2700 puntos de control digital y 150 puntos de control analógicos, agrupados en alrededor de 600 dispositivos y 90 subprocesos de producción en total, así como 12 unidades para trabajo con lotes. La implementación se realizó con la versión seis de PCS7 y *Batch* (Lotes), poniendo de manifiesto de inmediato la alta integración de la solución y el trabajo en concierto de todas las partes, acordes al concepto TIA de Siemens. Asimismo, el sistema de visualización, basado en WinCC, permite una respuesta rápida ante alarmas y control directo de elementos de proceso en modo manual, así como una capacidad de visualización de proceso en tiempo real. (Siemens, 2004)

- Implementación de un sistema supervisor en el pasteurizador de la fábrica de cerveza de Manacas "Antonio Díaz Santana", donde es capaz de supervisar y controlar todo el proceso de la línea de pasteurizado. Este sistema tiene como objetivos tener una visualización del proceso de pasteurización así como controlar y manipular a través de este todas las variables existentes del proceso. En este caso la propuesta consistió en el uso de los software empleados en el desarrollo de sistemas supervisores y aplicaciones de control que son capaces de intercambiar datos con el proceso a través de la comunicación con PLC's, tarjetas de entrada/salida, entre otras. La implementación del supervisor permitió a los operadores de la planta a tener una clara idea de lo que está pasando dentro del proceso de pasteurización a través de la visualización de las variables más importantes, que a su vez pueden ser manipuladas por los operadores desde una PC en casos necesarios. La implementación del supervisor no sólo trajo mejores condiciones de trabajo, sino también aumentó en gran nivel el control, la automatización y de forma general, la productividad del proceso. (Ambrose, 2004)

- En la Ronera de San José, provincia de La Habana, dedicada a la producción de rones tintos de alta calidad se encuentra instalado un sistema supervisor en la línea de embotellado proporcionando un mayor control de la producción así como de la materia prima, facilitando el trabajo de los operarios, disminuyendo el índice de paradas y de fallas en la respectiva línea. (Ambrose, 2004)
- En la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena” donde se realiza este proyecto se encuentra en explotación un sistema supervisor con el software Movicon X2 en las áreas de calderas y destilación aumentando la producción y facilitando el trabajo de los operarios en el área industrial. Permitiendo que para la implementación de este trabajo ya los operarios tengan experiencia en el uso de supervisores con este software.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se desarrollará el objetivo fundamental del trabajo y se darán a conocer los pasos necesarios para la conformación del supervisor, las características técnicas y funcionales de las herramientas, software y dispositivos requeridos; tales como el PLC SYSMAC CPM2A de la corporación Omron y los software's Movicon X2, CX-Programmer 3.0 y el software para el servidor OPC nombrado KEPServerEX 4.0 de la empresa Kepware. Además de la conformación de todos los elementos indispensables para el funcionamiento del supervisor.

2.1 Características del Movicon X2.

Movicon X2 (Monitoreo, Visión y Control) ha permanecido durante más diez años en el desarrollo en tecnologías de software para automatización, es un producto de Progea, compañía italiana que ha producido productos software para la automatización industrial desde 1990. Manteniendo los conceptos de simplicidad, escalabilidad, potencia y funcionando como sistema abierto. En este software la automatización industrial de la compañía italiana renueva el concepto de supervisión anticipándose al futuro de la automatización con las tecnologías mas avanzadas. (Progea, 2006)

El mismo ha revolucionado el concepto de la supervisión industrial, introduciendo tecnologías extremadamente innovadoras y modernas para sistemas de automatización. Además de las herramientas para la rápida creación de aplicaciones de control y visualización también introduce las últimas tecnologías que permiten integrar fácilmente la aplicación con el resto del mundo. Ofrece la posibilidad de realizar potentes y compactos sistemas de visualización de Interfaz Hombre-Máquina. Gracias al mismo, el panel de

operador se convierte en una pequeña estación SCADA, conectividad con los sistemas superiores de información e incrementando la potencia de la máquina. (Progea, 2009b)

Movicon X2 es un software de desarrollo de sistemas SCADA, constituye una herramienta para las compañías que trabajan en el campo de la automatización, control de procesos y edificios inteligentes. Permite la adquisición de datos a través de su comunicación con el PLC, red y bus de campo, así como la configuración de herramientas y sensores. Los datos adquiridos se coleccionan dentro de una base de datos en tiempo real (RTDB) y luego están disponibles para todos los objetos y recursos para crear de forma animada, sinópticos, alarmas, recetas, gráficos y reportes. (Progea, 2009b)

2.1.1 Funcionalidad.

El Movicon X2 se basa en un ambiente formado por un editor de objetos, utilizando un conjunto de librerías gráficas se pueden implementar mímicos animados. En estas librerías de símbolos se puede encontrar todo tipo de objetos, desde flechas, tubos y tanques hasta sensores, máquinas, casas, vehículos entre muchos otros. Los mímicos también ofrecen una interfaz con *Basic Script VBA*, suministrando al programador con eventos, métodos y propiedades. En el Anexo III se muestra el ambiente de trabajo del Movicon X2. (Progea, 2009c)

Este software soporta dos tipos de elementos: símbolos y objetos. Los símbolos están organizados en librerías con clases que son expandibles. Los objetos son elementos vectoriales que tienen una función y pueden ser configurados con funciones de estilo y control. Además este presenta un componente que implementa la interfaz gráfica para el diálogo con el operador del sistema. Este componente, que es una caja de diálogo, se usa para poder manipular los puntos de ajuste, ajustar datos, selecciones y opciones. Ver Figura 2.1.

El editor de alarma permite al usuario identificar las anomalías y extraer algunas sugerencias. El *Historical Log* registra las alarmas y eventos del sistema, así mismo los tiempos que fueron activados, quienes lo atendieron y lo resetearon.

El *Data Logger* permite que datos de producción, variables de procesos continuos y valores que serán analizados, sean documentados y registrados por tiempo, evento o cambio de estado, dentro de la base de datos ODBC. También el *Data Logger* permite al usuario ver el

comportamiento gráfico de los datos (*Trends*) y los reportes del proceso que son fundamentales para el análisis de la productividad de la planta. (Progea, 2009a)

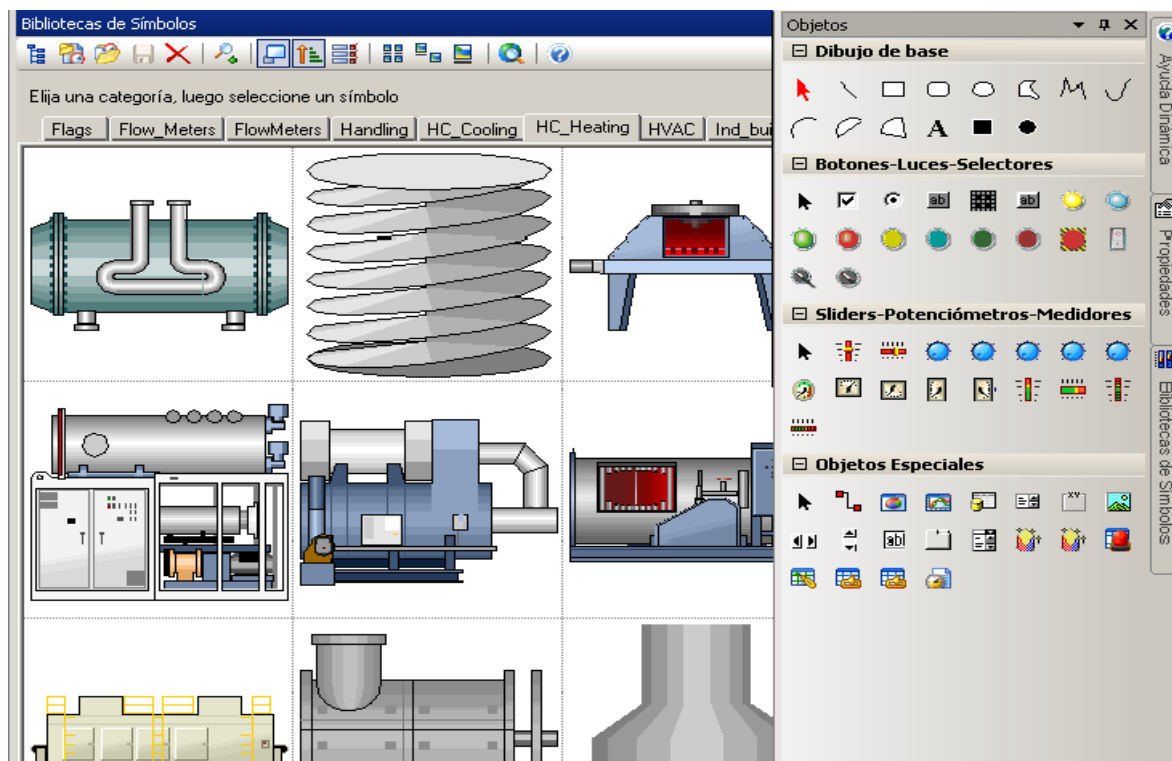


Figura 2.1. Algunos símbolos y objetos del Movicon X2.

Los indicadores que se utilizan en el mímico importan su valor desde la variable asignada al mismo. Si la variable es de entrada se muestra un valor de la estación a la que se está accediendo en ese proyecto. Dentro de estos indicadores están los led, relojes, barras indicadoras, cajas de diálogo entre otros.

Los datos de un proyecto hecho en Movicon X2 son llevados a una base de datos de variables (RTDB). La base de datos de la variable, puede ser importada o exportada a través de ODBC, colecciona todos los datos de los drivers y los distribuye a los recursos del proyecto. La base de datos de variables puede disparar de forma directa los controles o las alarmas. Esta base de datos permite la conexión a través de TCP/IP a estaciones remotas y se conecta dinámicamente a bases de datos externos a través de ODBC o están disponibles a otras aplicaciones gracias a la funcionalidad del servidor OPC integrado. (Vidal, 2002)

2.1.2 Características del Movicon X2.

- Sistema SCADA/HMI para Win32.
- Opera en sistemas operativos desde Win2000 hasta WinCE.

- Es un sistema Cliente/Servidor de 32 bit.
- Contiene una amplia biblioteca de símbolos y objetos gráficos.
- OPC Cliente y Servidor.
- OPC *Data Access*.
- OPC Alarma y Eventos.
- Programación en *Basic Script* que es 100% compatible con VBA y multihilo.
- Contiene editores de menú y cajas de diálogo.
- Tiene un administrador de alarmas.
- Soporte de tecnología *ActiveX*.
- Soporte de OLE2, ODBC, DDE, DAO/ADO, SQL y OPC.
- Red de Cliente/Servidor de TCP/IP.
- Objetos PID integrados.
- Gráficos Integrados y hoja de trabajo.
- Un depurador (*debugger*) integrado.
- Administración de estadísticas de evento o producción.
- Posibilidad de usar lenguaje de PLC en las lógicas que él dispone.
- Conjunto de protocolos para el intercambio de datos en tiempo real.

La tecnología de este software no se degrada en funcionamiento cuando se aumenta el número de variables, porque ellas se conectan directamente sin que se acceda a la base de datos durante el tiempo de corrida. Así se pueden implementar proyectos de gran cantidad de datos sin que se afecte la eficiencia y funcionamiento del programa. Algunas variables en el software pueden considerar retentiva para mantener su estado, aún cuando la PC ha sido apagada. Además la creación de variables es relativamente fácil pues mediante la selección de algunas de las opciones brindadas se puede conformar una variable de salida, entrada, interna o *flag* (bandera) y pueden ser de tipo *bit*, *byte*, *word*, *double word*, *float*, *double* y *array*. Siendo el modo de comunicación estándar OPC. Movicon X2 fue una de las primeras aplicaciones SCADA que implementó el uso de OPC integrado. (Progea, 2006)

2.1.3 Configuración.

Movicon X2 se basa en la tecnología más actualizada de *Microsoft*. La plataforma fue llevada para el sistema operativo Windows en 1992. Es una aplicación confiable, natural de 32-bits, con configuración *Client/Server*, reescrita para *Windows 98*, *Windows NT* y el sistema operativo Windows 2000. Una versión escrita para el *Windows CE 3.0*, permite su uso en las aplicaciones basadas en el interfaz del operador. Movicon© fue diseñada específicamente para hacer sus tareas de programación y para trabajar más rápido y más fácil. Los problemas típicos encontrados durante la fase de desarrollo de las aplicaciones de automatización se solucionan y se integran completamente dentro del ambiente de Movicon X2. La tecnología de programación con objetos permite una generación rápida de soluciones avanzadas para la supervisión y el control, logrando una conectividad inmediata con los dispositivos de dotación física (PLC's, redes, Fieldbus, reguladores, entrada-salida alejada, instrumentación, etc.). (Progea, 2009a)

2.1.4 Ventajas y desventajas que ofrece el Movicon X2.

❖ Ventajas

- **Sistema abierto:** Permite integrar el mismo proyecto en diferentes terminales de hardware. El mismo software puede permanecer a pesar de que el panel de operador varíe, permitiendo escoger el producto que mejor se adapte a sus necesidades.
- Movicon X2 se diseña como sistema abierto que utiliza completamente los estándares de *Microsoft*: *ActiveX* permite insertar objetos de terceros, ODBC se utiliza para la gerencia de la base de datos, VBA permite programar en el lenguaje *visual basic*, OPC para la conectividad, permite importar y exportar los datos o los símbolos, Windows API garantiza la extensión de sistema a través de las DLL.
- **Flexibilidad:** Puede integrar la información de la máquina con la planta o con un sistema de nivel superior de la fábrica. Movicon X2 garantiza la flexibilidad máxima para las necesidades futuras del mercado, utilizando la plataforma del dígito binario de los Windows 32.
- **Potente:** Incrementa la calidad gráfica de la interfaz hombre-máquina ya que el Movicon X2 puede considerarse un pequeño SCADA con el potencial integrado de una plataforma del mismo tipo pero de alto nivel.

- **Reducción de costos:** Movicon X2 hace posible usar un solo software de supervisión (SCADA) tanto para PC como para paneles táctiles (HMI), con considerables ahorros en términos de aprendizaje, formación del personal y de mantenimiento. Gracias a su estructura abierta, se puede también recortar gastos en los equipos escogiendo aquel que mejor encaje en las necesidades, desde un pequeño panel táctil hasta una potente PC (*Workstation*). Este software es una herramienta profesional que brinda altas prestaciones y posibilidades de trabajo y no sólo en el entorno industrial.

❖ **Desventajas**

- **Instalación:** Su instalación se obtiene bastante fácil pero sólo en modo de evaluación y no permite uso prolongado.
- **Funcionamiento:** Para su funcionamiento en aplicaciones prácticas es necesario comprar una licencia de aplicación y una de corrida o de *Run-Time*. (Progea, 2009b)

2.2 ¿Que es KEPServerEX 4.0?

A continuación se muestra la definición básica y las características del software a utilizar en la aplicación OPC, necesario para la comunicación entre el PLC y el sistema supervisor. KEPServerEx 4.0 de Kepware's es la última generación tecnológica en lo que a software de conectividad OPC se refiere. Fue diseñado para permitir una rápida configuración en la comunicación con los sistemas de control a través de una larga lista de drivers de dispositivos disponibles. Con más de 80 drivers descargables que soportan cientos de modelos. El KEPServerEX 4.0 también provee una interfaz amigable al usuario para que se sienta a gusto cada vez que use el programa sin importar el driver a utilizar. Puede además agregar distintos dispositivos utilizando múltiples drivers con este software, sin tener así que gastar tiempo aprendiendo sobre nuevos protocolos de comunicación o el uso de nuevas aplicaciones. Ver Figura 2.2. (Kepware Technologies, 2008)

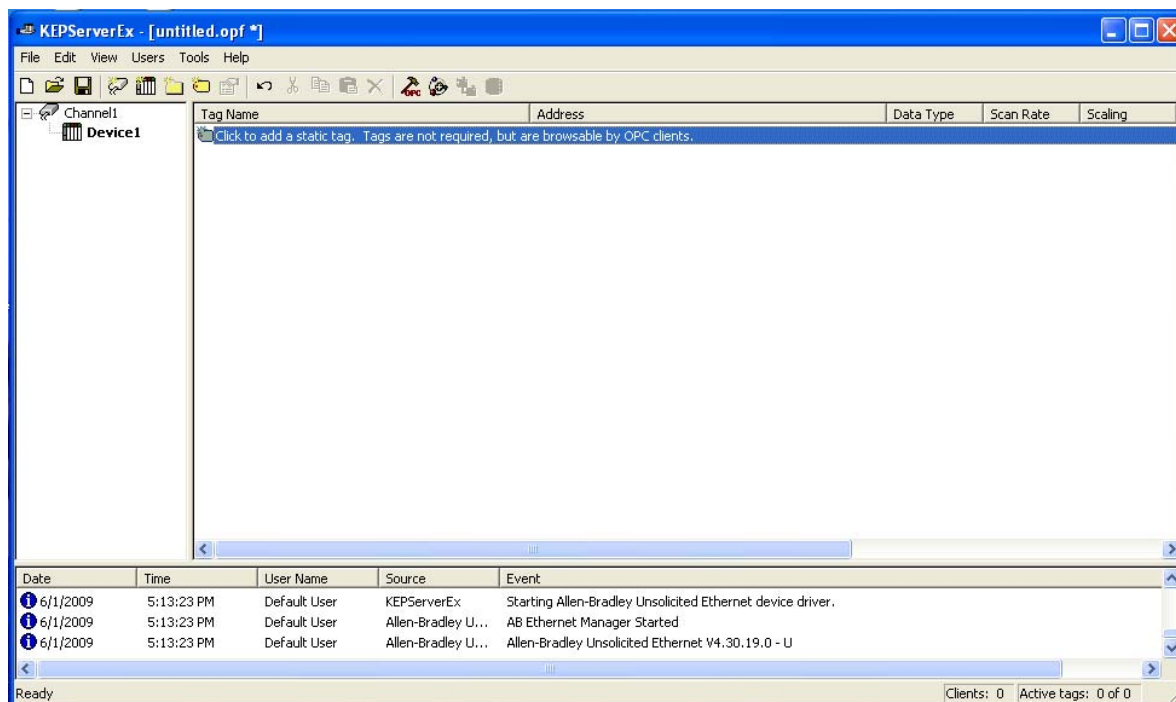


Figura 2.2. Interfaz de Trabajo del KEPServerEX 4.0.

2.1.1 Características del KEPServerEX 4.0.

❖ Servidor OPC de altas prestaciones.

KEPServerEX 4.0 es un servidor OPC de última generación desarrollado por KEPware Inc. Partiendo de la base del KEPServerEX original, KEPServerEx 4.0 ha incorporado muchas de las características que los clientes reclamaban. Paralelamente a las mejoras sugeridas por los clientes, se han venido sucediendo importantes cambios tecnológicos. Todo ello ha desembocado en la necesidad de proporcionar un servidor OPC que cumpliera con los requisitos exigidos. Muchas de las mejoras introducidas son transparentes al usuario, pero se hallan un importante número de nuevas características que pueden ser apreciadas directamente por el usuario. (Disinel, 2009)

❖ Conexión con aplicaciones.

KEPServerEx 4.0 proporciona el mayor rango de conexión posible con el mayor número de servidores existentes en el mercado. Este servidor OPC soporta las siguientes tecnologías cliente/servidor:

- OPC *Data Access* V1.0a.
- OPC *Data Access* V2.0.
- DDE *Format CF_Text*.
- DDE *Format XL_Table*.
- DDE *Format Advanced DDE*®.

OPC es una especificación de la *OPC Foundation*, basada en la tecnología de COM de Microsoft®. Los servidores OPC también pueden intercambiar datos con aplicaciones remotas mediante DCOM. A su vez todos los formatos DDE soportados por KEPServerEx 4.0 pueden ser accedidos remotamente mediante NetDDE. KEPServerEx 4.0 ha sido diseñado para soportar ambos métodos de acceso remoto a los datos.

❖ **Conexión con dispositivos.**

KEPServerEx 4.0 es un caso único por su interés en proporcionar conectividad OPC con el mayor número de dispositivos. En la mayoría de los casos los servidores OPC han sido desarrollados como simples programas que sólo pueden manejar un único tipo de dispositivo o protocolo cada vez. El resultado de esto es que son necesarios múltiples servidores OPC para manejar distintos tipos de dispositivos o protocolos. Este servidor OPC ha sido implementado en dos componentes diferenciados. El componente servidor aloja toda la interfaz con el usuario y la tecnología OPC. Los *drivers* de dispositivos específicos se instalarán sobre este componente servidor. Además permite, de este modo utilizar múltiples *drivers* de comunicación de modo concurrente.

❖ **Escalado de los datos.**

KEPServerEx 4.0 soporta el escalado directo de los datos que provienen del dispositivo. Esto permite que los datos del dispositivo sean convertidos a las unidades de ingeniería requeridas por las aplicaciones OPC clientes. Para ello proporciona una serie de características que facilitan la labor de escalado en nuestra aplicación. (Disinel, 2009)

❖ **Todo el tiempo on-line.**

En el instante que se activa el KEPServerEx 4.0 se pone "*on-line*" todo el tiempo. Para adquirir datos desde un PLC o dispositivo, deberemos configurar en el servidor un canal y un dispositivo, y debe haber una aplicación cliente que demande estos datos. El modo de operación todo el tiempo "*on-line*" permite que un proyecto del KEPServerEX 4.0 pueda ser modificado mientras el servidor continúa suministrando datos a las aplicaciones clientes. Casi todos los parámetros pueden ser modificados mientras el servidor está funcionando. También se pueden incluir nuevos *Tags* al servidor sin necesidad de cerrar las aplicaciones cliente. Cuando se añade un nuevo *Tag* al servidor estará inmediatamente disponible para cualquier cliente OPC.

❖ **Gestión de usuarios.**

Con el modo de operación todo el tiempo "*on-line*", gestionar qué es lo que los usuarios pueden hacer en su aplicación OPC se hace muy necesario. Este software integra un completo gestor de usuarios para controlar el nivel de funcionalidad que podrá ser asignado a cada usuario. El Administrador se encargará de añadir los distintos usuarios y de limitar sus derechos de acceso al servidor. (Disinel, 2009)

❖ **Requerimientos.**

- **Hardware:** PC compatible Pentium 400MHz con 64 MB de RAM y 10 MB de espacio libre en disco duro (HD).
- **Software:** Microsoft® Windows 95/98/NT 4.0/2000. Se recomienda utilizar NT 4.0/2000.

2.2 **CX-Programmer 3.0.**

Para agregar el código de programa necesario en la obtención de las variables más importantes que serán visualizadas en el sistema supervisor. Se utilizó el software de programación de PLC CX-Programmer 3.0

2.2.1 Características del CX-Programmer 3.0.

CX-Programmer 3.0 es el software de programación para todas las series de PLC de Omron, está totalmente integrado en el conjunto de programas CX-One. Mejorando con ello el concepto de “único software”, con el que evita la introducción innecesaria de información por duplicado y proporciona un entorno integrado en el que se puede manejar todo el sistema de automatización desde el PLC, dispositivos HMI, redes de comunicación, equipos de *drives* y *motion*, controladores de temperatura, etc.

La tercera versión de CX-One incorpora soporte para el lenguaje IEC61131-3 SFC y mejora el soporte para ST (texto estructurado). El lenguaje de programación SFT proporciona un entorno gráfico con una inmejorable presentación de todo el proceso de tal manera que se puede observar el flujo del mismo con muchísima claridad. Este entorno es realmente útil para controlar secuencias como arranque y parada de procesos por lotes. Las acciones y transiciones desarrolladas para una función específica se pueden reutilizar tantas veces como sea necesario incluso en otros proyectos.

El lenguaje ST, ya presente en los bloques de función (*Function Blocks*), está especialmente indicado para desarrollar complejos cálculos aritméticos y lógicos que en lenguaje *Ladder* costarían muchas más líneas de lo habitual. También es de mucha utilidad cuando se convierten programas de otros fabricantes, simplemente se copian se pegan y se recopilan. CX-One v 3.0 se encuentra disponible en dos versiones. Una completa (*Full*) con soporte para todos los dispositivos, y una nueva versión reducida (*Lite*) diseñada especialmente para los sistemas más pequeños, como por ejemplo la nueva serie de PLC's CP1L. De esta manera, incluso los dispositivos compactos de Omron usan la misma tecnología y entorno de desarrollo integrado haciendo posible el concepto de “*One Software*” para programar el PLC, diseñar sistema HMI y parametrizar *Drives*. (Industrial, 2008)

Con CX-Programmer versión 3.0 el usuario dispone de un entorno eficaz de configuración, desarrollo y depuración de aplicaciones, todo ello integrado en una interfaz visual de fácil manejo. Ver Figura 2.3. Las principales novedades que incorpora esta versión están orientadas a la optimización de tiempo en la fase de desarrollo y depuración, lo que

repercute de una forma directa en dos beneficios a la hora del desarrollo de proyectos de automatización industrial:

- Reducción de costes en la fase de desarrollo y depuración.
- Mejora de calidad en aplicaciones finales.

La funcionalidad que incorpora esta versión se define por:

- Mayor facilidad en la inserción de instrucciones.
 - Nuevos diálogos con más información.
 - Herramientas de *zoom*.
 - Visor de memoria libre en el autómatas programable durante el desarrollo de la aplicación.
 - Aviso inmediato de duplicidad de salidas.
 - Borrado de símbolos sin utilizar para liberar memoria.
 - Direcciones de memoria unificadas para toda la gama de autómatas programables.
- Además, esta funcionalidad ha sido desarrollada bajo un nuevo código optimizado (máxima velocidad de ejecución, mínimo consumo de recursos) y soporte para toda la gama de autómatas Omron (incluidas las series CJ1M y CS1H). (Barmex, 2009)

- Pantalla: resolución mínima de 800x600 píxeles. (Industrial, 2008)

2.3 PLC SYSMAC CPM2A.

2.3.1 Características y funciones básicas del CPM2A.

Los PLC's SYSMAC CPM2A incorporan una variedad de características en una unidad compacta que incluye control sincronizado de pulsos, entradas de interrupción, salidas de pulsos, selecciones analógicas y una función de reloj. Además la CPU CPM2A es una unidad compacta que puede gestionar un amplio rango de aplicaciones de control de máquina, lo que la hace ideal para ser integrada en la propia máquina como unidad de control. El CPM2A dispone de funciones de comunicación con ordenadores personales, otros PLC's y terminales programables Omron. Estas capacidades de comunicación permiten al usuario diseñar sistemas de producción distribuidos de bajo costo.

2.3.2 CPU.

La CPU contiene 30 puntos de E/S y se pueden añadir unidades de expansión de E/S hasta obtener un total de 120 puntos de E/S. También se pueden conectar unidades de E/S analógicas y unidades I/O *Link* de CompoBus/S. Existen tres tipos de salidas disponibles (salidas relé, salidas a transistor NPN y salidas a transistor PNP) y dos tipos de fuentes de alimentación (100/240 V.C.A ó 24 V.C.C.). En este caso la CPU presenta las características que se presentan en la Tabla 2.1. (OMRON, 2004)

Tabla 2.1. CPU con 30 puntos de E/S.

| Número de puntos E/S | Fuente de Alimentación. | Entradas | Salidas | Modelos |
|---|-------------------------|----------|---------|---------------|
| 30 puntos de E/S (18 entradas y 12 salidas) | 100 a 240 VCA. | 24 VCC. | Relé | CPM2A-30CDR-A |

El rango de entrada analógica se puede fijar de 0 a 10Vc.c., de 5 V.C.C., ó 4 a 20 mA con una resolución de 1/256. (La función de detección de circuito abierto se puede utilizar con las selecciones de 1 a 5 V C.C. y de 4 a 20 mA).(Coca, 2007)

El rango de salida analógica se puede establecer a 0 a 10 V C.C., -10 a 10 VC.C., ó 4 a 20 mA con una resolución de 1/256. (OMRON, 2004)

2.4 Desarrollo del SCADA para la máquina etiquetadora.

Como primer paso se estudió el proceso productivo, el funcionamiento y las características del Movicon X2. Se realizaron visitas a la ronera para conocer las dificultades que afrontaban. Se tomaron fotos de la máquina etiquetadora y de la línea de embotellado en general, para que al realizar la interfaz gráfica (HMI) esta se asemejara lo más posible y así los operarios se adaptarán al sistema con mayor facilidad. Fue presentado por parte de la empresa un bosquejo de las necesidades de los operarios y técnicos en la línea de embotellado. A raíz de esto se analizaron cuáles eran las variables de mayor importancia a supervisar y controlar en la línea de embotellado principalmente en la máquina etiquetadora.

2.4.1 Implementación del sistema SCADA en Movicon X2.

Para la implementación del sistema supervisor se debe tener instalado el Movicon X2 con la respectiva licencia de desarrollo que provee Progea, a través de CubaMovicon comercializado por Copextel. Se creó un nuevo proyecto especificando nombre, tipo de plataforma (Win32), la base de datos (Ms Access), tamaño de las pantallas, cantidad de sinópticos a crear y las plantillas de alarmas tanto analógicas como digitales entre otros. El entorno de trabajo del Movicon X2 puede ser visto en el Anexo IV.

2.4.2 Variables.

Apoyándonos en estudios anteriores sobre el mapeado de memoria del PLC que interviene en el proceso, se facilitó la comprensión y análisis del programa del PLC. Utilizando esto se identificaron las variables más importantes e insertaron en el proyecto SCADA en la sección *Real Time DB, Lista de Variables*. Especificando nombre, tipo de variable (*bit, word, float, dword, byte*), entrada y/o salida, dirección de la misma; habilitando propiedades como comunicación OPC, escalado, entre otras. Se insertaron en el SCADA un total de 51 variables entre las existentes en el programa del autómatas y las que agregaron en los cambios realizados. Ver Figura 2.4.

Algunas de las variables más importantes son:

- Entrada de botella a la etiquetadora.

- Estado, fin de bobina, fin de acumulación de etiquetas de las máquinas alimentadoras de collarín, etiquetas, contraetiquetas necesarias para el trabajo continuo de la etiquetadora.
- Señales de los contadores para el conteo de las botellas y de los juegos de etiquetas (collarín, etiqueta, contraetiqueta, sello de calidad).

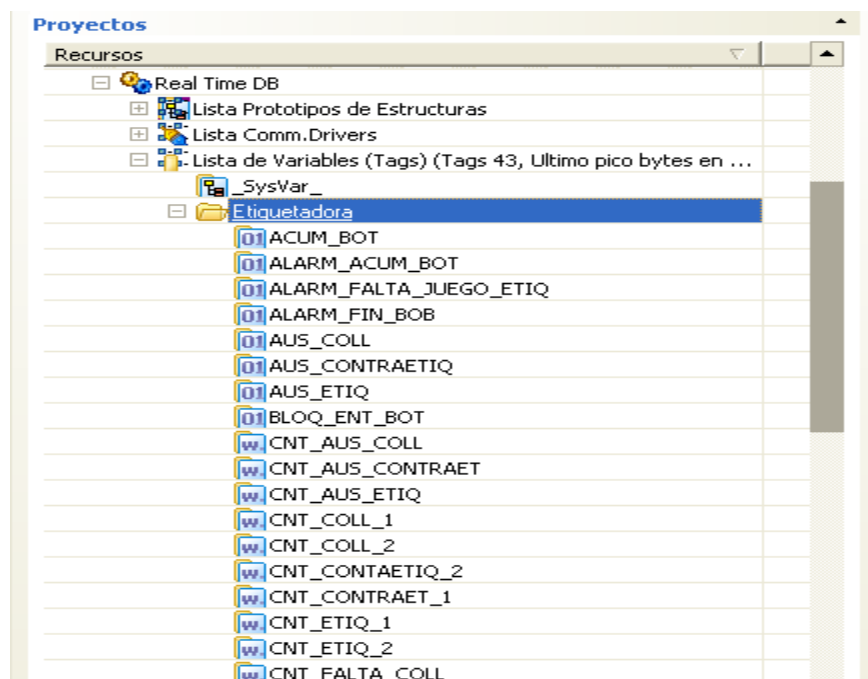


Figura 2.4. Algunas variables de la etiquetadora.

2.4.3 Alarmas.

Para las alarmas se analizaron todas las situaciones de peligro y emergencia en la etiquetadora y las máquinas alimentadoras del juego de etiquetas. Se crearon dos carpetas de alarmas, una relacionada con el autómata y la otra relacionada con la etiquetadora específicamente. A partir de esto las situaciones de emergencia se añadieron en la Lista de Alarmas, agregando en las propiedades aspectos como nombre, área de trabajo (en este caso PLC CPM2A o etiquetadora), variable asociada, se agregó un umbral de alarma para cada situación y la acción a ejecutar en caso de activarse la misma (acceder a pantalla de alarmas). Se crearon un total de 14 situaciones de alarma o emergencia vinculadas con la etiquetadora y el autómata. Ver figura 2.5.

Algunos ejemplos de las situaciones de emergencia que se tomaron son:

- Falta de algún componente del juego de etiquetas a la salida de la etiquetadora.
- Parada de la máquina por múltiples causa.
- Fin de bobina de etiquetas en las máquinas de alimentación de etiquetas.
- Fallo de la comunicación entre el PLC y el SCADA.
- Error de ejecución de instrucción.

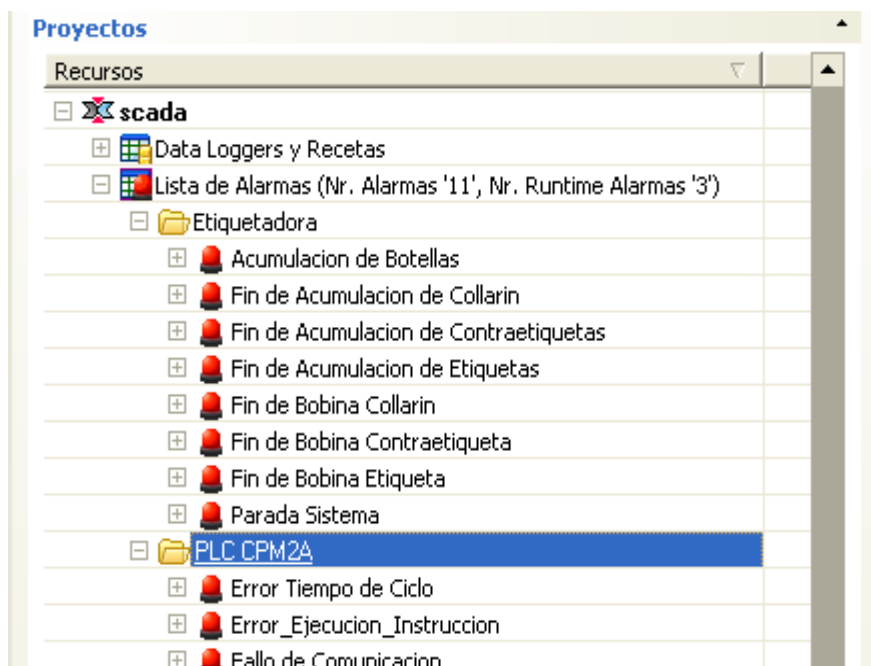


Figura 2.5. Alarmas y situaciones de emergencia.

2.4.4 Sinópticos.

Seguidamente en la carpeta dedicada a los recursos se creó una carpeta para las pantallas de la etiquetadora. Se crearon los sinópticos necesarios para cada parte del proceso (etiquetadora, máquinas alimentadoras de etiquetas, alarmas, reportes, control de la materia prima y la producción) presentes en el supervisor. Con la utilización de las librerías de símbolos y los objetos que dispone el Movicon X2, se insertaron figuras y objetos a las diferentes pantallas que representarían las partes del proceso de etiquetado tratando que su apariencia fuera lo mas real posible. Algunos de los objetos y símbolos utilizados fueron: cuadros, botones de emergencia, zonas calientes (*hot region*), indicadores lumínicos, casillas de edición, esteras transportadoras, motores, ventanas de gráficos y alarmas predefinidas en los objetos especiales del Movicon X2; además fue necesaria la

modificación de algunos de estos símbolos para satisfacer las exigencias de la interfaz. Ver Figura 2.6.

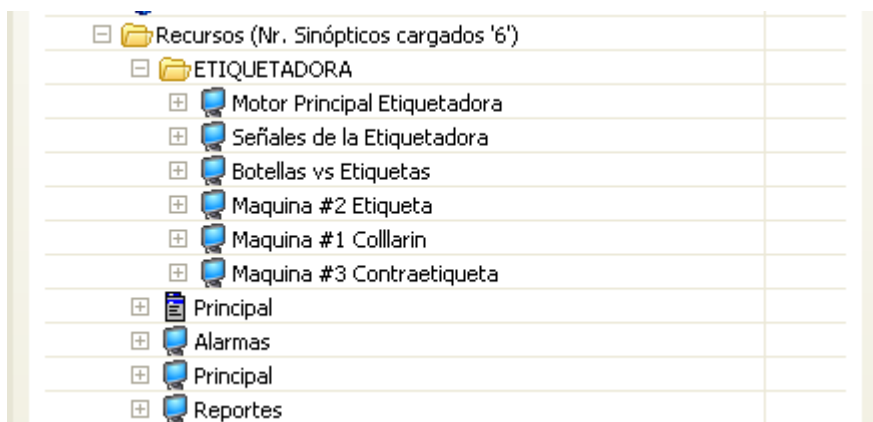


Figura 2.6. Sinópticos del SCADA.

2.4.5 Menús.

Para mayor destreza a la hora de trabajar con la aplicación se crearon menús para cada sinóptico, así como algunos del sistema para el manejo de los diferentes usuarios (*login*, *logoff*, nuevo usuario) y la opción de salir de la aplicación permitiendo un trabajo más sencillo y con mayor transparencia, alcanzando un buen desempeño del operario con el supervisor. Todo esto se realizó añadiendo los llamados *Item Menu* e *Item Popup* para conformar la barra de menús que se visualizará en el SCADA. Ver Figura 2.7.

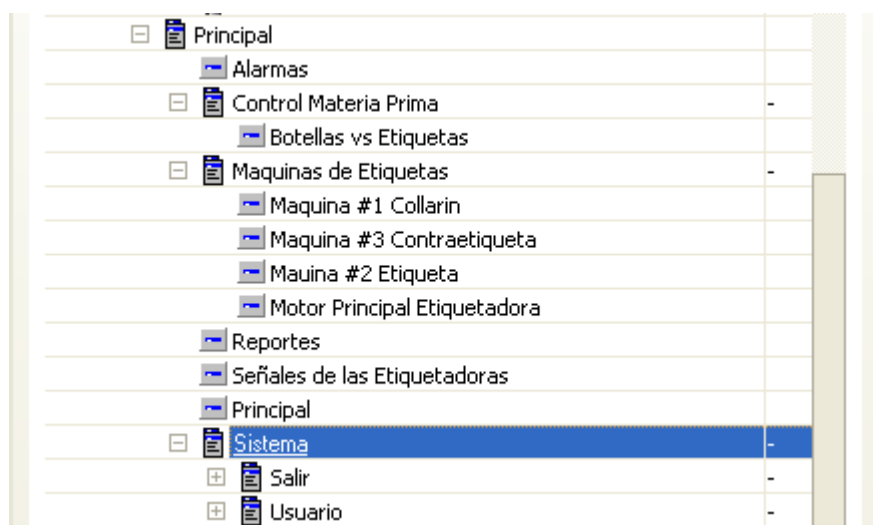


Figura 2.7. Menús del supervisor.

2.4.6 Data Loggers.

Los *data loggers* son los encargados de guardar la información generada por las variables en las bases de datos, destinadas a graficar en reportes durante el funcionamiento de la etiquetadora o para un posterior análisis. Como variables a visualizar en los reportes para la supervisión de la producción y de la materia prima se tomaron, cantidad de botellas producidas, tiempo perdido, número de etiquetas y botellas en la merma por defectos entre otros. Se especificó el tiempo máximo de los datos, hora de generación del reporte, edad de los reportes entre otros.

2.4.7 Escalado.

Escalado se refiere a variables medidas en el proceso que no se encuentran en el rango deseado por el operador o que no se encuentran expresadas en unidades de ingeniería. Esta propiedad del Movicon X2 perteneciente a “Lista de Objetos Escalizadores” permite realizar operaciones aritméticas con las señales obtenidas en la máquina etiquetadora. Al tener que utilizar dos contadores para las botellas de entrada y el conteo de botellas con collarín, etiqueta, contratiqueta; se realizaron operaciones matemáticas con las variables hasta obtener las unidades deseadas principalmente en un solo contador. Ver Figura 2.8.

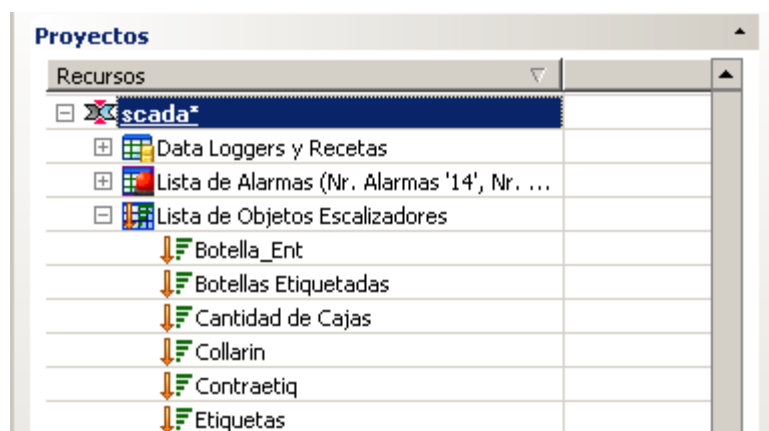


Figura 2.8. Escalizadores.

2.5 Aplicación OPC.

Para la comunicación del SCADA con el PLC se utilizó el software KEPServerEX 4.0. Durante el desarrollo de la aplicación OPC se creó un nuevo canal de comunicación, especificando nombre (Etiquetadora), tipo de *driver* de comunicación que utiliza (*Omron*

Host Link), número del puerto serie a utilizar, *baud rate* (9600), bits de datos (7), bits de parada (2), control de flujo (*none*) y otras como el ciclo útil. Se creó un nuevo dispositivo nombrado CPM2A con modelo abierto y un tiempo de respuesta de 1000 ms. Se necesitó del mapa de memoria del PLC para conocer varios parámetros de las variables como la dirección, el tipo de variable (*bit*, *byte*, *word*, etc.), lectura/escritura que estas ocupaban dentro del controlador. Se procedió a introducir las variables de mayor importancia en la aplicación OPC. Ver figura 2.9.

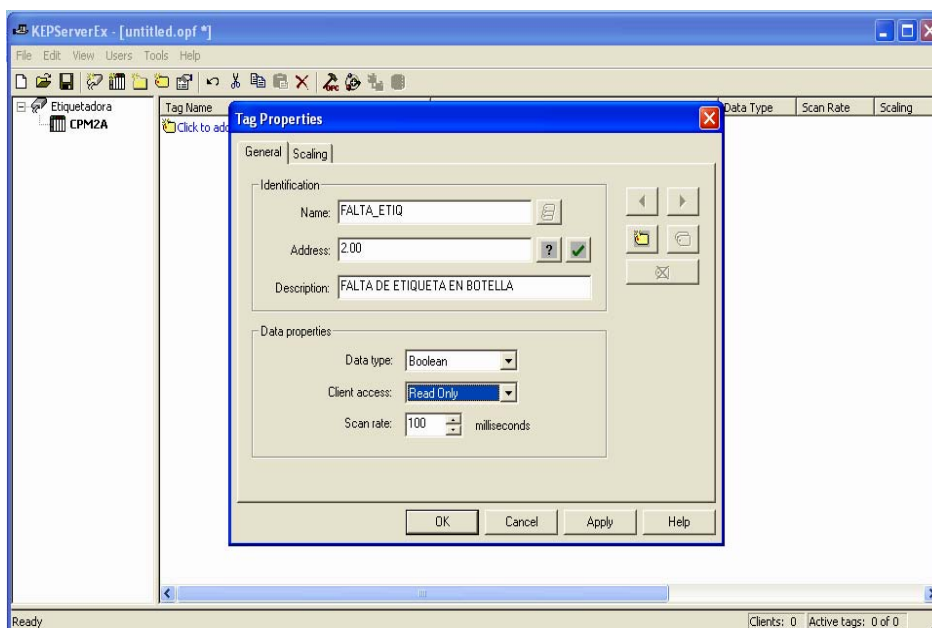


Figura 2.9. Creación de *Tags* en el servidor OPC.

2.6 Código de programa añadido al PLC.

Después de estudiar el funcionamiento del programa actual y revisar las entradas y salidas disponibles en el PLC, se analizaron las variantes de programación para solucionar las necesidades de la línea de producción, en específico la etiquetadora y que proporcionará al controlador un mejor desempeño en cuanto a su funcionamiento. El código a adicionar en el programa actual del PLC se centró en las señales de los contadores de botellas tanto a la entrada como a la salida de la etiquetadora, las máquinas de alimentación de etiquetas (fin de bobina, estado, acumulación de etiquetas), acumulación de botellas a la salida de la etiquetadora, entre otras.

Entradas y salidas físicas disponibles en el PLC:

Entradas: IR 0.05, 0.07, 0.09, 0.10, 1.00, 1.02, 1.04, 1.05.

Salidas: IR 10.01, 10.02, 10.03, 10.04, 10.05, 11.00, 11.01, 11.02, 11.03.

Para ello se insertaron contactos NA/NC, bobinas NA/NC e instrucciones en el programa actual del CPM2A. Insertando dirección o valor, comentario, encabezado de línea para la orientación del técnico encargado del mantenimiento del PLC. Seguidamente algunas instrucciones utilizadas en la modificación del programa. Ver figura 2.10 y 2.11.

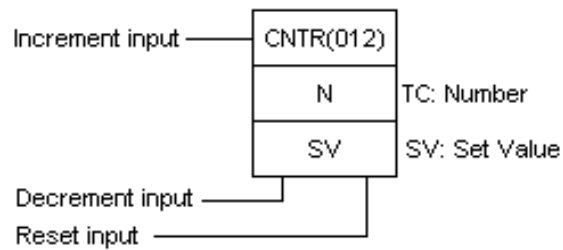


Figura 2.10. Contador reversible.

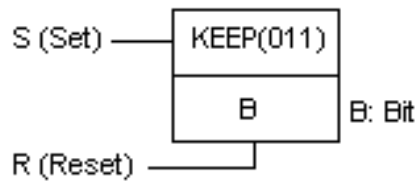


Figura 2.11. Relé de enclavamiento.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo en este trabajo. Realizando énfasis en el cumplimiento de los principales objetivos, el SCADA, la aplicación OPC para la comunicación y las acciones a realizar en los segmentos de código añadidos al programa que garanticen la obtención de las principales variables. Una breve explicación del funcionamiento del supervisor. Como epígrafe final un análisis económico con relación al proyecto.

3.1 SCADA para la máquina etiquetadora.

El SCADA para la máquina etiquetadora de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena” consta de nueve pantallas. Dentro de las cuáles se encuentra la pantalla principal, Ver Figura 3.1, desde donde el operario supervisará de manera general el proceso de etiquetado. Este sinóptico muestra la máquina etiquetadora, las tres máquinas alimentadoras del juego de etiquetas (collarín, etiquetas, contraetiquetas) con sus motores, dos casillas de edición con la hora (en modo solo lectura) y fecha (asociadas a variables del sistema), las esteras transportadoras, un símbolo destinado a alertar al trabajador que existe un fallo en la comunicación y el botón de emergencia, con el cuál se manda a detener el sistema de forma inmediata ante cualquier situación que el operador considere anormal. Al mismo tiempo un grupo de indicadores lumínicos y cuadros de texto para las señales de la máquina, mostrando fin de bobinas, acumulación de botellas, fin de reserva del juego de etiquetas, velocidad de la máquina etiquetadora, falta de algún componente del juego de etiquetas, fallo en la comunicación y bloqueo de entrada de botellas. Cada motor presenta una “zona caliente” para que el operario pueda acceder de manera rápida a la pantalla de dicho motor y operar sobre él.

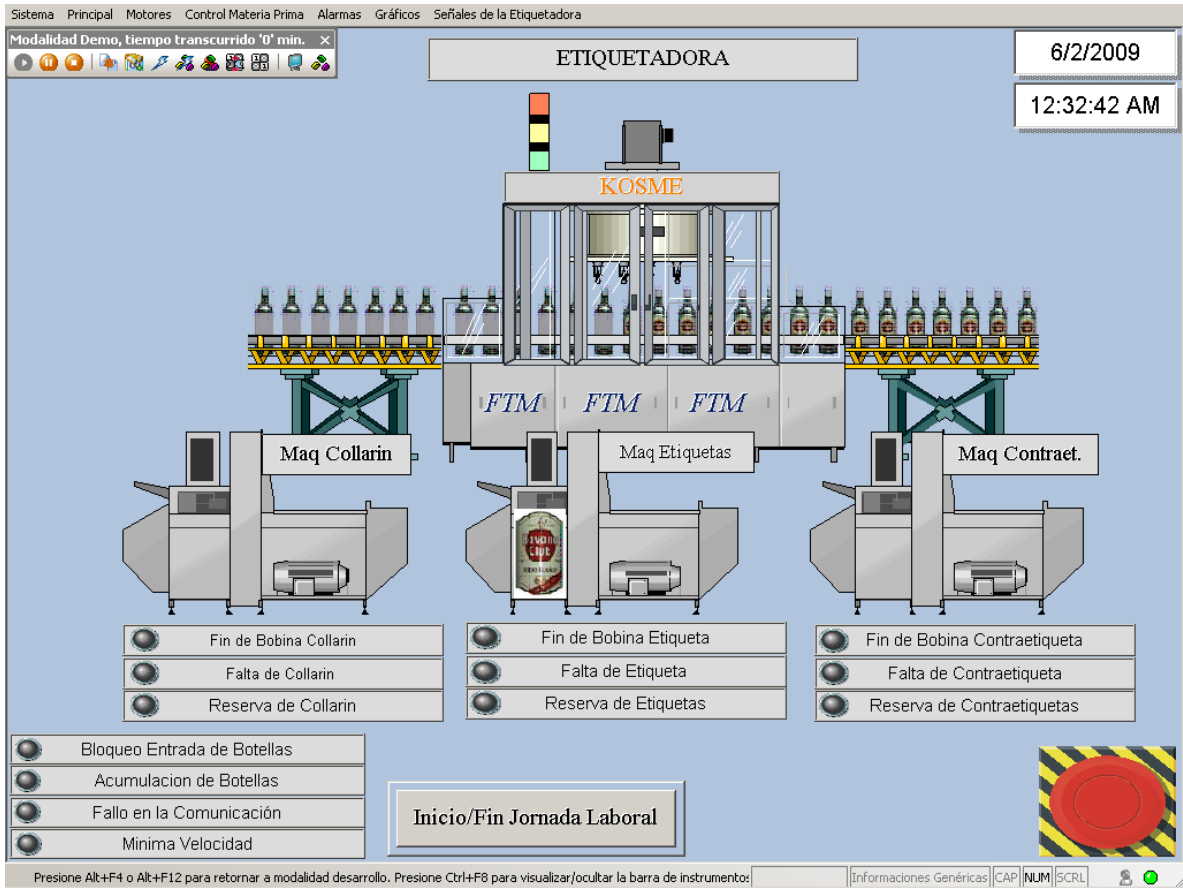


Figura 3.1 Pantalla principal de la etiquetadora.

3.1.1 Menús.

En la parte superior se encuentra la barra de menús asociados a cada pantalla del sistema supervisor, para viabilizar el desempeño del operario con el SCADA. Desde estos menús se pueden acceder a cada sinóptico de forma rápida, clara y concisa permitiendo una mayor velocidad de respuesta del encargado en la supervisión del proceso. También presenta unos menús relacionados con el sistema, es decir se encarga de la gestión de usuarios (*login*, *logout*, nuevo usuario) así como la opción de salir de la HMI en el momento que sea necesario. Ver Figura 3.2.

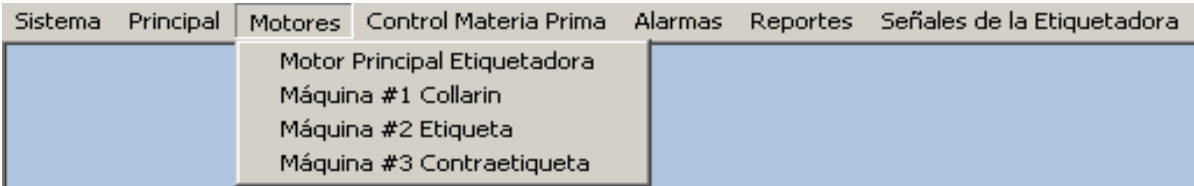


Figura 3.2. Barra de menús.

3.1.2 Pantalla de control de la materia prima.

Esta pantalla nos da el índice de botellas de entrada contra juego de etiquetas. Es decir muestra el control de la producción (botellas etiquetadas, cantidad de cajas) con respecto a materia prima (collarín, etiquetas, contraetiquetas). En este sinóptico se muestran los respectivos contadores de botellas a la entrada, el número de botellas etiquetadas correctamente así como incorrectamente, representados por casillas de edición. Los botones de reset para poner en cero los contadores antes mencionados. Además se muestra una casilla de edición para representar el tiempo perdido y un pulsador de reset (tiempo sin trabajar la máquina). Ver Figura 3.3.

Figura 3.3 Pantalla de control de la materia prima y de la producción.

3.1.3 Pantallas de las máquinas alimentadoras de etiquetas.

Para cada máquina alimentadora de etiquetas existe una pantalla mucho más pequeña en tamaño que el resto. Estas están destinadas a visualizar señales específicas como el estado de la máquina, fin de bobina y fin de acumulación de etiquetas. El estado se muestra mediante un motor animado (verde: trabajando, gris: detenido) y el resto de las señales mediante indicadores lumínicos de color amarillo. Estas señales se pueden acceder

mediante las zonas calientes ubicadas encima de los motores o a través de la barra de menús. Estas tres máquinas se asemejan casi en su totalidad, excepto en el tipo de componente del juego de etiquetas que proveen a la etiquetadora ya sea collarín, etiquetas o contraetiquetas. Ver Figura 3.4.



Figura 3.4. Pantalla de la máquina alimentadora de collarín.

3.1.4 Pantalla de alarmas.

Esta pantalla fue tomada de los objetos especiales que ofrece el software. En él serán visualizadas todas las situaciones de alarmas y de emergencia que pueda presentar el proceso de etiquetado durante su funcionamiento. Esta pantalla cuenta con facilidades para la descripción de la alarma, tiempo ON (hora de activación), duración, prioridad y condición, permitiendo al operario identificar y tomar las medidas necesarias para la eliminación de la situación de emergencia. En la parte inferior de la ventana se sitúan botones para el reconocimiento, reset, habilitación de sonido y la ayuda para que una vez vistas las situaciones de emergencia el trabajador tome las decisiones correspondientes. Ver Figura 3.5.

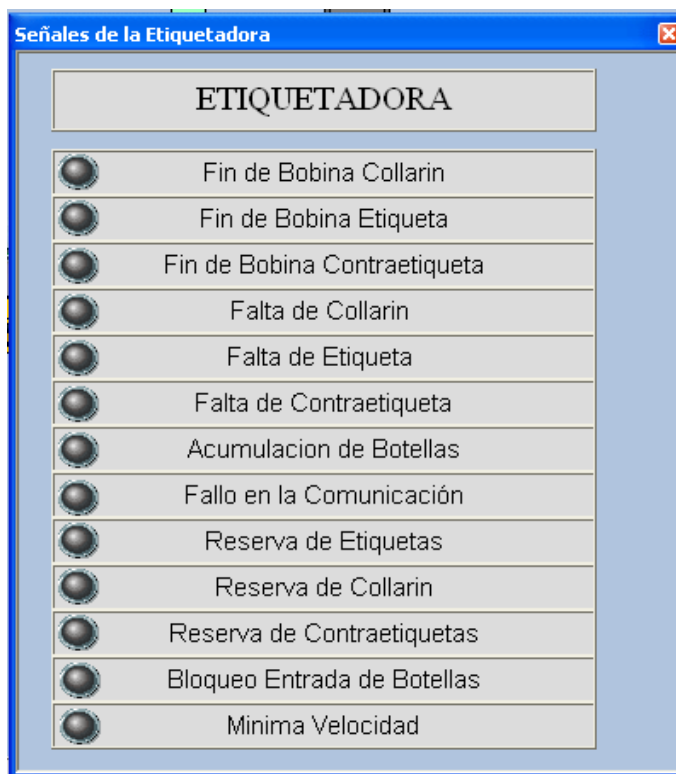


Figura 3.6. Pantalla señales de la etiquetadora.

3.1.6 Pantalla de gráficos.

Este sinóptico fue tomado de los objetos especiales que nos brinda el Movicon X2 llamado “Trends”. Da la posibilidad de graficar reportes históricos como producción, tiempo perdido, merma de materia prima (botellas, juego de etiquetas etc.) previamente definidos en los *data loggers*. Además presenta en la parte inferior botones que facilitan la revisión y análisis de los datos históricos (valores máximos y mínimos) así como la impresión de estos.

Se llevaron a cabo pruebas de comunicación entre el PLC y la aplicación OPC en la ronera obteniendo resultados satisfactorios. Se prevé la instalación y pruebas para la puesta en marcha del SCADA en la línea de embotellado.

3.2 Código de añadido al programa del PLC.

En el momento de agregar códigos de programa al PLC se utilizaron líneas de código simples, de fácil comprensión, disminuyendo el tiempo de ejecución del programa. Para la obtención de las variables más importantes que serían visualizadas en el SCADA. Se llegó

a una modificación confiable y segura del programa del SYSMAC CPM2A que permitió la obtención de las señales de mayor importancia del proceso de etiquetado. El programa con los cambios insertados se introdujo en la CPU del autómatas y se puso en funcionamiento verificando que los segmentos añadidos trabajaban correctamente y que cumplía con las exigencias de la empresa, destinadas a supervisar y controlar la máquina en cuestión. El código añadido al PLC esta dado por las entradas y salidas que se muestran a continuación en la Tabla 3.1. El código añadido consta de 19 líneas de programa que puede ser consultado en el Anexo I. En el Anexo II se muestra una tabla con los principales objetivos del código de programa añadido y la acción a realizar en el programa.

Tabla 3.1. Variables añadidas al programa.

| Variable Añadida | Dirección | Entrada/Salida |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| Fin de Acumulación de Collarín | IR 1.05 | Entrada |
| Fin de Acumulación de Etiquetas | IR 0.05 | Entrada |
| Fin de Acumulación Contraetiquetas | IR 0.07 | Entrada |
| Fin Bobina de Collarín | IR 0.09 | Entrada |
| Fin Bobina de Etiquetas | IR 0.10 | Entrada |
| Fin Bobina de Contraetiquetas | IR 1.00 | Entrada |
| Estado Máquina Collarín | IR 1.02 | Entrada |
| Estado Máquina Etiquetas | IR 1.03 | Entrada |
| Estado Máquina Contraetiquetas | IR 1.04 | Entrada |
| Velocidad Etiquetadora | IR 10.01 | Salida |
| Alarma Fin de Bobina | IR 10.02 | Salida |
| Emergencia | IR 10.03 | Salida |
| Pulsador de Emergencia | IR 30.00 | Entrada (interna) |
| Pulsador Inicio/Fin Jornada Laboral | IR 35.00 | Entrada (interna) |

3.3 Aplicación OPC para la comunicación entre el SCADA y el PLC.

La aplicación desarrollada en el software KEPServerEX 4.0 facilitó la comunicación entre las diferentes máquinas del proceso de embotellado, logrando esto con total transparencia para el SCADA y el usuario, siendo el sistema supervisor un cliente OPC de la aplicación implementada. En visitas efectuadas a la ronera se realizaron pruebas de comunicación con el autómatas de la etiquetadora comprobando que todas las variables del programa se comunicaban de manera satisfactoria con la aplicación OPC. Esto se verificó mediante la opción de cliente OPC que presenta el software. La aplicación consta de 52 *tags* donde se reflejan las variables relacionadas con el proceso de etiquetado. Esto permite mejorar la

gestión tanto empresarial como operativa del proceso de embotellado en general. Ver Figura 3.7.

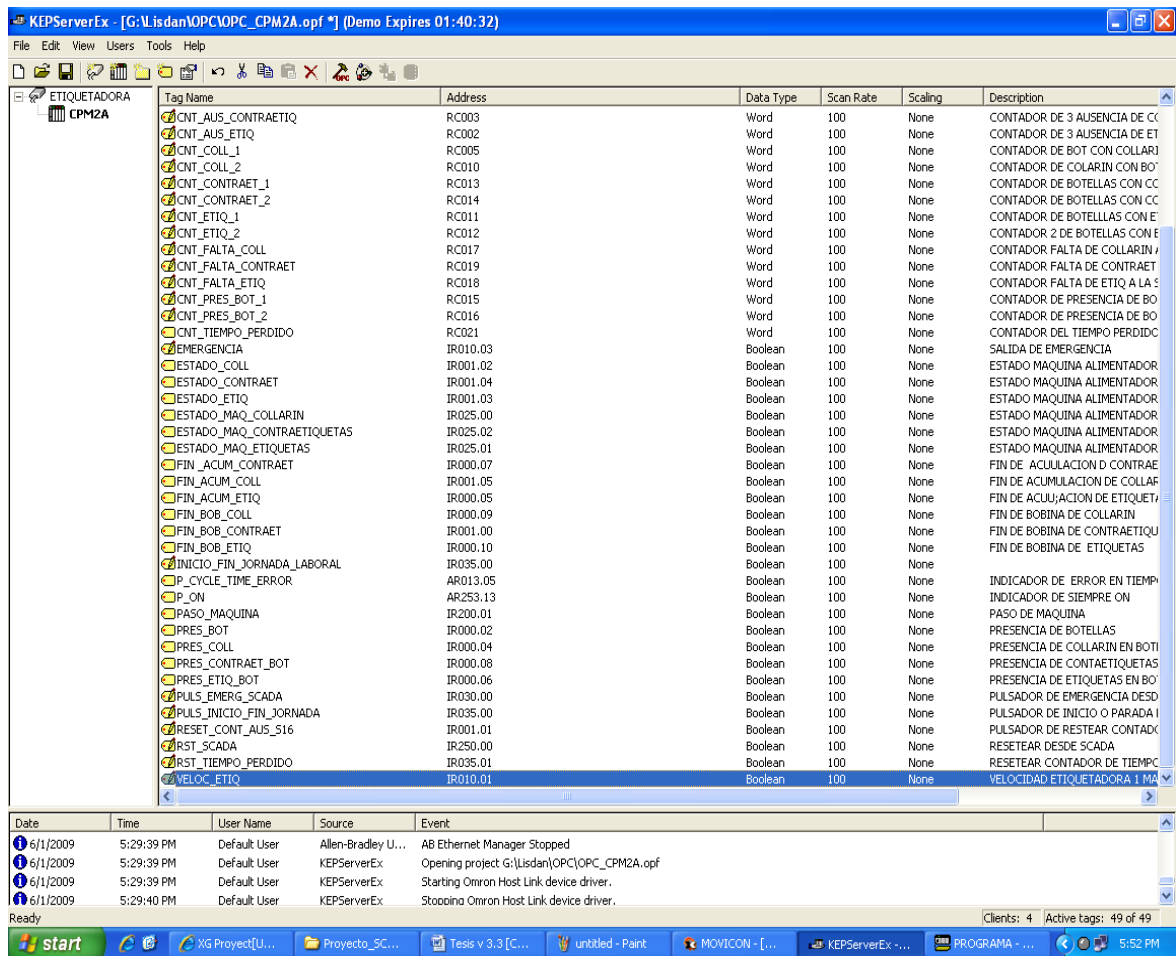


Figura 3.7 Aplicación OPC.

3.4 Análisis Económico.

Un aspecto fundamental en el momento de realizar este proyecto es el análisis económico. En el mismo se tienen en cuenta los gastos por compra de productos, servicios prestados por Copextel y de manera general la relación costo - beneficio de la implementación del sistema supervisor.

Para la ejecución del proyecto fue necesaria la compra de los siguientes productos que pueden ser vistos en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Relación productos – costos.

| Descripción del equipamiento | Precio CUC | Cantidad | Total CUC |
|--|------------|----------|-----------|
| Convertidor RS-232/RS-485 epc-402 c/adaptador 12 V 500 mA | 61.02 | 1 | 61.02 |
| Movicon X2, licencia I/O ilimitada. | 2994.06 | 1 | 2994.06 |
| Movicon X2, llave de prog. USB | 88.98 | 1 | 88.98 |
| PC DELL VostroDC E2160, 2GB, 160GB. | 859.84 | 1 | 859.84 |
| Sensor fotoeléctrico, retroreflectivo, distancia de sensado 4 m, | 159 | 6 | 954 |
| Materiales y accesorios de Montaje e Instalación | 975 | 1 | 975 |
| Fuente de alimentación. 24 VDC/2,5 A | 48.24 | 1 | 48.24 |
| Var. Frec. 5,5 kW 380-460v, 3F, IS5 | 508.8 | 2 | 1017.6 |
| CABLE S-VIDEO A RCA | 6.31 | 1 | 6.31 |
| Var. Frec. 2.2 kW 380-460 V, 3F, IS5 | 396.17 | 1 | 396.17 |
| Motor 3.7kW 3-PHASE 380-460V, SENSORLESS VECTOR CONTROL, OPTIONAL DIGITAL KEYPAD | 786.07 | 1 | 786.07 |
| COMMUNICATION INTERFACE FOR STARVERT IS5 SERIES | 156.25 | 1 | 156.25 |
| IS5 REMOTE CABLE 10METER | 28.2 | 1 | 28.2 |
| DIGITAL KEYPAD | 112.6 | 1 | 112.6 |
| Total CUC | | | 8484.34 |

También en cuanto a los servicios prestados por Copextel presentes en la inversión inicial realizada por la ronera. Ver Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Relación servicios - costos.

| Descripción del servicio. | Precio CUC | Cantidad | Total CUC |
|---|------------|----------|-----------|
| Sistema cont. aut. nivel comp. alto (prog. Autómata). | 14127.58 | 1 | 14127.58 |
| Fabricación Panel Control nivel complejidad bajo- medio. | 192.34 | 1 | 192.34 |
| Ingeniería. | 1000.00 | 1 | 1000.00 |
| Instalación alta complejidad. | 4431.49 | 1 | 4431.49 |
| Total CUC | | | 19751.41 |

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, la inversión inicial del proyecto quedaría de la siguiente forma:

Inversión inicial del proyecto (CUC) = Productos + Servicios

$$= 8484.34 + 19751.41$$

$$= 28235.75 \text{ CUC}$$

En cuanto a los beneficios con la implementación y puesta en marcha se encuentran la reducción del tiempo perdido por cuestiones de cambio de bobinas de etiquetas y detección temprana de fallas y averías para agilizar las tareas de mantenimiento, con esto se pretende disminuir el tiempo perdido de dos horas a 45 min. Obteniendo un aumento de la producción de 2100 cajas/jornada laboral (ocho horas) a 3000 cajas/jornada laboral siendo el precio de comercialización de 12 CUC/caja. Este ahorro de tiempo con el respectivo aumento de la producción brindaría una ganancia de 900 cajas por 12 CUC que equivaldría a 10800 CUC por jornada laboral. Equivalente a una ganancia de 129600 CUC al año.

A continuación se realizó un análisis por un período de cinco años de los flujos de fondo estimados por período. La Tabla 3.3 muestra algunos datos los cuales representan lo siguiente:

Tabla 3.4 Flujos de fondo estimados por período (beneficios y costos por períodos)

| Año | Costos | Costos acumulados | Beneficios | Beneficios acumulados | Flujos de caja | Flujo acumulado |
|-----|------------|-------------------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| 0 | 1950315.75 | 1950315.75 | 0 | 0 | -1950316 | -1950315.8 |
| 1 | 1822080 | 3772395.75 | 3110400 | 3110400 | 1288320 | -661995.75 |
| 2 | 1922080 | 5694475.75 | 3110400 | 6220800 | 1188320 | 526324.25 |
| 3 | 1982080 | 7676555.75 | 2310400 | 8531200 | 328320 | 854644.25 |
| 4 | 1622080 | 9298635.75 | 2610400 | 11141600 | 988320 | 1842964.25 |
| 5 | 1992080 | 11290715.75 | 3110400 | 14252000 | 1118320 | 2961284.25 |
| | | VAN | 1,653,694 \$ | | TIR | 45 % |

- **Costos:** Inversión inicial del proyecto, servicio post-venta costo de producción.
- **Costos acumulados:** Costo más costo acumulado.
- **Beneficios:** Están estimados de manera tal que se evite la pérdida del producto final debido a desperfectos técnicos, errores humanos o ilegalidades. Teniendo en cuenta el costo de producción de una botella lista para la comercialización y la recuperación de 900 cajas diarias (una caja contiene 12 botellas).

- **Beneficios acumulados:** Beneficios más beneficios acumulados.
- **Flujos de caja:** Beneficios menos costos.
- **Flujo acumulado:** Beneficios acumulados menos costos acumulados.
- **VAN:** Devuelve el valor neto presente en una inversión a partir de una tasa de descuento fija (10%) en un período y una serie de pagos futuros. Función financiera calculada en el Excel.
- **TIR:** Devuelve la tasa interna de retorno de una inversión para una serie de valores en efectivo. Función financiera calculada en el Excel.

Para que una inversión sea rentable el VAN debe ser mayor que cero y el TIR por encima de 10 %. Como demuestran los cálculos anteriores la inversión es rentable para la empresa. Luego, graficando los costos acumulados contra los beneficios acumulados se obtiene el gráfico de retorno de la inversión, el cual se muestra en la Figura 3.8.

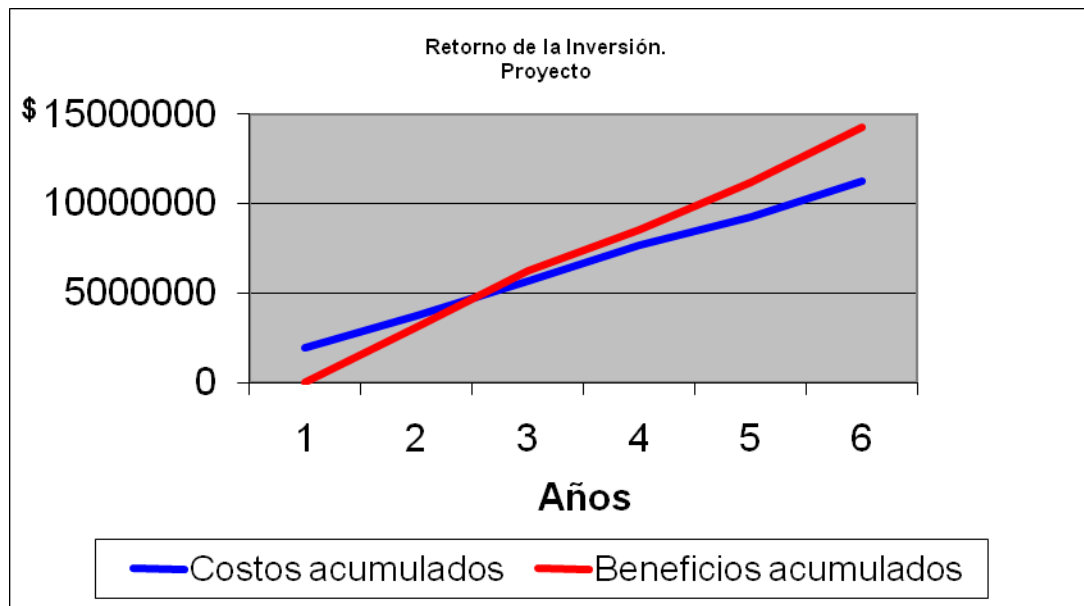


Figura 3.8. Retorno de la inversión.

Además se halló el período de recuperación de la inversión (PRI) permitiendo hallar el tiempo de amortización del proyecto.

$$PRI = N-1 + \text{abs}(FAN-1 / FN)$$

$$PRI = 2 - 1 + \text{abs}(-661995.75-1/1188320.00)$$

$PRI = 1.6$ años

N: Año en que el flujo acumulado cambia de signo.

FAN-1: Flujo de efectivo acumulado en el año previo a “N”.

FN: Flujo neto de efectivo en el año N.

Este análisis se realizó sin incluir los gastos por indicadores energéticos, combustible y salario. Fue realizado con valores aproximados puesto que según la empresa esta información financiera es clasificada. A pesar de todo esto el proyecto se amortiza a mediano plazo, entonces es factible la implementación del SCADA en la ronera.

3.5 Conclusiones del capítulo.

- Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos planteados.
- A través del análisis económico se puede observar que la inversión se amortigua a mediano plazo.
- Este trabajo queda a la altura de otros supervisores pues cumple con los requisitos necesarios.
- Los resultados alcanzados pudieran extenderse aunque estos compensan las necesidades de la planta de embotellado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

1. Se desarrolló el SCADA para la máquina etiquetadora de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”.
2. La aplicación OPC desarrollada cumple con las especificaciones para la comunicación del SCADA con el PLC.
3. Los segmentos de programa añadidos permiten el correcto funcionamiento del sistema supervisor así como de la recopilación de las variables necesarias para el control y supervisión del proceso.
4. Se incrementó el nivel de información, control y supervisión de la producción así como de la materia prima.

Recomendaciones.

1. Instalar el SCADA en el menor tiempo posible en la ronera.
2. Extender las aplicaciones SCADA a otras ramas de la economía.
3. Introducir en trabajos futuros a la máquina empacadora + conformadora (recién llegada) en el SCADA.
4. Se propone para trabajos futuros la exportación de la aplicación SCADA a un servidor web para facilitar la gestión operativa y empresarial.
5. En un futuro realizar reportes con el software especializado Crystal Report.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSE, A. G. (2004) **Sistema de supervisión y control del pasteurizador en la cervecería “Antonio Díaz Santana”**. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
- AUTÓMATAS (2006a). **OPC OLE for Process Control**. [Internet]. Disponible en: <http://www.automatas.org/opc.htm>. Consultado: 12/03/09 2009
- AUTÓMATAS (2006b). **Sistemas SCADA**. [Internet]. Disponible en: <http://www.automatas.org/Scada.htm>. Consultado: 20/03/09 2009
- BAILEY, D. & WRIGHT, E. (2006). **SCADA for Industry**. [Internet]. Disponible en: <http://scada.atspace.com/>. Consultado: 18/03/09 2009
- BARMEX (2009). **Software de programación de autómatas**. Mecalux, Logismartket, El Directorio Industrial, México [Internet]. Disponible en: <http://www.logismarket.com.mx/barmex/software-de-programacion-de-automatas/1370469589-1248294553-p.html>. Consultado: 16/03/09 2009
- CASTELLANOS, E. I. (2008) **Sistemas de Automatización**, Santa Clara, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. [en línea]. Disponible Consultado: 15/04/09
- CHACÓN, D., DIJORT, O. & CASTRILLO, J. (2001) Supervisión y Control de Procesos. [Internet] (EUPVG-UPC).35. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/ocw/diposit/material/23654/23654.pdf>. [Consultado: 20/04/09]
- COCA, L. V. (2007) **Identificación y Representación de las Principales Variables de la Etiquetadora KOSME de la Ronera Central “Agustín Rodríguez Mena”**. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas
- DÍAZ, H. M. (2009) SISTEMAS SCADA. [Internet] 11. Disponible en: <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>. [Consultado: 11/03/09]
- DISINEL (2009). **KEPServerEX 4.0 Servidor OPC de altas prestaciones**. Diseño Industrial Electrónico, [Internet]. Disponible en: http://www.disinel.com/Disinel%20Web/INFILINK/KEPServerEx_00.htm. Consultado:12/02/09 2009
- GORENBERG, A. (2005) Algunas respuestas sobre redes Ethernet en Automatización. *Revista Electroindustria*. Chile, Product Manager Automatización A&D de Siemens Chile. .

- INC., M. (2009).**Servidores OPC.** [Internet]. Disponible en: <http://www.matrikonopc.es/opc-servidor/>. Consultado: 15/03/09 2009
- INDUSTRIAL, P. D. A. (2008).**CX-ONE v 3.0., Mejora el concepto "Un Software para toda su Máquina"** [Internet]. Disponible en: http://www.infoplc.net/NOTICIAS/noticia_146.htm. Consultado
- JANUS (2006).**SCADA.** Janus, Experto en Productos Dedicados [Internet]. Disponible en: http://www.ejanus.com.ar/software_jako_scada.php. Consultado: 20/03/09 2009
- KEPWARE TECHNOLOGIES, I. (2008).**KEPServerEX - Maximize the Promise of OPC with a single OPC server interface for multiple protocols.** [Internet]. Disponible en: http://www.kepware.com/Products/kepserverex_features.html. Consultado: 12/03/09 2009
- LINARES, M. G. O. (2009) Sistemas SCADA. [Internet] 9. Disponible en: http://www.esi2.us.es/~mortega/clases/1ioi_api/documentos/Tema_11/Tema_11.pdf
- LOZANO, C. D. C. & MORALES, C. R. (2009) Introducción a SCADA. [Internet] 30. Disponible en: <http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf> [Consultado: 15/04/09]
- MONTERO, D., BARRANTES, D. B. & QUIRÓS, J. M. (2004) Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA). [Internet] (IE-431).47. Disponible en: http://www.infoplc.net/Documentacion/Docu_SCADA/infopLC_net_Introduccion_Sistemas_SCADA.pdf. [Consultado: 20/04/09]
- N.C.S. (2004) Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems. En: SYSTEM, O. O. T. M. N. C. (Ed.). P.O. Box 4052 Arlington, VA 22204-4052, Communication Technologies, Inc.
- OMRON (2004).**"SYSMAC CPM1A/CPM2A/CPM2C Programming Manual."**[Internet]. Disponible en: <http://downloadcentre.omron-industrial.com/dlc3/files/IAB/Products/Automation%20Systems/Programmable%20Logic%20Controllers/Compact%20PLC%20Series/CPM1A/W353/W353-E1-05.pdf>. Consultado: 12/03/09 2009
- OPC, F. (2003) OPC Data Access Specification [Internet] Versión 3.0 Disponible en: [Consultado: 12/02/09]
- PROGEA (2006).**"Visualization and Control for Embedded System Based on Windows CE."** Progea Corp., [Internet]. Disponible en: http://www.movicon.info/docum/SPA/MoviconX1CE_ESP.pdf. Consultado: 12/03/09 2009
- PROGEA (2009a).**Movicon SCADA/HMI Software Supervision, Control, And Data Acquisition.** Progea Corp., [Internet]. Disponible en: <http://www.valwind.com/moviconspagnolo.htm>. Consultado: 18/03/09 2009
- PROGEA (2009b).**Movicon X2 "Extend your Power"** Progea Corp., [Internet]. Disponible en:

http://www.automationwarehouse.com.au/movicon/moviconx_tech.html.

Consultado: 20/04/09 2009

PROGEA (2009c) Productos Online. [Internet] 2009 (10/03/09).6. Disponible en:
<http://www.movicon.info/docum/SPA/company%20profile%20spa.pdf>.

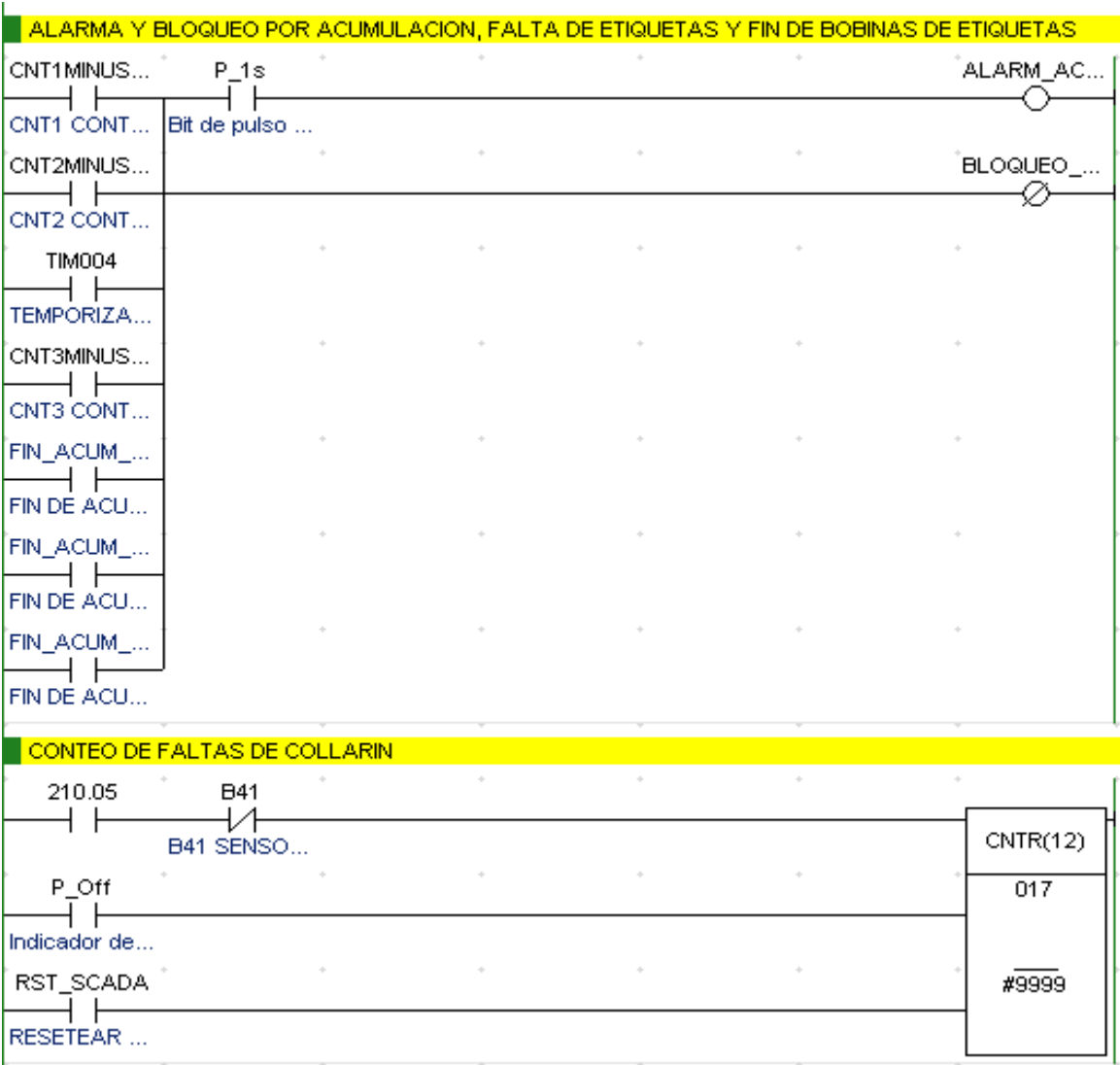
SIEMENS (2004) Productos, Sistemas, Soluciones para Totally Integrated Automation.
Advance Latinoamericana. Argentina, Siemens AG Automation & Drives Group
(A&D) Nürnberg Moorenbrunn Alemania.

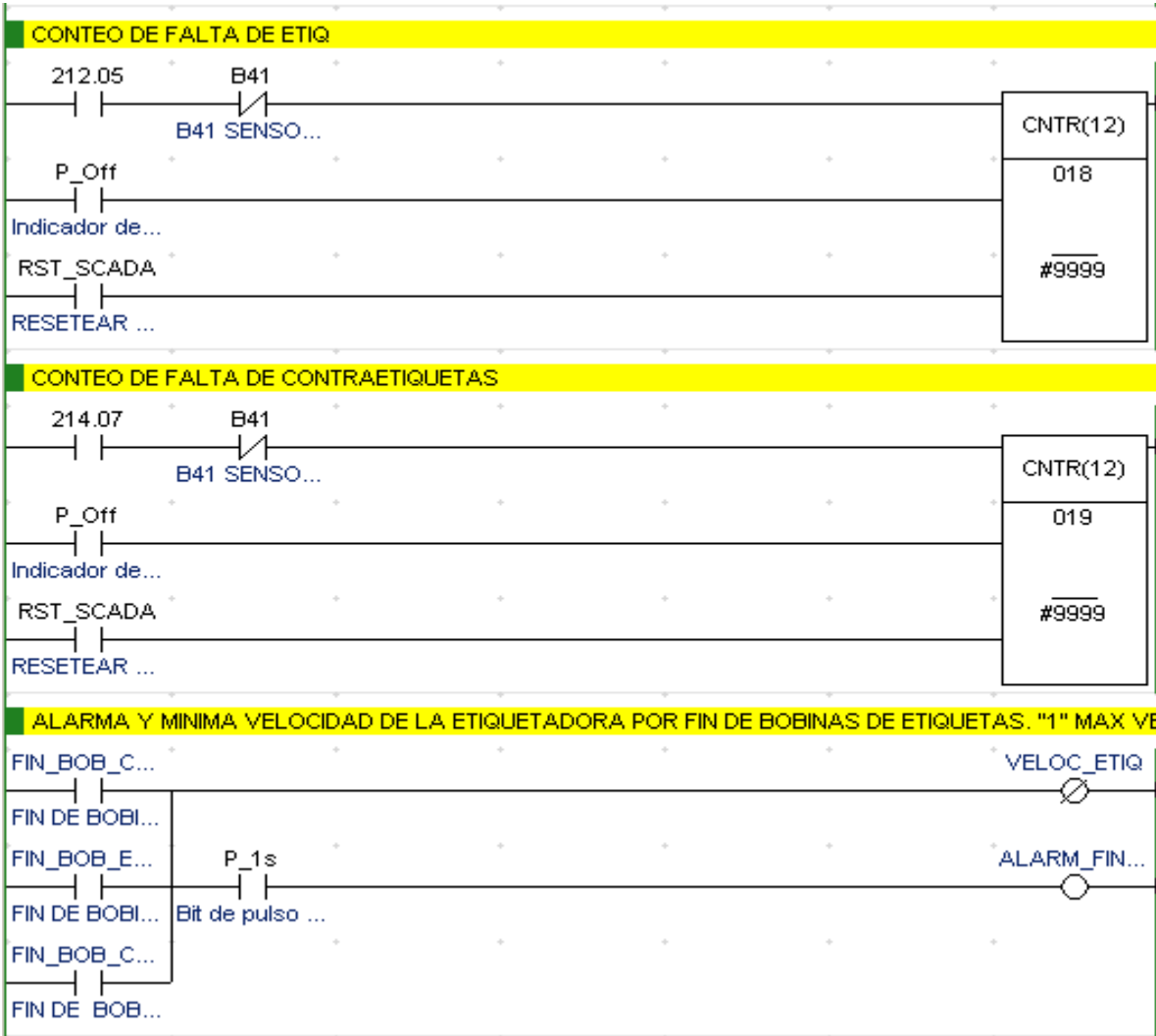
VIDAL, P. (2002) "OPC: Un estándar en las redes industriales y buses de campo."
[Internet] Disponible en:
<http://www.senacitel.cl/downloads/senacitel2002/te001.pdf>. [Consultado: 14/03/09]

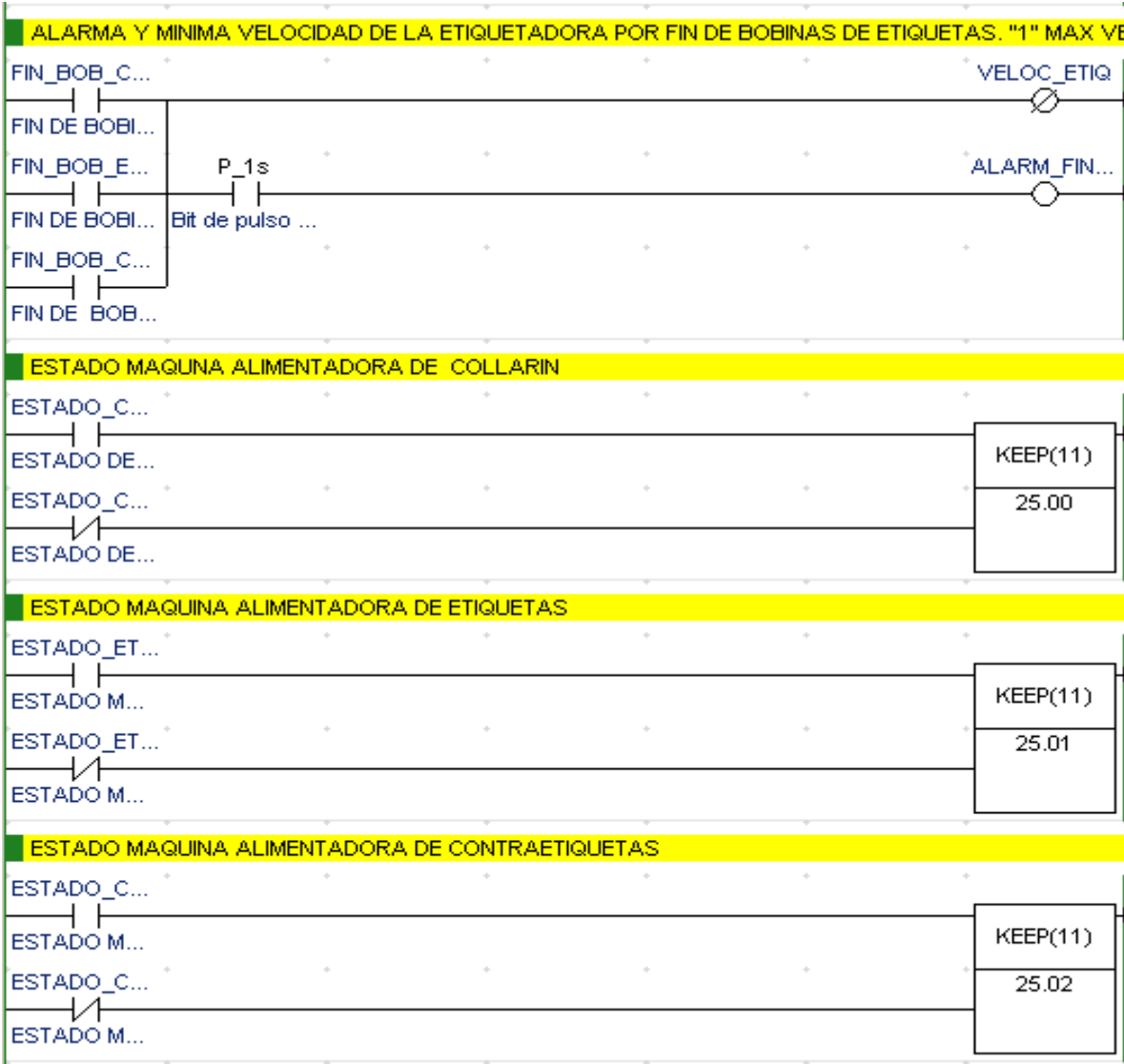
VILLA, R. (2009) Sistemas de Supervisión y Explotación. [Internet] Disponible en:
<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema14.pdf>.

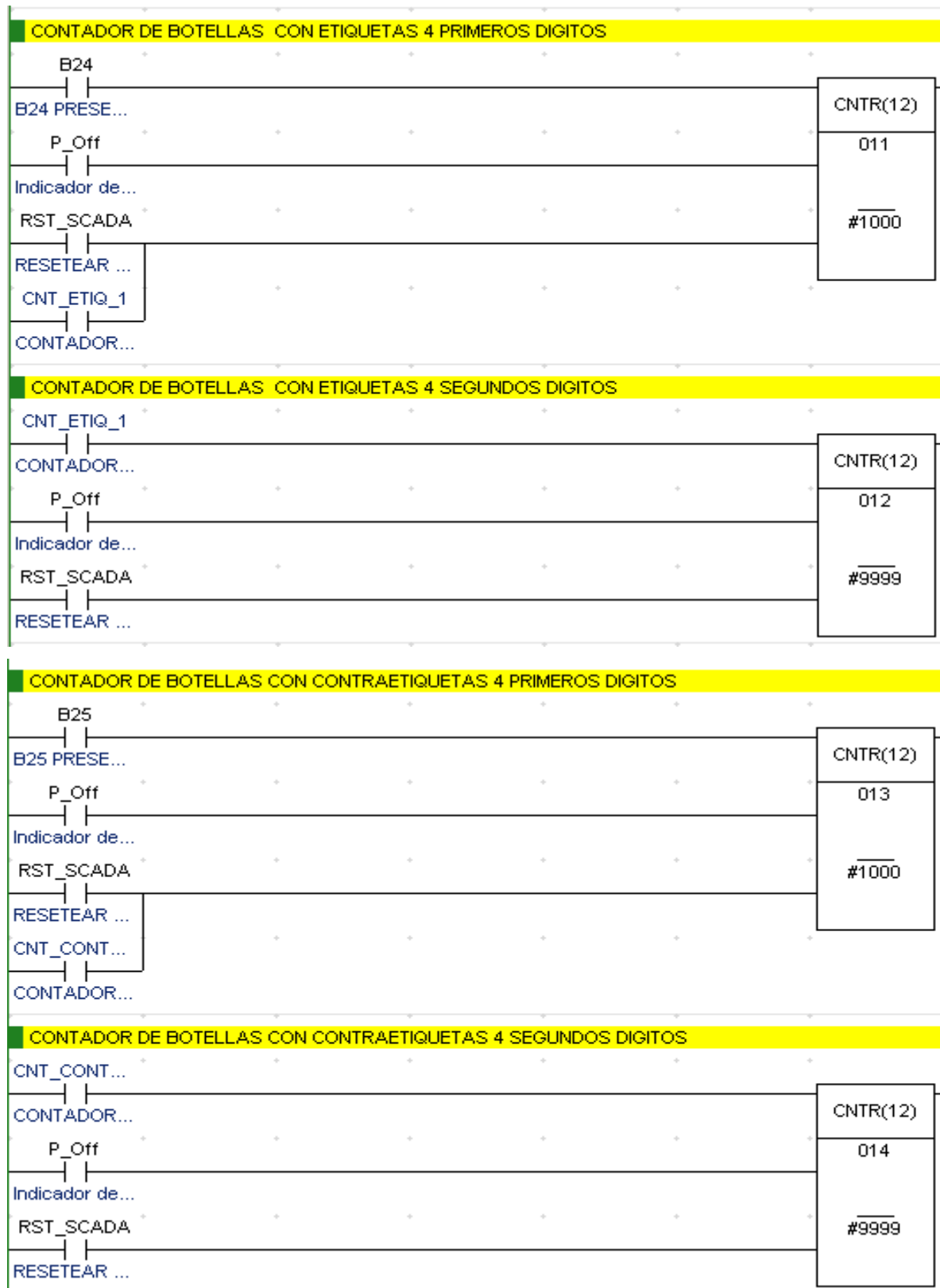
ANEXOS

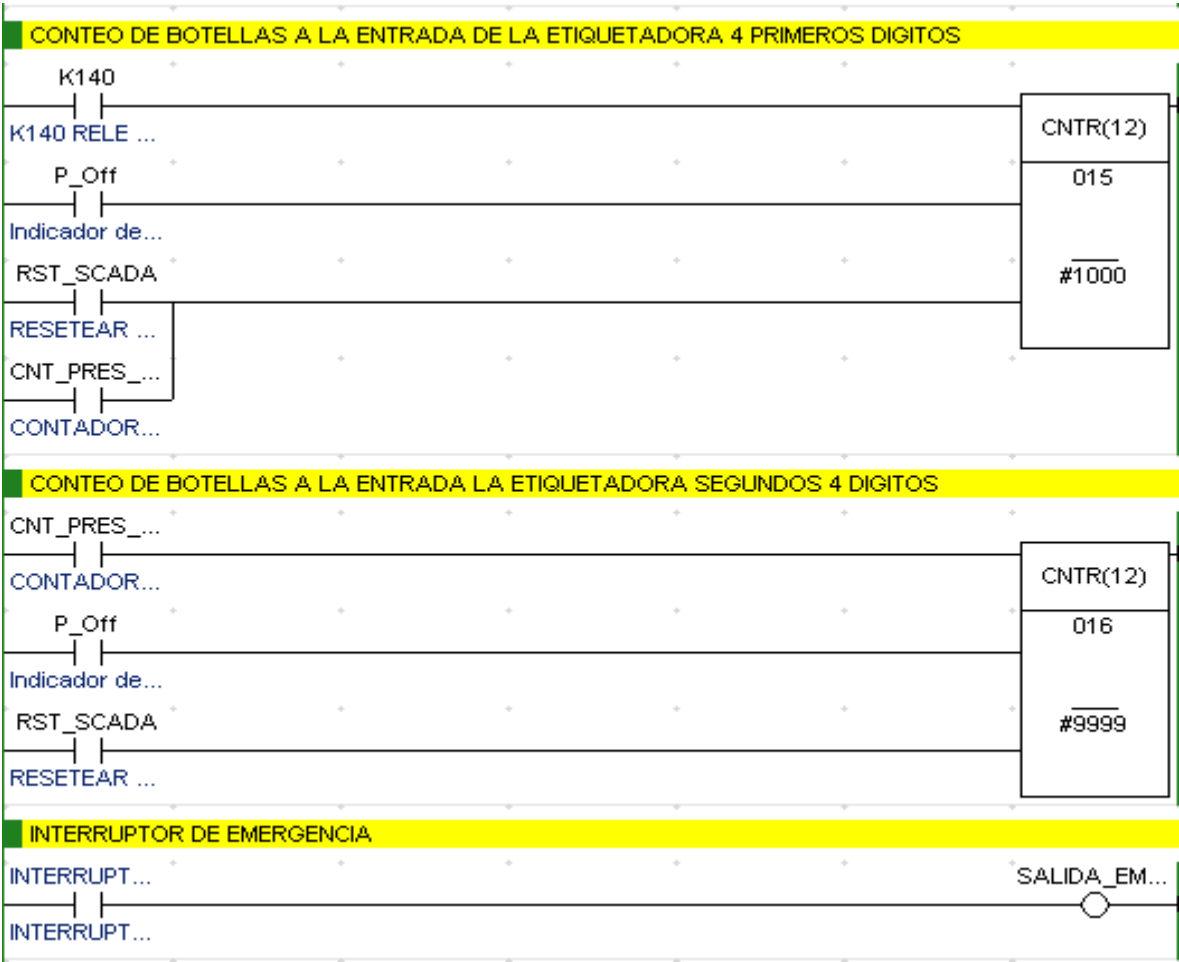
Anexo I Código de programa añadido o modificado en el PLC.

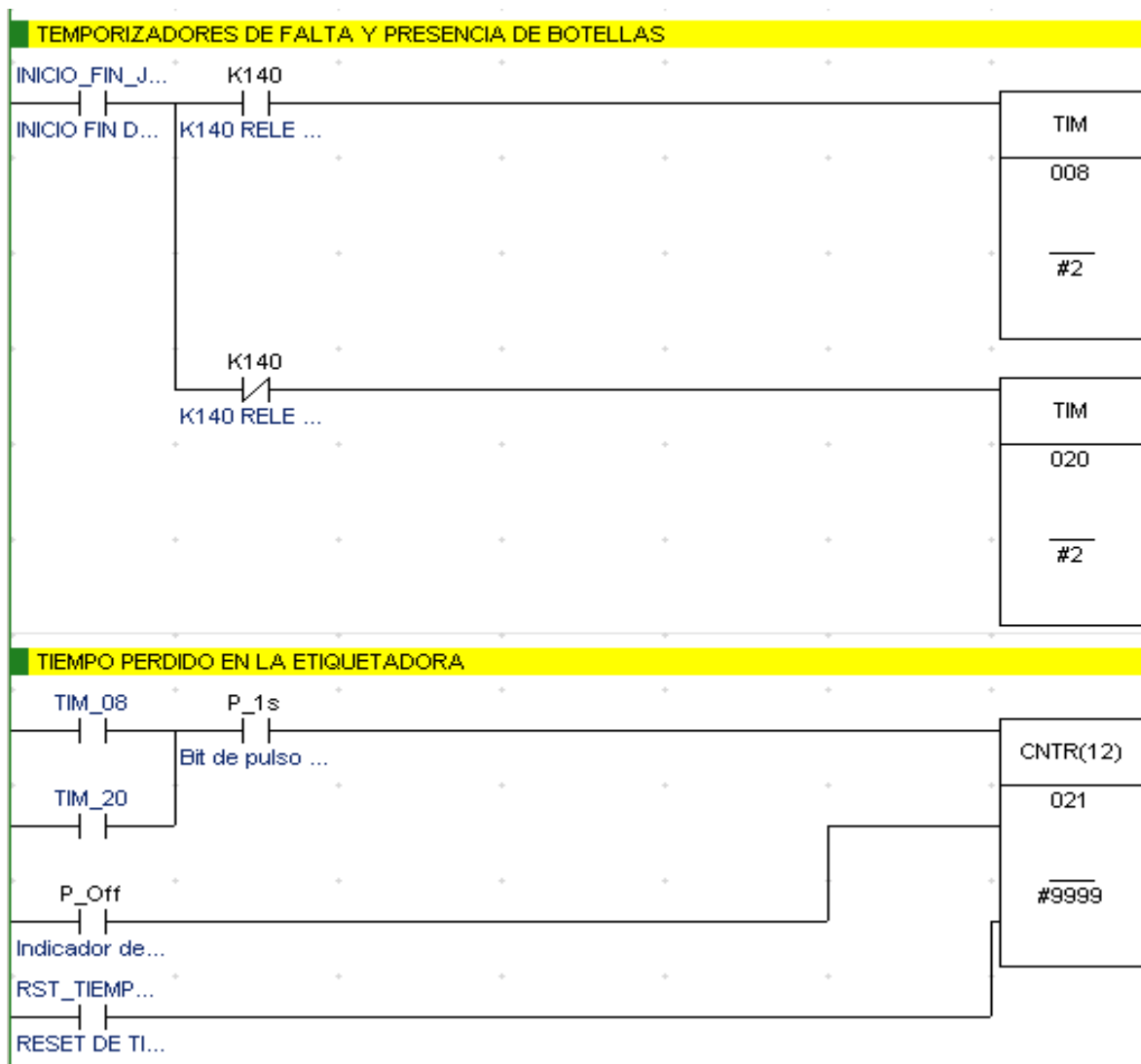












Anexo II Objetivo y acción propuesta en los códigos añadidos al PLC.

| Objetivo | Acción |
|--|--|
| Conteo del número de botellas sin collarín. | Leer IR210.05 y contar con CNT017 |
| Conteo del número de botellas sin etiquetas. | Leer IR212.05 y contar con CNT018 |
| Conteo del número de botellas sin contraetiquetas. | Leer IR214.07 y contar con CNT019 |
| Conteo de botellas con collarín (ocho dígitos) | Leer IR0.04 y contar con CNT005 y CNT010. Primeros y segundos dígitos. |
| Conteo de botellas con etiquetas (ocho dígitos) | Leer IR0.06 y contar con CNT011 y CNT012. Primeros y segundos dígitos. |
| Conteo de botellas con contraetiquetas, ocho dígitos | Leer IR0.08 y contar con CNT013 y CNT014. Primeros y segundos dígitos. |
| Conteo de botellas de entrada a la etiquetadora (ocho dígitos) | Leer IR0.01 y contar con CNT015 y CNT016. Primeros y segundos dígitos. |

Anexo II (continuación).

| Objetivo | Acción |
|--|---|
| Visualizar fin acumulación de collarín. | Leer IR1.05 y activar IR10.00 y IR10.06, bloqueo de entrada de botellas y alarma por acumulación de botellas respectivamente. |
| Visualizar fin acumulación de etiquetas. | Leer IR0.05 y activar IR10.00 y IR10.06, bloqueo de entrada de botellas y alarma por acumulación de botellas respectivamente. |
| Visualizar fin acumulación de contraetiquetas. | Leer IR0.07 y activar IR10.00 y IR10.06, bloqueo de entrada de botellas y alarma por acumulación de botellas respectivamente. |
| Fin de bobina de collarín. | Leer IR0.09 y activar IR10.01 y IR10.02, mínima velocidad y alarma de fin de bobina. |
| Fin de bobina de etiquetas. | Leer IR0.10 y activar IR10.01 y IR10.02, mínima velocidad y alarma de fin de bobina. |
| Fin de bobina de contraetiquetas. | Leer IR1.00 y activar IR10.01 y IR10.02, mínima velocidad y alarma de fin de bobina. |
| Reset desde SCADA | Activar IR250.00 y reset de los contadores. |
| Estado de máquina alimentadora de collarín. | Leer IR1.02 y guardar en KEEP IR25.00, reset con el mismo contacto negado. |
| Estado de máquina alimentadora de etiquetas. | Leer IR1.03 y guardar en KEEP IR25.01, reset con el mismo contacto negado. |
| Estado de máquina alimentadora de contraetiquetas. | Leer IR1.04 y guardar en KEEP IR25.02, reset con el mismo contacto negado. |
| Pulsador de Emergencia desde SCADA | Leer IR30.00 y activar IR10.03 |
| Medir Tiempo Perdido | Leer IR0.01 y pone a contar temporizadores TIM008 y 020 (2 seg.), y al activar la señal de salida estos cuentan tiempo en CNTR021, para reset de contador de tiempo perdido IR35.01 y pulsador de inicio de jornada laboral IR35.00 |

Anexo III Entorno de trabajo del Movicon X2.

