

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

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

***“Ingeniería inversa al sistema automatizado de la planta de hormigón HZS40 de Cayo Santa María”***

**Autor: Héctor Mateo de la Cruz.**

**Tutores: Ing. Leonardo Montejo Rodríguez.**

**Ing. Samy Brito Barroso**

**Santa Clara**

**2011**

**"Año del 53 aniversario de la revolución"**

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

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**

**Departamento de Automática y Sistemas Computacionales**



## **TRABAJO DE DIPLOMA**

***“Ingeniería inversa al sistema automatizado de la planta de hormigón HZS40 de Cayo Santa María”***

**Autor: Héctor Mateo de la Cruz.**

E-mail: [mateo@uclv.edu.cu](mailto:mateo@uclv.edu.cu)

**Tutores: Ing. Leonardo Montejo Rodríguez.**

E-mail: [montejo@vc.copextel.com.cu](mailto:montejo@vc.copextel.com.cu)

**Ing. Samy Brito Barroso**

E-mail: [samyb@uclv.edu.cu](mailto:samyb@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2011**

**"Año del 53 aniversario 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

***“Una visión sin acción es un sueño. Una acción sin visión es un  
pasa tiempo. Pero... Una visión con acción puede cambiar el  
mundo”***

## **DEDICATORIA**

- ♦ A mis padres y a mi hermanito por todo el amor, la dedicación y el apoyo que dieron en los momentos que más los necesitaba.
- ♦ A mi novia por todo el amor y el cariño
- ♦ A mis primos de Santa Clara por todo el apoyo y los consejos en los momentos difíciles.
- ♦ A toda mi familia por estar siempre atentos y dispuestos a ayudarme en todo.
- ♦ A todos mis amigos del cuarto y del aula.

## **AGRADECIMIENTOS**

- ♦ Antes que todo le doy muchas gracias a Dios por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles.
- ♦ A mi tutores Leonardo Montejo y Samy Brito por ayudarme en esta difícil tarea.
- ♦ A mis primos de Santa Clara
- ♦ A mis amigos de Copextel.
- ♦ A todos mis profesores por haberme guiado durante estos años.

## **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo principal realizar ingeniería inversa al sistema automático instalado en una de las plantas de hormigón de Cayo Santa María y proponer un sistema SCADA que se ajuste a los requerimientos tecnológicos de este proceso. Para ello se profundizó en el estudio del autómatas CQM1H y se hizo un análisis minucioso del programa y de las conexiones eléctricas, para determinar la secuencia de pasos que se ejecutan durante el funcionamiento en modo automático de la Planta. Por último se presenta de forma sencilla la pantalla principal del SCADA propuesto.

La realización de este proyecto es de gran importancia pues los conocimientos que se brindan en el mismo, sirven de base para la implementación de sistemas automatizados de similares prestaciones, con el objetivo de ir eliminando la dependencia de servicios extranjeros, los cuales son altamente costosos.

## GLOSARIO DE SIGLAS.

Siglas	Significados
PC	<i>Personal Computer</i> (Computadora Personal)
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programable)
HMI	<i>Human machine interface</i> (Interfaz Hombre-Máquina)
A/D	Analógico/Digital
D/A	Digital/Analógico
PID	<i>Proportional Integrative Derivative</i> (Proporcional, Integral, Derivativo)
CPU	<i>Central Process Unit</i> (Unidad Central de Proceso)
E/S	Entrada/ Salida
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i> (Unidad Terminal Remota)
RTDB	<i>Real Time Data Base</i> (Base de Datos en Tiempo Real)
VBA	<i>Visual Basic Application</i> (Aplicación en Visual Basic)
ODBC	<i>Open Data Base Connectivity</i> (Conectividad Abierta a Bases de Datos)
DCS	<i>Distributed Control Systems</i> (Sistemas de control distribuido)
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (Control Supervisorio y Adquisición de Datos).



## TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	iv
GLOSARIO DE SIGLAS. ....	v
TABLA DE CONTENIDOS .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	9
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO .....	13
1.1    Funcionamiento de una planta de hormigón. ....	13
1.2    Estado actual de la tecnología de plantas de hormigón en el mundo. ....	14
1.3    Estado actual de la tecnología de plantas de hormigón en Cuba. ....	15
1.4    La automatización. ....	16
1.4.1    Objetivos de la automatización. ....	17
1.5    El PLC .....	18
1.5.1    Características principales: .....	18
1.5.2    Campos de aplicación: .....	19
1.5.3    Ventajas y desventajas del empleo de los PLC:.....	20
1.5.4    Estructuras de los PLC. ....	21
1.5.5    Programación. ....	22
1.6    Computadoras industriales. ....	23
1.7    Los sistemas SCADA.....	23
1.7.2    Necesidad de un sistema SCADA. ....	24
1.7.3    Principales funciones de los sistemas SCADA.....	25

1.7.4	Ventajas y Desventajas de los Sistemas SCADA. ....	26
1.8	Dispositivos HMI .....	26
1.8.1	Funciones de un HMI.....	27
1.8.2	Consideraciones del desarrollo actual de los HMI .....	27
CAPITULO 2. INGENIERIA INVERSA DEL SISTEMA. ....		29
2.1	Características generales de la Planta HZS40.....	29
2.2	Especificaciones de la tecnología instalada y su funcionamiento. ....	30
2.2.1	Pesaje de los áridos: .....	31
2.2.2	Dosificación del cemento .....	32
2.2.3	Dosificación del agua y de los aditivos.....	32
2.2.4	La PC industrial. ....	32
2.2.5	El autómatas programable CQM1H .....	33
2.3	El CX- Programmer. ....	36
2.4	Comunicación de la PC con el PLC CQM1H. ....	37
2.5	ingeniería inversa al programa del PLC.....	38
2.5.2	Análisis del programa. ....	39
2.6	Modo de funcionamiento de la planta. ....	39
2.6.1	Funcionamiento en modo manual. ....	40
2.6.2	Funcionamiento en modo automático. ....	42
2.7	Causas de una parada de emergencia. ....	43
2.8	El MOVICON, herramienta para la supervisión y el control .....	43
2.8.1	Ventajas y desventajas que ofrece MOVICON. ....	44
2.8.2	Filosofía de funcionamiento.....	45
Capítulo 3. RESULTADOS DE LA INGENIERIA INVERSA.....		47

1.1	Resultados obtenidos del análisis del programa.....	47
3.1.1	Tabla de direcciones de entrada-salida .....	47
3.1.2	Diagrama de flujo de la Planta.....	49
3.1.3	Esquema de control.....	51
3.2	Propuesta del SCADA.....	53
3.2	Análisis económico. ....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		57
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		58
ANEXOS .....		61
Anexo I Ambiente del Cx-Programmer 3.0.....		61
Anexo II Características de algunos de los módulos que contiene el PLC instalado. ....		62
Anexo III Secuencia de pesaje de áridos .....		65
Anexo IV Secuencia de transporte de áridos .....		66
Anexo V Secuencia de pesaje y dosificación del cemento. ....		67
Anexo VI Secuencia de pesaje dosificación de agua y aditivos. ....		68
Anexo VII Conexiones de los reles de control.....		69
Anexo VIII Oferta para el sistema automático de la Planta de hormigón HZS40 de Cayo Santa María. ....		70
Anexo IX Ejemplos de algunas fórmulas que se elaboran en esta planta.....		71
Anexo X Descripción del funcionamiento de las instrucciones utilizadas en el programa. ....		72
Anexo XI Fotos de la planta. ....		81

## INTRODUCCIÓN

La necesidad del hombre de hacer numerosas construcciones a gran escala y de mezclar grandes proporciones de cemento, agua y áridos llevó a la industrialización de la fabricación del hormigón. La demanda fue aumentando hasta un nivel en que se hizo necesario un cambio cualitativo en la producción. Surgieron así las plantas de hormigón, más conocidas como bachiplán<sup>1</sup>, industria destinada a la dosificación y mezcla de las proporciones correctas de estos productos, obteniéndose una mezcla uniforme, maleable y plástica que se endurece adquiriendo consistencia pétrea denominada hormigón o concreto.

El concreto es uno de los materiales más usados en la construcción de puentes, represas, canales, muelles, edificios, obras viales, etc. Los elementos utilizados para hacer concreto (agua, arena, grava, y cemento) son relativamente baratos y fáciles de obtener, pero las proporciones correctas de cada uno de ellos, para lograr un producto de buena textura y resistencia, son difíciles de obtener manualmente debido a que varían considerablemente de acuerdo al tipo de estructura.

En consecuencia, las computadoras y los PLC se han convertido en equipos estándares en estas modernas plantas de concreto. Estos no sólo proporcionan cálculos precisos, indicando la cantidad exacta de cada componente, sino que también controlan la maquinaria que hace la mezcla, asegurando una alta calidad y consistencia del producto

En los últimos 20 años ha crecido rápidamente la cantidad de Plantas en Cuba, como respuesta a la necesidad de lograr grandes niveles constructivos en los plazos de tiempo requeridos y con la calidad óptima. Dichas Plantas son imprescindibles para la economía y para el desarrollo en general y han estado presentes en la construcción de obras que han sido la base para el desarrollo de los principales programas de la Revolución: la educación, la salud y el turismo.

---

<sup>1</sup> Del inglés *concrete batching plant* y que a partir de ahora denominaremos Planta.

El polo turístico de la cayería norte de Villa Clara, en pleno desarrollo, está ejecutando la construcción de importantes obras turísticas sustentado en la producción de una planta de hormigón de tecnología italiana de alta productividad. A partir de 2006 se hace necesario instalar otra Planta como respaldo a la producción y como alternativa en caso de mantenimientos o ante cualquier avería de la Planta en funcionamiento, para evitar la paralización de las obras inversionistas. Una rotura en la única Planta en funcionamiento provocaría daños económicos de miles de dólares por atrasos en los cronogramas de ejecución.

La adquisición de una segunda Planta modelo HZS40, de fabricación China, resolvió esta situación. Se contaba entonces con dos Plantas capaces de proporcionar el producto suficiente en momentos de demanda pico, así como rotar el funcionamiento de ambas para garantizar las labores de mantenimiento.

La nueva Planta comenzó sus operaciones sin dificultades y especialistas extranjeros realizaron la puesta en marcha y la capacitación del personal. Pero a los dos años de operación comenzaron a presentarse dificultades que provocaron finalmente que la Planta dejara de operar de forma automatizada. Ante esta situación se realizó un estudio de los principales problemas con el que se llegó a la definición de las siguientes problemáticas:

- ♦ No se posee ninguna documentación técnica de la Planta.
- ♦ Aunque está dotada de un nivel de automatización similar que la Planta italiana, cuenta con menos prestaciones en cuanto a gestión de reportes, según las normas establecidas por la empresa.
- ♦ Posee una computadora industrial y un PLC para el funcionamiento automatizado, pero tanto el sistema operativo como el SCADA están en idioma chino, por lo que se dificulta el trabajo de los operadores.
- ♦ Los servicios de asistencia técnica contratados en el extranjero son altamente costosos y, ante casos de roturas, requieren de gestiones que pueden demorar un tiempo prudencial.
- ♦ El SCADA instalado no se puede modificar porque no se cuenta con información del software con que fue creado.

- ♦ Existen otras 10 Plantas del mismo tipo en el país con similares dificultades por resolver, de ellas otra en Santa Clara.

Este trabajo se fundamenta en la necesidad de rehabilitar la automática de la planta de hormigón HZS40 de Cayo Santa María. Para ello nos proponemos el siguiente objetivo general:

Realizar ingeniería inversa al sistema automatizado de la planta de hormigón HZS40 y proponer un sistema SCADA que cumpla con los requerimientos de proceso.

Para cumplimiento del objetivo general nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer las tecnologías actuales de una planta de hormigón en Cuba y en el mundo
2. Realizar un estudio del proceso de producción de la planta de hormigón HZS40 y de la tecnología instalada.
3. Obtener el diagrama de flujo y esquema eléctrico de la Planta.
4. Describir el funcionamiento de la planta en modo manual y automático.
5. Obtener el programa y la tabla de direcciones de E/S del PLC.
6. Proponer el diseño del SCADA

La definición de estos objetivos nos lleva a formular las siguientes interrogantes científicas:

1. ¿Cuál es la situación actual que presenta el desarrollo de soluciones para plantas de hormigón automatizadas en Cuba y en el mundo?
2. ¿Cuál es la secuencia de operación del proceso que se debe tener en cuenta?
3. ¿Cómo lograr que se puedan realizar todas las operaciones requeridas con el equipamiento existente?
4. ¿Cómo garantizar que el SCADA que se propone sea adecuado para este proceso?

Para dar solución de estas interrogantes y cumplir con los objetivos propuestos se definen las tareas de investigación siguientes:

1. Análisis de la documentación publicada sobre plantas de hormigón automatizadas.
2. Estudio del proceso productivo y las características de la tecnología instalada.

- 3.Elaboración del diagrama de flujo del proceso y el esquema eléctrico de la planta
- 4.Estudio de la documentación técnica del PLC OMRON CQM1H y del software de programación CX- PROGRAMER.
- 5.Implementación de la comunicación con el PLC para la obtención del programa.  
Elaboración de la tabla de direcciones de E/S del PLC.
- 6.Proposición del diseño de un SCADA.

Con este trabajo nos proponemos arribar a los resultados siguientes:

- ◆ Contar con el diagrama de flujo y el esquema eléctrico de la Planta.
- ◆ Tener respaldo del programa del PLC.
- ◆ Contar con la información necesaria para la implementación de un SCADA que permita la operación automatizada.
- ◆ Realizar un trabajo técnico que pueda ser aplicado a las demás Plantas de este tipo instaladas en Cuba.

La estructura del trabajo se fundamenta en capítulos, divididos de la siguiente forma:

- ◆ Capítulo 1: Marco teórico: Se dedicará al estudio de las tecnologías actuales que se comercializan en el tema de plantas de hormigón.
- ◆ Capítulo 2: Ingeniería inversa del sistema automatizado: Se utilizará para caracterizar el estado actual de la Planta. Se dedicará al estudio de la tecnología instalada y al análisis del programa del PLC.
- ◆ Capítulo 3: Resultados de la ingeniería inversa: Se presentarán en este capítulo los resultados del estudio realizado, la propuesta del SCADA y la valoración económica del sistema que se propone.

## **CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO**

La producción mundial de cemento fue de más de 2.500 millones de toneladas en 2007. Estimando una dosificación entre 250 y 300 Kg. de cemento por metro cúbico de hormigón, significa que se podrían producir de 8.000 a 10.000 millones de metros cúbicos de hormigón, que equivalen a 1,5 metros cúbicos por habitante. Ningún material de construcción ha sido usado en tales cantidades y en un futuro no parece existir otro material de construcción que pueda competir con el hormigón en magnitud de volumen. Tales volúmenes de producción son posibles solamente con Plantas automatizadas altamente productivas(Aïtcin 2008).

En este capítulo se abordarán aspectos relacionados con la fabricación del hormigón, el nivel actual de desarrollo de esta industria en Cuba y en el mundo, así como las características de cada uno de los elementos tecnológicos que se utilizan para la automatización de las plantas.

### **1.1 Funcionamiento de una planta de hormigón.**

Las plantas de hormigón son instalaciones dedicadas a la fabricación del concreto a partir de recetas previamente elaboradas utilizando la materia prima requerida: árido, cemento, agua y aditivos. Estos componentes se encuentran previamente almacenados en la planta, cuya función consiste en la dosificación de las proporciones adecuadas de cada elemento. Para ello primero se pesan cada uno de los áridos y el cemento que requiere la mezcla que se desea elaborar. A continuación se suministra el volumen adecuado de agua y aditivos, que pueden ser medidos por el flujo o por el peso de los mismos, para posteriormente mezclarlos hasta lograr la homogenización de la mezcla. La Planta debe ser capaz de realizar todas estas operaciones de forma automática, apoyada por un sistema de supervisión que le permitirá al operador efectuar algunas funciones de control y enviar al PLC la receta de la mezcla deseada, así como la cantidad de metros cúbicos a producir. Una vez terminado este proceso el concreto es descargado en un camión hormigonera que transporta el hormigón fresco en su cuba rotativa hasta su destino final.



## **1.2 Estado actual de la tecnología de plantas de hormigón en el mundo.**

Los requerimientos técnicos de la industria de fabricación de hormigón hicieron que varias empresas en el mundo se dedicaran completamente a la especialización en este tema y se convirtieran en pioneras del desarrollo de plantas automatizadas. Aparecieron en el mercado distribuidores prestigiosos con tecnología de punta, respaldados con un trabajo de ingeniería, que distribuyen plantas completas, de varias capacidades de producción y para diferentes tipos de producciones específicas a precios extremadamente altos. La tecnología que distribuyen estos fabricantes es propietaria, lo que obliga a los clientes a pagar no solo por el equipamiento, sino por el adiestramiento y la asistencia técnica.

Tecnológicamente, las plantas de hormigón han ido evolucionando en su concepción. Hasta hace unos años el control de la planta se efectuaba por medio de una PC industrial que contenía tarjetas especializadas para procesamiento de señales. Con la proliferación de los PLC comenzó a emplearse una arquitectura en la que el PLC y la PC formaban un sistema único logrando una alta flexibilidad en el diseño y una elevada productividad. Con el desarrollo de nuevos modelos de pantallas HMI extremadamente poderosas la PC ha sido desplazada en este tipo de aplicaciones. En la actualidad una planta de hormigón utiliza una moderna pantalla HMI táctil con un SCADA que se conecta a un PLC para la realización de todas las acciones de control.

El desarrollo de las comunicaciones ha permitido que las modernas plantas trabajen de forma más eficiente, con un trabajo coordinado que le permite optimizar el tiempo, facilitándose las gestiones y la toma de decisiones para la adquisición de las materias primas, así como la coordinación de los volúmenes de producción a entregar a los clientes. La gestión a distancia garantiza la entrega del producto con la más alta calidad, bajo las más estrictas normas de control, con la emisión de reportes, certificaciones y facturas en tiempo real.

Hasta hace unos años, el mercado de fabricantes de plantas estaba prácticamente concentrado en fabricantes europeos y norteamericanos. En el mercado mundial pueden encontrarse empresas de muy alto nivel técnico como:

STETTER GMBH, del grupo Schwing, de Alemania(Stetter 2006).

ELBA-WERK Maschinen-Gesellschaft mbH, de Alemania(Elba-Werk 2011).

Con la incorporación al mercado mundial de algunas economías de rápido crecimiento surgieron otros fabricantes de esta tecnología, principalmente empresas de China, India, Korea del Sur, entre otros. En este sentido se destacan:

SPECO, LTD, de Corea del Sur(LTD. 2009).

MEKA; de Turquía(Meka 2010).

Shandong Jianling Machine Co., Ltd, de China(Machine 2009).

### **1.3 Estado actual de la tecnología de plantas de hormigón en Cuba.**

Para los países del tercer mundo, con potencial tecnológico inferior, la dependencia tecnológica es un freno a su desarrollo y la falta de presupuesto para inversiones novedosas, altamente costosas, los obliga a adquirir plantas atrasadas o desarrollar sus propios proyectos de automatización aún con las limitaciones tecnológicas propias.

En Cuba la adquisición de plantas de hormigón ha sido una constante necesidad para el desarrollo de la economía. Las limitaciones económicas han obligado al país a desarrollar sus propias plantas o a la adquisición del equipamiento para posteriormente incorporarle la automática. En este sentido se han obtenido resultados positivos con el trabajo coordinado de empresas del MICONS con otras como AICROS, CEDAI y COPEXTEL. Este trabajo ha permitido construir plantas con altos niveles de automatización que han ido mejorando sus prestaciones. El país cuenta en la actualidad con especialistas altamente calificados, capaces de desarrollar aplicaciones SCADA de alto nivel para dar solución a las necesidades existentes, garantizando la independencia tecnológica(Montejo 2011).

Actualmente la mayoría de las aplicaciones en Cuba están concebidas sobre la base de un PLC con una PC. Los altos costos de un HMI de altas prestaciones han limitado su aplicación en mayor escala, aunque se han utilizado en algunas ocasiones.

Contamos en Villa Clara con varios ejemplos de plantas con automatización desarrollada en nuestro país, entre las que se pueden mencionar:

Planta Manuelita, de Santa Clara, automatizada por AICROS a base de una PC.

Planta de prefabricados IMS, de Santa Clara, automatizada por COPEXTEL, utilizando PLC y HMI OMRON.

Planta Sandino, de Remedios, Automatizada por CEDAI con PLC SIEMENS y PC.

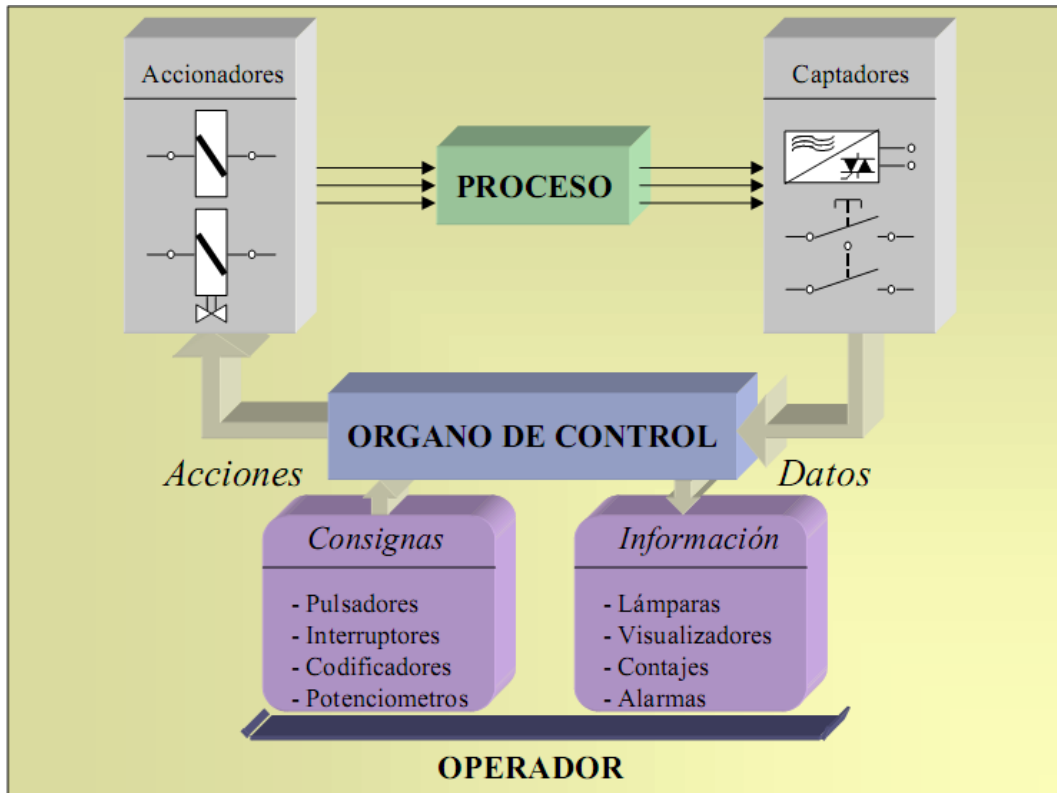
El amplio proceso inversionista que se lleva a cabo en el país en los polos turísticos ha promovido la adquisición de plantas completas con un alto nivel de automatización y productividad. No obstante, la falta de mantenimiento y de documentación técnica dificulta las tareas de reparación, constituyendo un reto para nuestros especialistas.

#### **1.4 La automatización.**

Dentro del campo de la producción industrial, desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario puede omitir la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y especialmente aumentar la rentabilidad(Ruedas 2009).

La automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación, en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi- independiente del control humano(Blanca Almazán 2008).

En la figura 1.1 se pueden ver, de forma general, los bloques que conforman un sistema automatización industrial.



**Figura 1. 1 Esquema de automatización industrial.**

#### 1.4.1 Objetivos de la automatización.

Entre los objetivos de la automatización se encuentra (Blanca Almazán 2008):

- ♦ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ♦ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- ♦ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- ♦ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- ♦ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ♦ Integrar la gestión y la producción.

## 1.5 El PLC

Un Autómata Programable es una microcomputadora de propósitos específicos, especialmente diseñada para el control industrial y adquisición de datos donde se mezclan elementos de cómputo (lenguaje de programación, interfaces hombre-máquina, unidades de memoria, etc.) y elementos de control (regulación PID, procesamiento analógico, señalización, mando, temporización y conteo, etc.) integrados en un mismo equipo, para cumplir las funciones de automatización de procesos en tiempo real con elevada fiabilidad y seguridad(Alemán 2010).

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

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y al programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

### 1.5.1 Características principales:

Entre las características de los PLC se encuentran las siguientes(Castellanos 2008):

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

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

### **1.5.2 Campos de aplicación:**

El PLC por sus características especiales de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La continua evolución del hardware y el software amplía constantemente este campo para poder satisfacer, en el espectro de sus posibilidades reales, las necesidades que se presentan.

Actualmente, el campo de acción de los PLC se ha extendido enormemente y ha alcanzado un grado tal de desarrollo que compiten con los DCS incluso en el área de procesos. Los sistemas actuales de PLC pueden incluir varias CPU en configuración redundante, con cientos de señales digitales, analógicas y enormes capacidades tanto de cálculo como de control.

Esto ha conducido al desarrollo de sistemas híbridos, como Siemens PCS7 y *Rockwell Process Logix*, que proporcionan los beneficios del DCS y el PLC a un precio asequible y se emplean en proyectos tipo PLC que demandan capacidades de control adicionales (Diéguez 2005).

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos que requieren de(Coca 2007):

- ♦ Espacio reducido.
- ♦ Utilización en ambientes exigentes o agresivos.
- ♦ Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- ♦ Procesos secuenciales.
- ♦ Maquinaria de procesos variables.
- ♦ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ♦ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

### **1.5.3 Ventajas y desventajas del empleo de los PLC:**

#### **Ventajas(Coca 2007):**

- ♦ Se requiere de menor tiempo en la elaboración de los proyectos.
- ♦ Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- ♦ Mínimo espacio de ocupación
- ♦ Menor coste de mano de obra.
- ♦ Economía de mantenimiento.
- ♦ Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta.
- ♦ Menor tiempo para la puesta en funcionamiento.
- ♦ Fiabilidad tanto de hardware como de software.
- ♦ Flexibilidad.
- ♦ Fáciles y rápidos de programar.
- ♦ Gran número y diversidad de E/S.

- ♦ Se le pueden adicionar módulos para aplicaciones específicas que aumentan su gama de utilización.
- ♦ Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómatas sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

**Desventajas:**

Entre las principales desventajas del uso de autómatas programable podemos citar las siguientes:(Coca 2007)

- ♦ Requiere de personal técnico capacitado para la instalación y programación.
- ♦ Costo inicial.

Hoy en día los inconvenientes se han minimizado ya que la formación previa del personal suele incluir la automatización como una de sus asignaturas. En cuanto al costo el problema ha ido disminuyendo su impacto gracias a la diversificación de productos, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados (encontramos desde pequeños autómatas por unos 80€ hasta PLC's que alcanzan cifras exorbitantes)(Aleman 2010).

**1.5.4 Estructuras de los PLC.**

En cuanto a su estructura, los autómatas programables se clasifican en(Coca 2007):

**Compactos:** En un solo bloque está la CPU, la fuente de alimentación, las entradas y las salidas. Para aumentar sus prestaciones se colocan módulos de expansión de diferentes tipos, según los requerimientos del sistema a implementar.

**Modulares:** Separan por unidades las distintas partes operativas, o sea, por módulos o tarjetas adosadas en Racks con funciones definidas: CPU, fuente de alimentación, módulos de Entrada/Salida, etc. La conexión se realiza mediante conexión entre Racks.

Además se pueden distinguir como:

**Estructura americana:** Separa las Entradas/Salidas del resto del Autómata.

**Estructura europea:** Cada módulo es una unidad funcional independiente (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.)



**Estructura Interna:**

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

- ♦ Unidad central de proceso (CPU): Es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.
- ♦ Sección de entradas: Consta de canales de entrada, los cuales pueden ser de tipo digital o analógico, a los que se conectan los sensores.
- ♦ Sección de salidas: Constituida por canales de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico, a las que se conectan los actuadores.
- ♦ Fuente de Alimentación: Proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. Puede incorporar una batería de respaldo, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómatas.
- ♦ Interfaces: Facilitan la comunicación del autómatas mediante enlace serie con otros dispositivos (como una PC o un HMI).
- ♦ Unidad o consola de programación: Permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- ♦ Memoria: Es la encargada de contener el programa de usuario y de trabajo. En los autómatas está separada en diversas áreas según su función o datos que debe contener.

**1.5.5 Programación.**

En la actualidad, los programas de los autómatas son elaborados en aplicaciones especiales en un ordenador y luego son descargados directamente mediante un cable o una red. Estos programas se guardan en la memoria RAM del PLC o en memoria flash para posteriormente ser usados. Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como

el BASIC o C. Otro método es usar la lógica de estados que es un lenguaje de programación de alto nivel basado en los diagramas de transición de estados. Cada fabricante de PLC posee un software de programación específico para su equipamiento.

### **1.6 Computadoras industriales.**

Dentro de las industrias es usual encontrarse con ambientes hostiles que contienen gran cantidad de polvo, grasa, líquidos, además de ruidos y vibraciones. Para soportar dichas condiciones de trabajo comenzaron a desarrollarse computadoras con la robustez necesaria denominadas computadoras industriales, dotadas de protección especializada, que le permiten lograr un mejor rendimiento y durabilidad dentro de este medio. En actualidad se ha incrementado considerablemente el uso de estas máquinas industriales, para controlar y supervisar el proceso producción de la industria.

Con el desarrollo de la tecnología se ha logrado dotar los sistemas de control de la combinación de dos equipos especializados que se complementan: el PLC y la PC industrial. Con ello se logran diversos niveles de jerarquía en el control, estableciendo control distribuido por medio de PLC y control centralizado por medio de la PC. Con esta estructura se alcanzan los más altos niveles de fiabilidad.

### **1.7 Los sistemas SCADA**

Surgen así los sistemas SCADA, aplicaciones que utilizan las potencialidades de las computadoras y las tecnologías de la comunicación para automatizar el monitoreo y el control de procesos industriales. Estos sistemas se encuentran en la mayoría de los procesos industriales modernos, ya que pueden recolectar la información de lugares distantes muy rápidamente, y presentarla a un operador de una forma entendible y amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales rápidas. También proveen 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...)(Díaz 2010).

### 1.7.1 Elementos que conforman un SCADA.

De forma general un sistema SCADA está compuesto por(Díaz 2010):

- ♦ Un HMI que se encarga de presentar los datos a un operador humano. A través de ella el operador supervisa y controla el proceso.
- ♦ Un sistema de control, encargado de la adquisición de datos del proceso y el envío de comandos hacia el mismo.
- ♦ RTU que reciben las señales directamente de los sensores de campo y a su vez comandan a los actuadores y demás elementos de control final.
- ♦ La infraestructura de comunicación que conecta el sistema de control con las RTU.

### 1.7.2 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(Díaz 2010):

- ♦ 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 se requiere en tiempo real.
- ♦ Se necesita 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 cual lo puede constituir un sistema de control distribuido, PLC's, controladores a lazo cerrado o una combinación de ellos(Castellanos 2008).

### 1.7.3 Principales funciones de los sistemas SCADA

Las principales funciones que debe acometer un sistema SCADA son(Meza 2007):

- ♦ Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- ♦ Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- ♦ Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema. Esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- ♦ Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- ♦ Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- ♦ Representación de señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- ♦ Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

- ♦ Programación de eventos: Está referido a la posibilidad de desarrollar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráficas de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

#### **1.7.4 Ventajas y Desventajas de los Sistemas SCADA.**

Las principales ventajas de los sistemas SCADA son(Pascual 2009):

- 1.Reducción de los costos de producción, operación y mantenimiento.
- 2.Aumento de la producción.
- 3.Diversificación de la producción.
- 4.Mejoramiento de la coordinación con el área de mantenimiento.
- 5.Se dispone de información precisa para efectos de estudio, análisis y estadística.
- 6.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.
- 7.Sistema de medición más rápido y confiable.

Las principales desventajas de los sistemas SCADA son:

- 1.Se requiere de una red industrial fiable, pues resultaría crítico no contar con la misma.
- 2.Alto costo inicial, por concepto de adquisición de los equipos e implantación del sistema acorde a las necesidades y requisitos exigidos.

### **1.8 Dispositivos HMI**

Los sistemas HMI se pueden considerar como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador llamados pantallas HMI o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI.



**Figura1.2 Pantallas HMI.**

### **1.8.1 Funciones de un HMI**

A continuación se presenta las funciones de los HMI(Matte 2007):

- ♦ **Monitoreo:** Permite obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden representar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- ♦ **Supervisión:** Permite, junto con el monitoreo, la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo directamente desde el proceso.
- ♦ **Alarmas:** Permite dotar los sistemas con la capacidad de reconocer eventos excepcionales, dentro del proceso, basados en límites de control preestablecidos y reportarlos.
- ♦ **Control:** Es una de las funciones más importantes. Se basa en la aplicación de algoritmos que ajustan los valores del proceso con el objetivo de mantenerlos dentro de ciertos límites deseados.
- ♦ **Históricos:** El almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos. Esta función permite muestrear y almacenar a una determinada frecuencia los datos del proceso para su posterior análisis y procesamiento.

### **1.8.2 Consideraciones del desarrollo actual de los HMI**

Las pantallas HMI presentan una alternativa económica para realizar un sistema de monitoreo de un proceso productivo. Cuentan con un software de programación amigable

que permite realizar aplicaciones en poco tiempo. Posibilitan visualizar y controlar, de manera remota, distintos procesos industriales cuyos automatismos están basados en PLC. La ventaja más importante de estas pantallas es que soportan la conexión con los PLCs más utilizados en el mundo.

Todas las pantallas HMI incorporan interfaces de comunicación serie con protocolos RS-232 y RS-485. El protocolo RS-485 permite la interconexión de múltiples dispositivos. En cambio, el protocolo RS-232 sólo permite comunicar a dos equipos entre sí. Además, existen en la actualidad pantallas HMI con interfaz Ethernet, lo que incrementa significativamente las posibilidades de comunicación y las facilidades de gestión remota(Monitouch 2009).

Es posible encontrar pantallas HMI de diferentes tamaños, desde 6" hasta 15", además de elegir entre pantallas monocromáticas y a color. Se ha difundido en los últimos años una gran variedad de pantallas táctiles con grandes prestaciones y posibilidades gráficas a precios cada vez más asequibles. Esto ha permitido en muchas ocasiones la eliminación de la PC para el control de procesos y utilizar solamente una pantalla HMI conectada a PLCs para estos fines(Monitouch 2009).

## **CAPITULO 2. INGENIERIA INVERSA DEL SISTEMA.**

En este capítulo se desarrollará el contenido principal del trabajo y se explicarán las acciones llevadas a cabo para la realización del mismo. Primeramente se exponen las características generales de la Planta HZS40 y las especificaciones de la tecnología instalada y su funcionamiento. Luego se realiza la ingeniería inversa al programa del PLC y por último se hace referencia al MOVICON como herramienta para la supervisión y el control.

### **2.1 Características generales de la Planta HZS40.**

La planta de hormigón de Cayo Santa María es del tipo HZS40, de fabricación China. Posee las características técnicas siguientes:



**Figura 2. 1 La Planta HZS40.**



- ♦ Cuenta con cuatro tolvas para el almacenamiento de los áridos, de ellas dos para arena (fina y gruesa) y otras dos para piedras (graba y gravilla).
- ♦ Posee dos silos de 30 toneladas cada uno para el almacenamiento del cemento.
- ♦ Tiene una capacidad de producción de 40m<sup>3</sup>/h.
- ♦ Potencia total de consumo 120 Kw.
- ♦ Mezcladora tipo JS1000 (permite mezclar 1m<sup>3</sup> en cada ciclo).
- ♦ Precisión de la medición de agua  $\pm 1$  %.
- ♦ Precisión de la medición del cemento  $\pm 1$  %.
- ♦ Precisión de la medición del aditivo  $\pm 1$  %.
- ♦ Peso total de la Planta 15000 Kg.

## **2.2 Especificaciones de la tecnología instalada y su funcionamiento.**

Todo el proceso de medición de las dosis de materia prima se realiza mediante pesaje utilizando celdas de carga conectadas a indicadores de pesaje del tipo WC-2000C. En total se cuenta con cuatro indicadores de pesaje: uno para los áridos, uno para el cemento, uno para el agua y uno para los aditivos. Para su procesamiento, el WC-2000C brinda una salida analógica de voltaje de 0 a 10V proporcional al peso y se conecta directamente a un módulo de entradas analógicas del PLC. De esta forma el sistema utilizado permite tener visualización local de cada uno de los elementos a dosificar. El operador cuenta en su puesto de trabajo con un panel donde se muestran los valores de pesaje de todos los elementos que conforman la receta. Los indicadores de pesaje son dispositivos especializados para las operaciones de pesaje, que permiten la verificación y calibración de la pesa de forma sencilla y rápida. De este modo se simplifica el trabajo del programador del PLC de realizar el procesamiento de pesaje, linealización y verificación de las pesas dentro del programa.



**Figura 2. 2 Representación de la Planta HZS40.**

### **2.2.1 Pesaje de los áridos:**

Los áridos primeramente son descargados en las tolvas de almacenamiento mediante un cargador motorizado como se muestra en la Fig. 2.2. Cada tolva posee, para la descarga de los materiales, dos compuertas accionadas por cilindros neumáticos de dos posiciones (abierto o cerrado). Para realizar la dosificación se van abriendo las compuertas una a una y en orden y se cierran cuando resulte el peso deseado de cada elemento correspondiente a la receta que se preparará. Esta señal de peso se obtiene a través de las cuatro celdas de carga tipo S que sostienen la cinta transportadora, que están conectadas a un sumador y de allí al indicador de pesaje. Después de obtenerse el peso correcto se activa la cinta transportadora descargando los áridos en un pequeño carro tolva, que los traslada a través de una rampa hasta la mezcladora. La descarga se hace mediante un mecanismo de tope que abre la compuerta del carro tolva cuando este llega al límite superior de la rampa.

### **2.2.2 Dosificación del cemento**

Después del proceso de pesaje de los áridos se realiza la dosificación del cemento que se encuentra almacenado en los dos silos. La transportación se realiza por medio de un mecanismo sinfín hasta la tolva de pesaje, que también está suspendida sobre celdas de carga. La señal de las celdas de carga pasa al indicador de pesaje y de ahí a una entrada analógica del PLC. Al obtenerse el peso deseado se descarga automáticamente en la mezcladora.

### **2.2.3 Dosificación del agua y de los aditivos**

Las proporciones de agua y aditivos para cada receta son calculadas según los requerimientos de la mezcla. Ambos son elementos en los que la precisión juega un papel importante para la calidad del producto final. El agua es bombeada desde la cisterna y depositada en una tolva de pesaje destinada al efecto. La señal de las celdas de carga instaladas en la pesa del agua pasa al indicador de pesaje y éste entrega a una entrada del PLC una señal analógica proporcional al peso. Una vez obtenido el valor deseado se descarga en la mezcladora. De forma similar se procede con los aditivos, para los que existe también una pesa destinada a su dosificación.

### **2.2.4 La PC industrial.**

El Sistema cuenta con una PC industrial del tipo EVOC IPC-810A que funciona conjuntamente con el PLC y donde se encuentra instalado el SCADA. Esta PC está equipada con prestaciones que la hacen idónea para el trabajo en un ambiente agresivo. Posee un chasis de acero de alta calidad con un recubrimiento que soporta altas temperaturas. Puede trabajar en ambientes ruidosos, con temperaturas de hasta 50°C y humedad relativa de hasta 90%. Posee cubiertas para proteger a los dispositivos sensibles al polvo y ventiladores convenientemente localizados para garantizar una temperatura de trabajo adecuada (EVOC Technology Co. 2008).

Las características principales de la PC son:

- ♦ Motherboard Intel 8456v
- ♦ Procesador Celeron 1.8GHz socket 478
- ♦ 256 MB de RAM

- ♦ Bahías para instalación de 2 dispositivos CD-ROM, 2 HDD de 3.5” con absorción de vibraciones y una extra para otro HDD sin esa cualidad.

En la PC radica la aplicación SCADA que se encarga del control de las operaciones en modo automático. No se cuenta con ninguna referencia de las características y prestaciones de dicha aplicación porque desde hace un tiempo no funciona. La PC tenía instalado un sistema Windows 98 en idioma chino que no proporcionaba suficientes posibilidades de ambiente amigable con el usuario y esto llevó a que el desconocimiento de los operadores provocara errores que condujeron a que el sistema fallara y se perdieran todos los datos.

### 2.2.5 El autómatas programable CQM1H

La serie de controladores programables CQM1H de OMRON ofrece grandes prestaciones. Es un PLC de gama media que combina facilidad de montaje y alta potencialidad de procesamiento. Por ello es muy habitual encontrarlos en la automatización procesos industriales.



**Figura 2. 3 El PLC CQM1H de OMRON.**

**Características generales(OMRON 2000):**

- ♦ PLC modular totalmente configurable, sin bastidor.
- ♦ Flexibilidad en la configuración del sistema.
- ♦ Funciones avanzadas: interfaz de ABS interno, selección analógica interna, E/S de impulsos interna, entradas de interrupción, salidas de impulsos...
- ♦ Permite un control distribuido mediante Controller Link
- ♦ Mejora de la conectividad utilizando tarjeta de comunicaciones
- ♦ Soporta múltiples módulos de funciones especiales.
- ♦ Juego de instrucciones: 162 instrucciones.
- ♦ Capacidad de programación: 15,2K palabras.
- ♦ Número máximo de puntos de E/S: 512 puntos.
- ♦ Velocidad de proceso: 0.375 a 17.7  $\mu$ s.

El autómata instalado en la Planta de hormigón de Cayo Santa María posee las siguientes características:

- ♦ CPU modelo CQM1H-CPU21
- ♦ Fuente de alimentación PA206
- ♦ Un módulo OCH de 16 entradas digitales integradas a la CPU
- ♦ Posee dos módulos OC-222de 16 salidas digitales
- ♦ Un módulo AD041 de cuatro entradas analógicas
- ♦ Un módulo de fuente de alimentación IPS01 para unidades de entrada y salida analógicas.

A continuación se muestran las características técnicas de cada una de las partes y módulos que contiene el autómata instalado para su mejor comprensión(OMRON 2000).

**CQM1-CPU 21****Tabla 2.1 Características técnicas de la CPU21.**

Modelo	Capacidad de E/S (ver nota)	Capacidad de programa (palabras)	Capacidad de DM (palabras)	Capacidad de EM (palabras)	Entradas de la CPU	Puertos serie incorporados		Tarjetas internas	Unidad Control link
						Puerto de periférico	Puerto RS-232		
CPU21	256	3.2k	3k	Ninguna	16 DC	si	si	No soportada	

**Fuente de alimentación PA206****Tabla 2.2 Características técnicas de la fuente de alimentación PA206.**

Mod elo	Tensión nominal	Rango de tensión de operación	Capacidad de salida	Fuente de alimentación de servicio
PA2 06	100 a 240V AC.  50/60 Hz	85 a 265 V AC	5 V DC : 6 A  24 V DC : 0.5 A  (30 W total)	24 V DC. 0.5 A

**Módulo de fuente de alimentación IPS01 para unidades de entrada y salida analógicas.**

Las unidades de entrada y de salida analógica requieren para su funcionamiento, de un módulo de fuente de alimentación. Existen dos modelos disponibles: el IPS01, que puede alimentar una sola unidad analógica y el IPS02 para dos unidades analógicas.

**Tabla 2.6 Especificaciones básicas de los módulos de fuentes de alimentación IPS01 y IPS02.**

Ítem	Especificaciones	Consumo
<b>CQM1-IPS01</b>	Conexión a una sola unidad analógica.	5Vc.c. 420mA máximo
<b>CQM1-IPS02</b>	Conexión a dos unidades analógicas.	5Vc.c. 950mA máximo

En el anexo II se encuentran las tablas 2.3, 2.4 y 2.5, donde se muestran las características técnicas de los módulos: OCH de entradas digitales, OC-222 de salidas digitales y AD041 de entradas analógicas respectivamente.

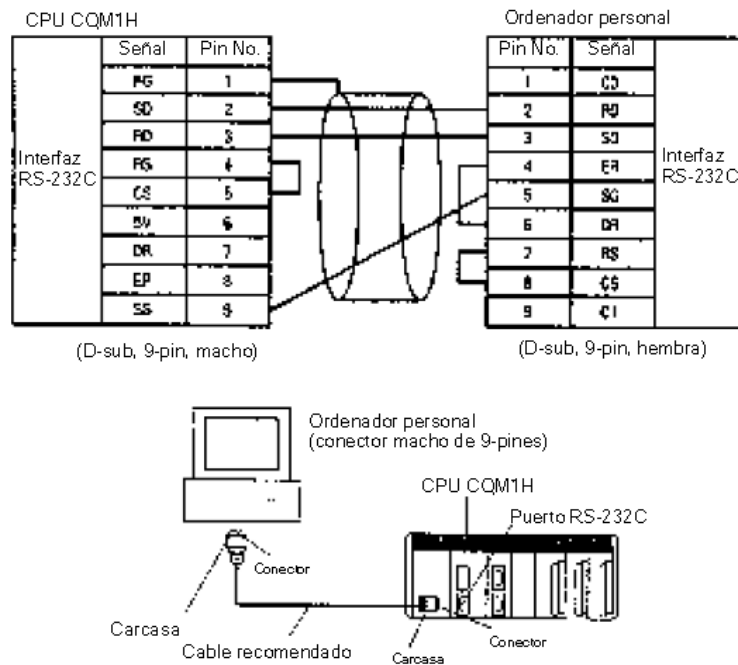
### **2.3 El CX- Programmer.**

El CX-Programmer es el software de programación para todas las series de PLC de OMRON, desde micro-PLC hasta la nueva serie CS de gama alta. Este software ofrece toda la potencia de programación necesaria para construir complejos sistemas con múltiples dispositivos aplicando lenguajes en diagrama de relees y/o de listas de instrucciones. Además posee un entorno de programación que proporciona todas las herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización, ver figura 1 del anexo I.

El CX-Programmer está integrado en CX-ONE, el conjunto de programas universal de OMRON. Permite la conexión automática mediante enlaces USB, serie o ETHERNET con los PLC, según sea el caso. Este software garantiza la elaboración de todas las operaciones que se necesitan realizar con los PLC, así como con dispositivos periféricos compatibles como: controladores especializados, pantallas HMI y sensores inteligentes. Para la comunicación con dispositivos de otros fabricantes, se puede crear la aplicación requerida por medio del CX-Protocol para las tarjetas de comunicaciones que se insertan en el módulo de la CPU(OMRON 2002).

## 2.4 Comunicación de la PC con el PLC CQM1H.

De forma similar a la mayoría de los fabricantes de PLC, OMRON cuenta con amplias posibilidades de protección de los programas por lo que la primera tarea a realizar consiste en establecer comunicación con el PLC por medio del CX-Programmer para determinar si el programa almacenado estaba protegido por contraseña. Para ello se elaboró un cable de comunicación serie, que conecta el puerto de periféricos del PLC con el CX-Programmer a través del puerto RS-232C de la PC. La principal ventaja respecto a otros PLC es que no se necesita de un cable propietario con electrónica interna para establecer la comunicación. Son suficientes dos conectores DB-9, enlazados por cable de control apantallado con las conexiones que se muestran en la figura 2.4.



**Figura 2. 4 Esquema del cable de comunicación del PLC CQM1H con la PC.**

Una vez establecida la comunicación con el PLC, el trabajo con el CX-Programmer permitió comprobar que el programa no estaba protegido por contraseña y se pudo descargar para su posterior estudio.



### 2.5 ingeniería inversa al programa del PLC.

Para el análisis del programa es preciso tener dominio de las funciones que realizan cada una de las instrucciones que se utilizaron en la confección del mismo. Para ello se elaboró un resumen que contiene la descripción detallada de cada una de ellas, facilitando la comprensión de las líneas de código que las contienen. En el anexo X podemos encontrar la descripción de las instrucciones siguientes:

- ♦ BSET (71) - Fijar Bloque
- ♦ MOV (21) - Mover
- ♦ KEEP (11) - Relee de Enclavamiento
- ♦ BCD (24) - Binario a BCD
- ♦ IL (02) – Interlock (bloqueo interno)
- ♦ TIM - Temporizador
- ♦ SET – Set (Poner)
- ♦ RSET - Reset
- ♦ CMP (20) - Comparar
- ♦ DIFU(13) - Diferencial Ascendente
- ♦ MUL (32) - Multiplicación BCD
- ♦ DIV (33) - División BCD
- ♦ ADD (30) - Suma BCD
- ♦ CNT - Contador
- ♦ INC (38) - Incrementar
- ♦ ANDW (34) - Producto Lógico
- ♦ COM (29) - Complemento
- ♦ XFER (70) - Transferencia de Bloque
- ♦ XORW (36) - Suma Lógica Exclusiva

- ♦ XFRB (--) - Transferencia de Bits

- ♦ JMP (04) - Salto

### **2.5.2 Análisis del programa.**

El programa está dividido en bloques funcionales. Cada uno de estos bloques o segmentos de programas están agrupados según la función que realizan. Primeramente se inicializan a cero todos los bits de trabajo y se chequean las entradas, luego se leen los datos de la receta y la cantidad de ciclos que se va a repetir el proceso. Una vez que se activa la señal de inicio se comienzan a ejecutar consecutivamente los bloques de pesaje de áridos, transporte de áridos, pesaje y dosificación del cemento y pesaje y dosificación del agua y los aditivos.

Para la obtención de las localizaciones de memoria donde se guardaban las actualizaciones o simplemente donde se encontraban los datos deseados fue necesario realizar un análisis detallado de cada uno de los bloques de programas por separado. Este análisis consistía en ir escribiendo cada una de las entradas y salidas y descifrar para qué se utilizaban, seguir los movimientos internos que se realizaban en el bloque de programa y buscar el lugar donde se almacenaba la información importante. Los registros del autómatas juegan un papel imprescindible en el aspecto de almacenamiento ya que sus características los convierten en áreas de memoria muy versátiles y son muy útiles para el programador. Estas localizaciones son de suma importancia pues una vez organizado el mapa de memorias de todas las variables importantes del proceso, sólo faltaría implementar la comunicación con el autómatas para lograr actualizar o sencillamente mostrar en el sistema de supervisión la información necesaria.

La información obtenida podría utilizarse para la realización de reportes temporales de producción, para análisis estadísticos y para la visualización del proceso en el SCADA.

## **2.6 Modo de funcionamiento de la planta.**

La Planta está concebida para funcionar de modo manual o automático, seleccionable por medio de un interruptor de maneta de dos posiciones colocado en el pupitre de mando y visualización.

### 2.6.1 Funcionamiento en modo manual.



**Figura 2. 5 Pupitre de mando de la Planta HZS40**

Para el funcionamiento de la Planta en modo manual, todas las operaciones son realizadas por el operador por medio de interruptores y pulsadores localizados en el pupitre de mando y con el apoyo de la información que ofrecen los indicadores de pesaje instalados. Para la elaboración de la mezcla en modo manual el operador debe seguir la secuencia de pasos siguiente:

Primeramente se debe seleccionar el modo de trabajo manual de la Planta mediante el interruptor de maneta. Este desactivará todas las acciones del PLC sobre los accionamientos y a la vez habilita los pulsadores del pupitre de mando para la ejecución manual del proceso. Antes de iniciar la secuencia de pesaje y dosificación, el operador deberá visualizar en la pantalla de la PC todos los parámetros de la fórmula que se va a elaborar o, en caso de no contar con la PC en ese momento, utilizar las tablas de las fórmulas en documento impreso. Esto le permitirá ir comparando el valor deseado del elemento con el valor real que indica la pesa.

El primer paso que debe ejecutar el operador antes de iniciar cualquier proceso de dosificación, es el encendido del motor de la mezcladora. Luego se inicia la secuencia de pesaje y transporte de los áridos, donde el operador comienza a accionar con precisión las compuertas de las tolvas de almacenamiento que se requieran en la preparación de esta mezcla. Se comienza con la descarga del árido 1 hasta que el peso mostrado en el

indicador de pesaje obtenga el valor requerido en la receta. A continuación se realiza la descarga en secuencia de los demás áridos hasta obtener el peso previsto de cada elemento, teniendo en cuenta que el peso de los áridos se va mostrando de forma acumulativa en el indicador. Debe asegurarse a continuación que el piloto indicador del límite inferior del carro tolva esté activo para poder arrancar la cinta transportadora y evitar que se derramen los áridos. Para garantizar la descarga total de la cinta transportadora, se debe encender el vibrador hasta que la pesa llegue de nuevo a cero. Una vez que se logra esto, se detiene la cinta transportadora y se comprueba que la mezcladora este vacía y tenga el piloto indicador de mezcladora cerrada activado. Solo así se activa el motor elevador *forward* (hacia arriba) hasta que el carro tolva alcanza el límite superior, donde ocurre el proceso de descarga de los áridos en la mezcladora. Este proceso dura unos pocos segundos y después se activa nuevamente el motor elevador *backward* (hacia abajo) hasta el tope inferior quedando listo para el próximo ciclo.

El proceso continúa con el pesaje y la dosificación del cemento. Para ello el operador debe chequear primeramente que la tolva de pesaje esté totalmente cerrada, para que el cemento no se descargue directamente en la mezcladora. Después debe decidir si va a trabajar con ambos silos al mismo tiempo o si solamente va a utilizar uno de ellos, para suministrar el cemento. En cualquier caso el operador debe accionar el mecanismo transportador sinfín del silo designado o de ambos hasta que el indicador de pesaje del cemento obtenga el valor requerido por la receta. Luego abre la compuerta de descarga y la cierra cuando el peso llega nuevamente a cero. En caso de que el peso no llegue a cero se enciende el vibrador durante unos segundos antes de cerrar la compuerta.

Por último se realiza el proceso de pesaje y dosificación del agua y de los aditivos. Al igual que en el proceso anterior se deben chequear que las tolvas estén completamente cerradas. Después el operador enciende la bomba del agua hasta obtener, en el indicador correspondiente, el peso de agua que se necesita según la receta. Una vez obtenido este peso, se procede a pesar los aditivos en una tolva independiente. Para ello se comienza con el encendido de la bomba de aditivos 1 hasta obtener el peso requerido en el indicador. Seguidamente se realiza el mismo proceso con el aditivo 2, según los aditivos que contenga la receta que se desea elaborar. Una vez pesados los aditivos, son descargados en la tolva de pesaje del agua y finalmente se descargan en la mezcladora. Cuando todos

los materiales han sido descargados en la mezcladora de debe dar un tiempo de mezclado de 10 minutos. Durante este tiempo, si no es el último ciclo de preparación, el operador puede ir efectuando nuevamente el pesaje de los áridos ganando tiempo en la ejecución del próximo ciclo.

De este modo se pueden realizar todas las operaciones de forma totalmente manual hasta la descarga del hormigón. La calidad del producto final depende en gran medida de la experiencia del operador y es por ello que solo se justifica la aplicación de este modo de trabajo cuando existen dificultades técnicas que impiden el funcionamiento automático.

### **2.6.2 Funcionamiento en modo automático.**

Durante el funcionamiento de la Planta en modo automático, todas las operaciones son ejecutadas por el PLC bajo la supervisión del operador a través de una aplicación SCADA. Una vez que se activa el funcionamiento en modo automático de la Planta, el operador debe realizar los pasos siguientes:

El primer paso consiste en seleccionar la receta de la mezcla que se desea elaborar. Para ello la aplicación debe contar con una tabla de fórmulas, donde están almacenados los nombres y los valores en Kg. de los elementos que contiene cada receta. También debe tener la opción que le permita al operador cambiar estos valores o crear una nueva fórmula. Ver la tabla 1 del anexo VIII.

Seguidamente se debe asignar la cantidad de metros cúbicos de esta mezcla que se desean producir. Esto le permite al sistema conocer el número de ciclos que deberá ejecutar para completar el pedido.

Una vez que se asignan estos parámetros, el operador inicia el proceso, donde se comienzan a ejecutar todos los bloques programados en el PLC. De esta forma la tarea del operador se reduce a la supervisión de las variables del sistema y a la descarga de la mezcla. En caso de producirse alguna falla o anomalía durante la ejecución, el operador detiene inmediatamente el proceso mediante un pulsador de parada de emergencia.

## **2.7 Causas de una parada de emergencia.**

El Sistema está programado para realizar todas las operaciones de forma automatizada. Durante el proceso productivo pueden producirse situaciones que pueden ocasionar dificultades o fallas que afectan la calidad del producto o la integridad del equipamiento instalado. Es por ello que se tienen en cuenta durante la programación todos los factores que pudieran derivar en una situación de anomalía y que, para evitarla, se ejecuta una parada de emergencia.

Una parada de emergencia puede ser ejecutada de forma automática por el PLC ó manualmente por el operador. Dentro de las condiciones que pueden provocar una parada de emergencia están:

1. Falta de materiales en los dispositivos de almacenamiento o falla al abrir la compuerta.( El peso no aumenta durante un tiempo establecido)
2. Materiales extraños dentro de los áridos o falla al cerrar la compuerta (El peso de este material crece indefinidamente)
3. Sobrecarga de motores (disparo de térmicas)
4. Problemas de voltajes
5. Formula errónea (Parada accionada manualmente)
6. Accionamiento del límite superior de emergencia del carro tolva.
7. Rotura dentro de la mezcladora.(variaciones bruscas en el amperímetro)

## **2.8 El MOVICON, herramienta para la supervisión y el control.**

MOVICON (Monitoreo, Visión y Control) durante más de diez años ha sido punto de referencia en tecnologías de software para automatización, siempre manteniendo los conceptos de simplicidad, escalabilidad y potencia, funcionando siempre como sistema abierto. Este software para la automatización industrial, de la compañía italiana Progea combina las tecnologías más avanzadas para la monitorización y el control con un ambiente cómodo y amigable para el programador, logrando aplicaciones de alto nivel de desempeño(Progea 2006).

MOVICON introduce tecnologías innovadoras y modernas para sistemas de automatización. Además de las herramientas para la rápida creación de aplicaciones de

control y visualización, permite integrar fácilmente la aplicación con cualquier tipo de tecnología disponible en el mundo.

Este software ofrece la posibilidad de realizar potentes y compactos sistemas HMI. Gracias al mismo, el panel de operador se convierte en una pequeña estación SCADA, ofreciendo independencia del hardware, conectividad con los sistemas superiores de información e incrementando la potencia de la máquina.

### **2.8.1 Ventajas y desventajas que ofrece MOVICON.**

Este software de amplia aplicación industrial brinda muchas ventajas entre las cuales se destacan(Morales 2007):

- ♦ Sistema abierto: Se puede integrar el mismo proyecto en diferentes terminales de hardware. El mismo software puede permanecer a pesar de que el panel de operador cambia, permitiendo escoger el producto que mejor se adapte a las necesidades.
- ♦ Flexibilidad: puede integrar la información de la máquina con la planta o con un sistema de nivel superior de la fábrica.
- ♦ Potente: incrementa la calidad gráfica de la interfaz Hombre-Máquina ya que el MOVICON puede considerarse un pequeño SCADA con el potencial integrado de una plataforma del mismo tipo pero de alto nivel.
- ♦ Reducción de costos: MOVICON hace posible usar un solo software de supervisión (SCADA) tanto para PC como para pantallas HMI, con considerables ahorros en términos de aprendizaje, formación del personal y de mantenimiento.
- ♦ Gracias a su estructura abierta, se puede escoger aquel que mejor se ajuste a 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 no sólo en el entorno industrial sino también en la automática de edificios. No obstante presenta algunas desventajas como son:

- ♦ Al ser una aplicación profesional, requiere del pago de una licencia para su explotación.
- ♦ Requiere de un personal capacitado para crear las aplicaciones.

### 2.8.2 Filosofía de funcionamiento.

El MOVICON 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. Estos datos adquiridos son coleccionados dentro de una RTDB y luego son disponibles para todos los objetos y recursos para crear sinópticos, alarmas, recetas, gráficos y reportes, de forma animada.

El MOVICON posee las siguientes características(Morales 2007):

- ♦ Sistema SCADA/ HMI para Win32.
- ♦ Trabaja bajo sistemas operativos desde Win2000 hasta WinCE.
- ♦ Es un sistema Cliente/Servidor de 32 bit.
- ♦ Contiene una amplia biblioteca de símbolos y objetos gráficos.
- ♦ Contiene editores de menú y cajas de diálogo.
- ♦ Gráficos, hojas de trabajo y administrador de alarmas.
- ♦ Programación en Basic Script compatible con VBA.
- ♦ Objetos PID integrados.
- ♦ Red de Cliente/Servidor de TCP/IP.
- ♦ Soporte de OLE2, ODBC, DDE, DAO/ADO, SQL y OPC.

Los datos de un proyecto hecho en MOVICON son llevados a una RTDB, que 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 las variables puede accionar los controles o alarmas de forma directa. Permite, además, la conexión a través de TCP/IP a estaciones remotas y se conecta dinámicamente a bases de datos externos a través de ODBC. Está disponible para otras aplicaciones gracias a la funcionalidad del Servidor OPC integrado que el MOVICON fue una de las primeras aplicaciones SCADA en implementar su uso(Vidal 2002).



El MOVICON posee un ambiente gráfico, que cuenta con un editor de objetos y un conjunto de bibliotecas gráficas con que los se pueden implementar mímicos animados. En estas bibliotecas se puede encontrar todo tipo de objetos, desde flechas, tubos y tanques hasta sensores, máquinas, casas, edificios entre muchos otros. Los mímicos también ofrecen un interfaz a Basic Script VBA(Progea 2007). El rendimiento de una aplicación en MOVICON no disminuye cuando se aumenta el número de variables porque son mapeadas directamente sin que se acceda a la base de datos durante el tiempo de ejecución. De este modo se pueden implementar proyectos de gran envergadura sin que se afecte la eficiencia y funcionamiento del programa. 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* o *array*.

Los indicadores mostrados en el mímico adquieren su valor desde la variable asignada a los mismos, correspondiente al valor real de la medición. Dentro de estos indicadores están los leds, los relojes, las barras indicadoras y las cajas de diálogo, entre otros.

## Capítulo 3. RESULTADOS DE LA INGENIERIA INVERSA

En este capítulo se hace un análisis de los resultados alcanzados, realizándose comparaciones con los objetivos planteados. El mismo está conformado por tres epígrafes. El primero se refiere a los resultados obtenidos del análisis del programa y de las conexiones eléctricas, donde se muestra una tabla de direcciones de E\S, el diagrama de flujo, el esquema de control y el esquema eléctrico de fuerza. El segundo epígrafe que está dirigido a la propuesta de la aplicación SCADA y por último el análisis económico, donde se brindan datos interesantes del trabajo realizado.

### 1.1 Resultados obtenidos del análisis del programa.

#### 3.1.1 Tabla de direcciones de entrada-salida

A continuación se presenta la tabla de direcciones de E\S obtenida del autómata de la Planta de hormigón de Cayo Santa María, donde se muestra la dirección, el tipo, el número del cable y la descripción de las variables empleadas en el programa.

Tabla 3.1. Tabla de memoria obtenida del programa del PLC.

Dirección	Tipo	Cable que conecta al PLC	Descripción
000.00	Entrada	95	Accionamiento manual o automático.
000.01	Entrada	87	Parada de emergencia
000.02	Entrada	80	Mezcladora abierta
000.03	Entrada	82	Mezcladora cerrada
000.04	Entrada	88*	Tolva de cemento cerrada
000.05	Entrada	89*	Tolva de agua cerrada
000.06	Entrada	-	Disponible
000.07	Entrada	-	Disponible
000.08	Entrada	-	Disponible
000.09	Entrada	-	Disponible
000.10	Entrada	84	Límite inferior del carro tolva

000.11	Entrada	85	Límite superior del carro tolva
000.12	Entrada	86	Límite de emergencia del carro tolva
000.13	Entrada	-	Disponible
000.14	Entrada	-	Disponible
000.15	Entrada	-	Disponible
001	Entrada		Pesaje de los áridos
002	Entrada		Pesaje del cemento
003	Entrada		Pesaje del agua
004	Entrada		Pesaje de los aditivos
100.00	Salida	47	Descarga de árido 1a
100.01	Salida	46	Descarga de árido 1b
100.02	Salida	48	Descarga de árido 2a
100.03	Salida	49	Descarga de árido 2b
100.04	Salida	50	Descarga de árido 3a
100.05	Salida	51	Descarga de árido 3b
100.06	Salida	52	Descarga de árido 4a
100.07	Salida	53	Descarga de árido 4b
100.08	Salida	54	Sinfín del silo 1
100.09	Salida		
100.10	Salida	55	Sinfín del silo 1
100.11	Salida	56*	Bomba de agua
100.12	Salida	59	Ajuste grueso del agua
100.13	Salida	60	Ajuste fino del agua
100.14	Salida	61	Aditivo 1(llenado de la pesa)
100.15	Salida	62	Aditivo 2(llenado de la pesa)
101.00	Salida	63	Arranque de la cinta transportadora
101.01	Salida	70	Descarga del cemento
101.02	Salida	66*	Vibrador de la cinta transportadora
101.03	Salida	72	Descarga de agua
101.04	Salida	73	Descarga de aditivo

101.05	Salida	64	Subir el carro tolva
101.06	Salida	65	Bajar el carro tolva
101.07	Salida	75	Abrir mezcladora
101.08	Salida	76	Cerrar mezcladora
101.09	Salida		
101.10	Salida	78*	Arrancar motor de la mezcladora
101.11	Salida		
101.12	Salida		
101.13	Salida	41	Vibrador del cemento
101.14	Salida	77	Timbre o zumbador
101.15	Salida		

\* Los números señalados son cables que estaban desconectados.

### 3.1.2 Diagrama de flujo de la Planta.

Posteriormente se muestra el diagrama de flujo de la Planta, que se obtuvo como resultado del análisis al programa del PLC y de entrevistas que se hicieron a los operadores. En este esquema se puede ver de forma general los procedimientos que realiza el controlador durante el funcionamiento de la planta en modo automático. Para realizar un análisis más profundo de la figura 3.1, ver las figuras de los anexos III, IV, V y VI, donde se muestran los diagramas de flujo de secuencia de pesaje de áridos, secuencia de transporte, secuencia de pesaje y dosificación del cemento y secuencia de pesaje y dosificación de agua y aditivos respectivamente.

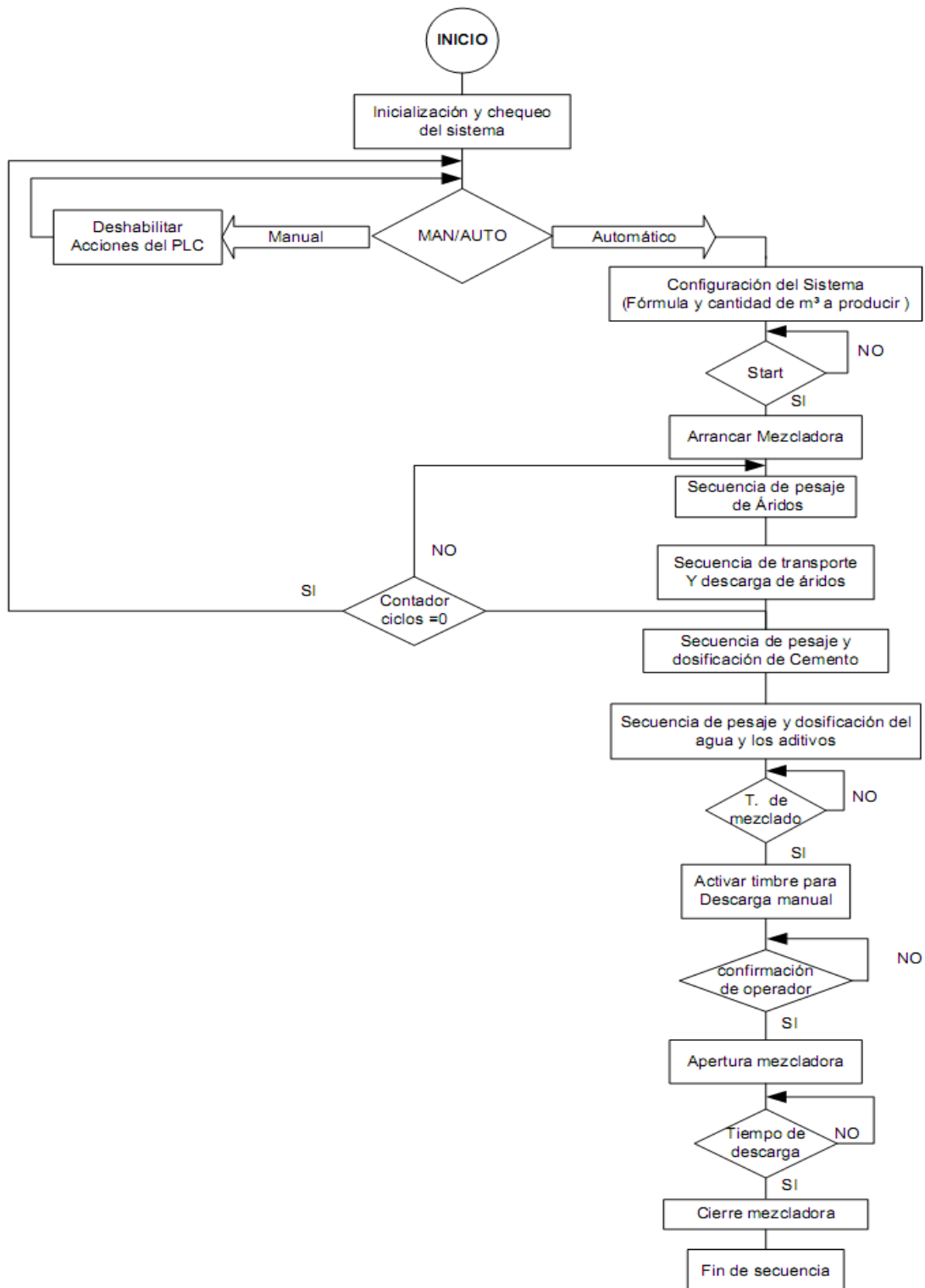
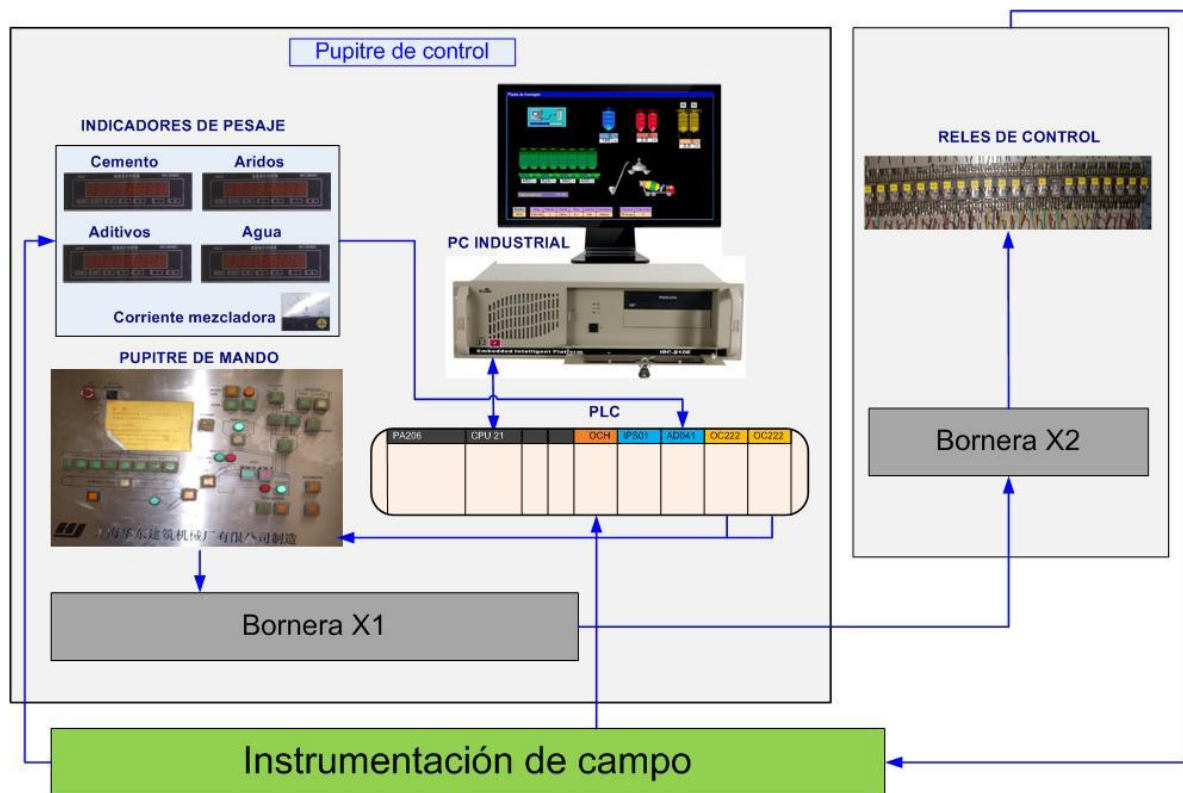


Figura 3. 1 Diagrama de flujo

### 3.1.3 Esquema de control

Del estudio realizado a la instalación se obtuvo el esquema de control, que se muestra en la figura 3.2. Como se puede ver, en el pupitre de control, se concentran todos los elementos relacionados con el control del proceso. Se incluye el PLC, los indicadores de pesaje de los elementos y la PC de supervisión y control. A través del cableado se conectan los dispositivos de instrumentación, instalados en el campo (celdas de carga e interruptores límites), al PLC. Después que las señales son procesadas, van por medio de cables al panel de fuerza, mostrado a la derecha donde se localizan los relés de control para el accionamiento de los circuitos de mando y fuerza.



**Figura 3. 2. Esquema de control.**

En la tabla 3.2 del anexo VII se muestran las conexiones de los relees de control que a cada uno de los dispositivos de accionamiento. Estos relees son accionados por el PLC durante el funcionamiento en modo automático y por los pulsadores e interruptores del pupitre de mando durante el funcionamiento en modo manual.

En la figura 3.3 se presenta el esquema eléctrico de fuerza de la planta, donde se pueden ver las protecciones y los accionadores magnéticos correspondientes a cada motor de la industria.

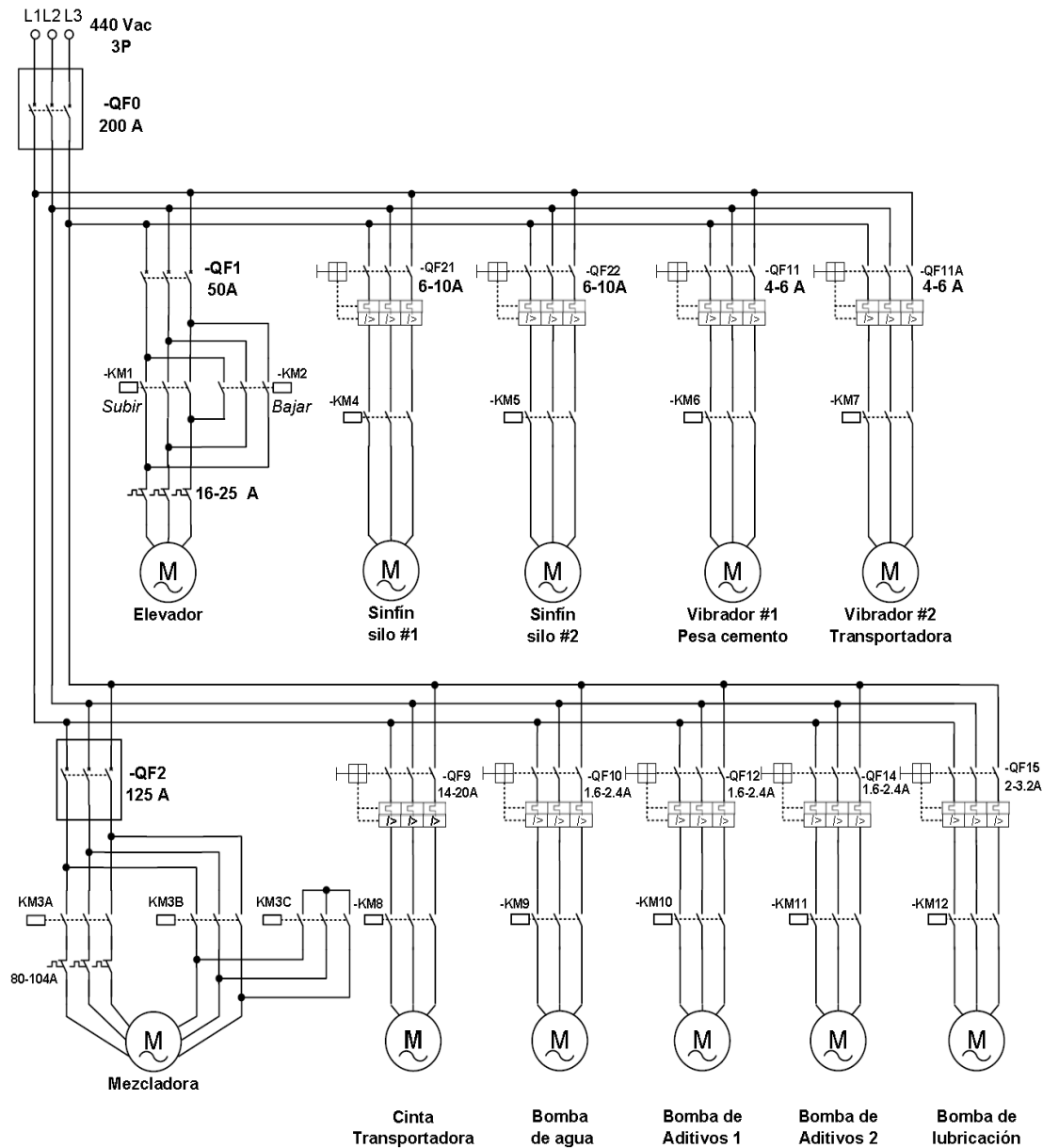


Figura 3. 3 Esquema eléctrico de fuerza

### 3.2 Propuesta del SCADA.

En la actualidad existen muchos software para el diseño de sistemas de supervisión y control entre los que se destacan LabView, WinCC, CIRNET y MOVICON. Para el desarrollo de este trabajo se propone el MOVICON porque está ampliamente difundido en el país, existe experiencia en el trabajo con este software, tiene muy buenas relaciones precio-prestaciones y Copextel es proveedor del mismo en Cuba.

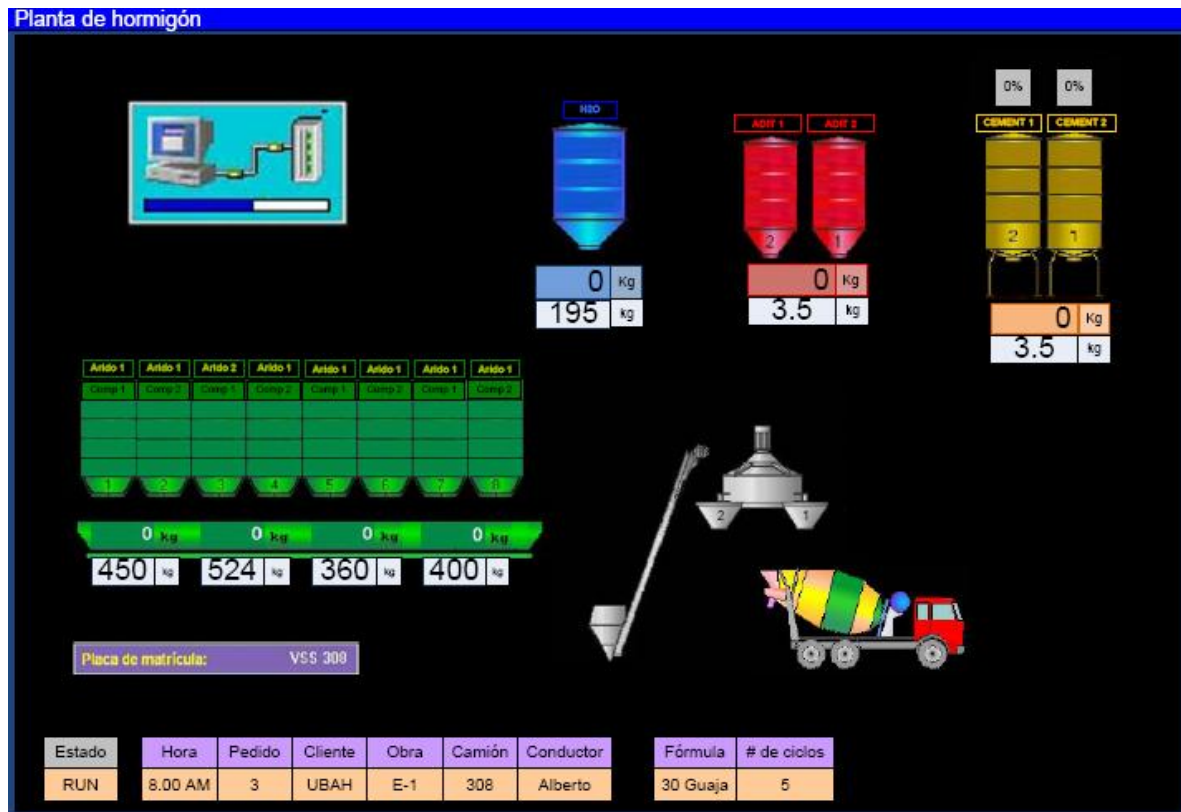
SCADA propuesto.

La principal característica que debe cumplir un SCADA en su diseño es que debe responder, de la forma más eficiente posible, a los requerimientos del proceso que se va a controlar y al de los operadores que lo van a utilizar. Considerando los años de experiencia en el trabajo con la Planta de tecnología italiana y a los buenos resultados de su explotación y de sus prestaciones, se considera dicha planta una referencia en cuanto a las condiciones que debe cumplir la aplicación que se desea implementar. Partiendo de los estudios realizados podemos definir los siguientes elementos como factores a considerar en el desarrollo del nuevo SCADA:

- ♦ Capaz de almacenar las fórmulas requeridas y de crear nuevas para el trabajo de producción, partiendo de las características específicas de los áridos con que se cuenta localmente en el territorio.
- ♦ Posibilidad de producir los volúmenes necesarios de hormigón definiendo el número de ciclos que se deseen.
- ♦ El operador debe contar con información visual en pantalla de todas las variables necesarias para el correcto desempeño de las operaciones. Pueden utilizarse colores para identificar e informar el estado de diferentes variables, además de los valores numéricos necesarios.
- ♦ Posibilidad de ingresar todos los datos necesarios para elaborar la factura y certificación de calidad de cada pedido que se produce, así como los reportes de producción diario y mensual.



Un ejemplo de lo que podría ser el mímico de la pantalla principal del SCADA que se propone se muestra en la figura 3.4. Dicha pantalla cumple con todos los requerimientos en cuanto a la información que se necesita visualizar y, a su vez, destaca por su sencillez y facilidad de comprensión.



**Figura 3. 4 Pantalla principal del SCADA propuesto.**

### 3.2 Análisis económico.

Todo proyecto, antes de su aprobación, debe pasar primeramente por un estudio de factibilidad. La dinámica de la economía mundial implica riesgos que hay que tener en cuenta para evitar dificultades que podrían malograr el resultado de años de esfuerzo. Nuestro país posee recursos materiales muy limitados pero cuenta con un potencial científico y técnico de alto nivel, capaz de asumir los retos más disímiles. La necesidad de la independencia tecnológica implica buscar soluciones propias que permitan ahorrar cuantiosos recursos por concepto de pago de servicios técnicos especializados en el

extranjero. Es por ello que uno de los objetivos principales de este trabajo consiste en buscar una solución propia que garantice el funcionamiento ininterrumpido de esta Planta utilizando las potencialidades de nuestros especialistas, logrando solucionar los problemas a un menor costo y en plazos más breves.

La Planta fue adquirida a un costo inicial de \$210000.00 y los servicios técnicos por especialistas extranjeros tienen un costo de \$8000.00 por cada asistencia. Esto significa que, cada vez que se presenta una rotura es necesario contratar este servicio por un importe similar y con la consiguiente pérdida de tiempo que requieren estos trámites.

La propuesta de este trabajo consiste en buscar una solución alternativa que sea técnicamente competitiva y permita asumir, con los técnicos que cuenta la Planta, las reparaciones necesarias en el tiempo más breve posible. Esto requeriría un trabajo de ingeniería y la debida capacitación del personal de la Planta. Los costos asociados a una inversión de este tipo ascenderían a los valores siguientes:

Tabla 3.3. Costo de la implementación del sistema automatizado.

Elemento	Descripción	Costo (MT)*
Equipamiento	MOVICON X2, licencia I/O ilimitada, llave de programación USB	3610.36
Servicio	Ingeniería y desarrollo de la aplicación	8147.59
Total de la inversión:		11757.95

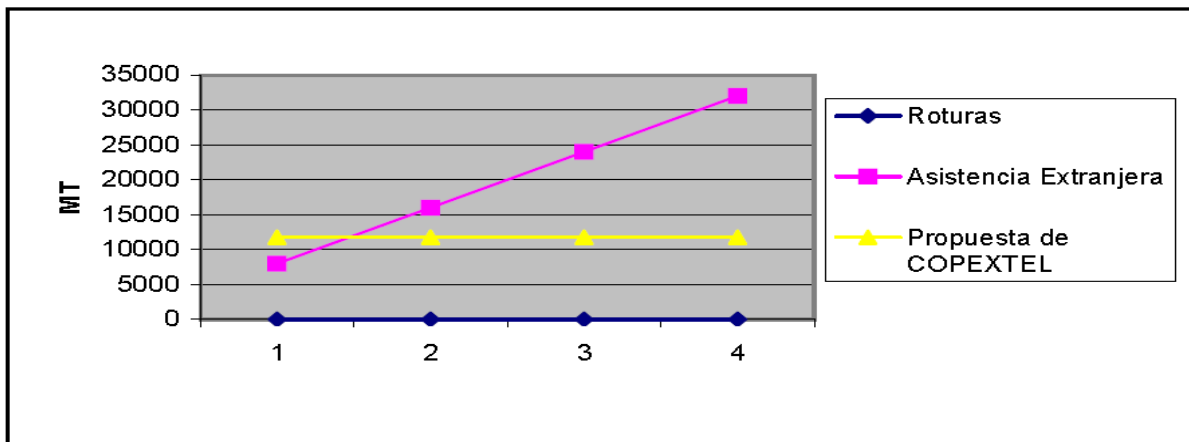
\* Los valores mostrados corresponden a moneda total (CUC+MN).

En el anexo VIII se muestra una oferta comercial presentada por COPEXTEL en la que se brindan con más detalle de los costos de esta inversión.

Aunque la inversión inicial resulta más cara que el valor de una asistencia técnica extranjera es necesario tener en cuenta que el monto de la inversión es acumulativo y se va amortizando, con la ventaja adicional de que una vez instalado el sistema y efectuada

la asesoría técnica por los especialistas de COPEXTEL, los servicios de ingeniería no se contratarían puesto que serían asumidos por los técnicos de mantenimiento de la Planta.

En la figura 3.5 se muestra de forma gráfica los gastos acumulativos por concepto de servicios de ingeniería para la rehabilitación del funcionamiento automatizado de la Planta. Para el caso de continuar con la contratación de asesoría extranjera se incurriría en gastos de \$8000.00 por cada visita y estos se incrementan de forma lineal. Sin embargo, se observa claramente que ya para la segunda visita resulta más económica la variante propuesta en este trabajo con solución nacional ejecutada por COPEXTEL puesto que solo se requiere de una inversión inicial.



**Figura 3. 5 Gastos acumulativos por trabajos de ingeniería.**

Desde el punto de vista económico también se reducen considerablemente las cantidades de cemento por metro cúbico producido, alcanzándose una calidad optima de la mezcla y se contribuye al ahorro energético al mejorar la eficiencia del uso de los portadores energéticos que emplea la planta.

Con respecto al medio ambiente se contribuye a erradicar:

- ♦ Las emisiones de polvo a la atmósfera por encima de los patrones permisibles.
- ♦ Se disminuyen los niveles de ruido por encima del umbral permisible.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

A modo de conclusión se presentan los siguientes puntos, que reflejan de forma precisa el cumplimiento de los objetivos trazados:

- ♦ Con la realización de este trabajo se obtuvo la información necesaria acerca del proceso y de la tecnología instalada la Planta.
- ♦ Se logro obtener el programa y la tabla de direcciones de E\S del PLC.
- ♦ Para una mejor comprensión del proceso se hizo una descripción detallada del funcionamiento de la planta en modo manual y automático.
- ♦ Se obtuvo el diagrama de flujo y el esquema eléctrico de la planta.
- ♦ Teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para la supervisión y control del proceso se propuso el sistema SCADA.

### Recomendaciones:

Como recomendaciones de este para trabajo de diploma proponemos:

- ♦ Organizar la documentación técnica recopilada y elaborar un manual técnico de la Planta.
- ♦ Implementar un sistema SCADA teniendo en cuenta la propuesta realizada en este trabajo.
- ♦ A partir del estudio realizado diseñar un sistema de automatización para una planta de hormigón, utilizando la tecnología más factible para nuestro país.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Aïtcin, P.-C. (2008). El futuro del hormigón y el hormigón del futuro Québec, Universidad de Sherbrooke, Canadá.

Alemán, I. G. (2010). Programación del sistema de control Pueblo Dunas. Departamento de automática y sistemas computacionales. Santa Clara, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Bayón, R. M. (2005). "Sistemas domóticos basados en PLC." Accedido el 17 de marzo 2011.

Blanca Almazán, I. C., Sonia Osuna y Karina Valdés (2008). Automatización. México.

Castellanos, E. I. (2008). Sistemas de Automatización. Santa Clara, Editorial Samuel Feijóo.

Coca, L. V. (2007). Identificación y Representación de las Principales Variables de la Etiquetadora KOSME de la Ronera. Departamento de Automática y Sistemas Computacionales. Santa Clara, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Díaz, R. C. (2010). Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina para el Sistema de Automática Pueblo Dunas. Departamento de Automática y Sistemas Computacionales. Santa Clara, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Diéguez, J. J. R. (2005). La evolución del control de procesos y la telemetría, Universidad Rafael Landívar.

Elba-Werk (2011). Machines for concrete. Alemania.

EVOC Technology Co., L. H. (2008). "EVOC IPC-810A Industrial 4U Chassis."

Accedido el 2 de abril, 2011, de

<http://hzevoc.en.b2b168.com/shop/supply/2701606.html>.

LTD., S. (2009). Concrete batching plant. Corea.

Machine, S. J. (2009). "Construction Machinery - China Concrete Batching Plant."

Accedido el 25 de marzo, 2011, de <http://www.sdjianling.cn>.

Matte, R. (2007). Introduccion a HMI.

Meka (2010). Concrete batching plant. Turquía, Muhendislik Ins. San. ve Tic. Ltd. Sti. .

Meza, L. E. C. (2007). SCADA System's & Telemetry, Atlantic International University.

Monitouch, H. (2009). HMI y Pantallas Táctiles. Chile.

Montejo, I. L. (2011). Estado actual de la tecnología de las plantas de hormigón en Cuba. Santa Clara.

Morales, E. S. (2007). Identificación y Representación de las Principales Variables del Proceso de Embotellado de la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena". Departamento

de Automática y Sistemas Computacionales. Santa Clara, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

OMRON (2000). "Guía de Intalación del SYSMAC CQM1H."

OMRON (2002). "SoftwareToolsandProgrammingDevices."

Pascual, O. U. (2009). Desarrollo del SCADA para la Máquina Embotelladora de la Ronera Central, empleando el Software Movicon X2. Departamento de Automática y Sistemas Computacionales Santa Clara, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Progea, C. (2006). "Visualization and Control for Embedded System Based on Windows CE." Accedido el 18 de Mayo, 2011, de

[www.movicon.info/docum/SPA/MoviconX1CE\\_ESP.pdf](http://www.movicon.info/docum/SPA/MoviconX1CE_ESP.pdf).

Progea, C. (2007). "Movicon Programmer Guide." Accedido el 15 de mayo, 2011, de [www.movicon.info/download/eng/Movicon\\_Programmer\\_Guide\\_955.pdf](http://www.movicon.info/download/eng/Movicon_Programmer_Guide_955.pdf).

Ruedas, I. C. (2009). Automatización industrial.

Stetter, S. (2006). Batching & Mixing Plants for Concrete. India.

Vidal, P. (2002). "OPC: Un estándar en las redes industriales y buses de campo." Accedido el 25 de mayo, 2011, de

[www.senacitel.cl/downloads/senacitel2002/te001.pdf](http://www.senacitel.cl/downloads/senacitel2002/te001.pdf).

## ANEXOS

### Anexo I Ambiente del Cx-Programmer 3.0.

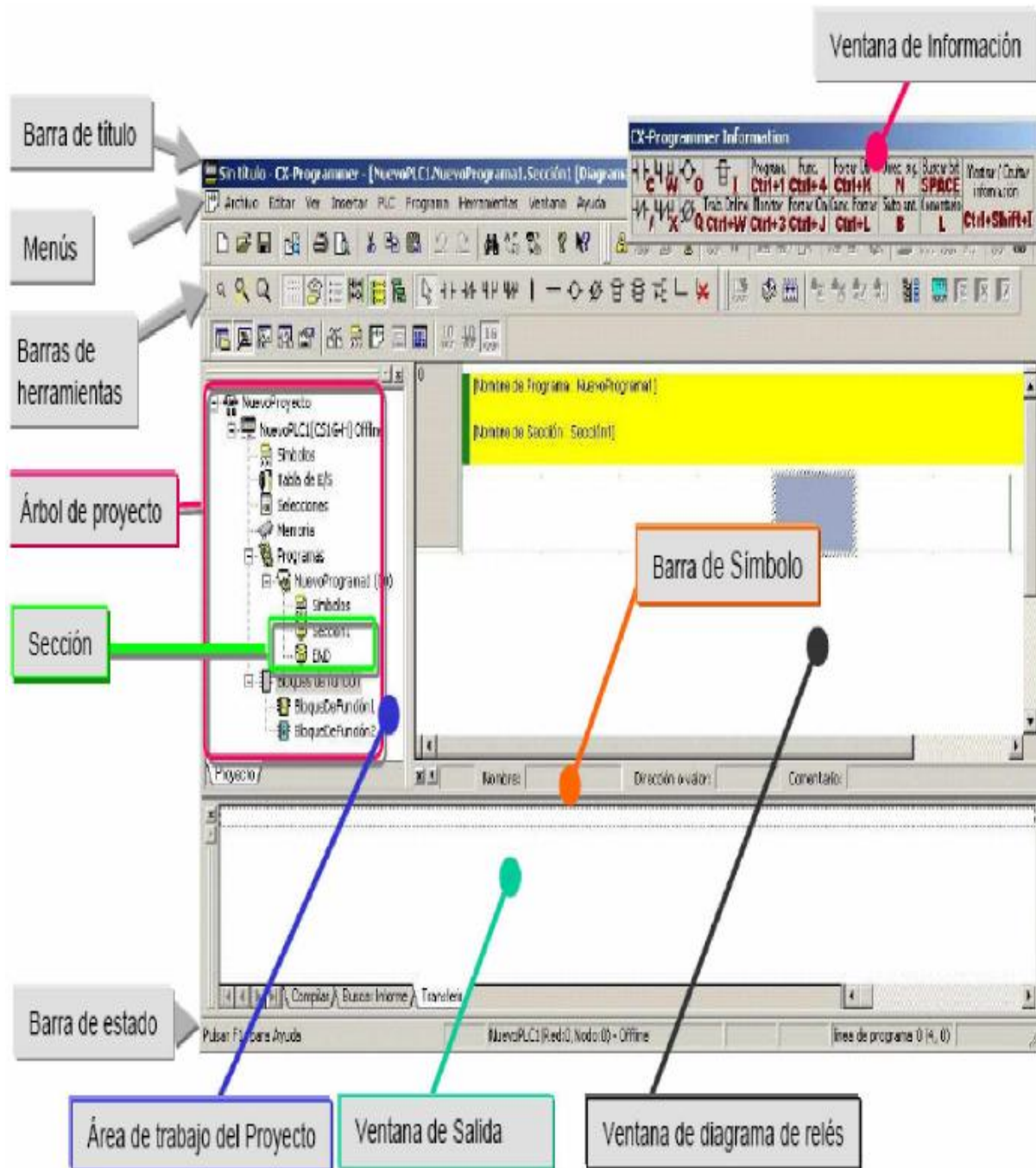
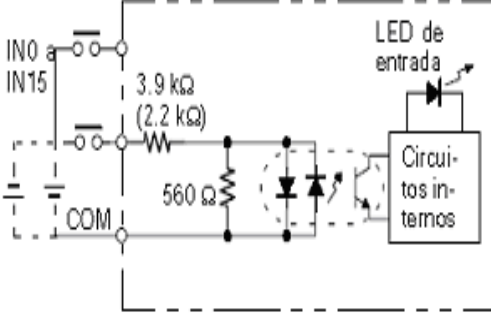


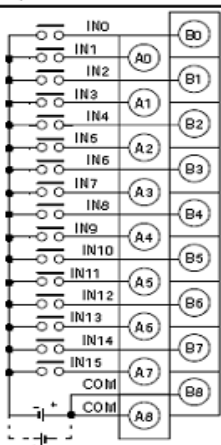
Figure 1. Ambiente del CX-Programmer 3.0.



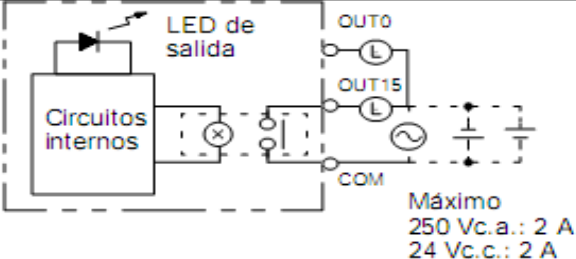
## Anexo II Características de algunos de los módulos que contiene el PLC instalado.

**Tabla 2.3 Módulo de entradas digitales integradas en la CPU.**

Item	CQM1H-CPU11/21/51/61
Tensión de entrada	24 Vc.c. $+10\%$ / $-15\%$
Impedancia de entrada	IN4 y IN5: 2.2 k $\Omega$ ; resto de entradas: 3.9 k $\Omega$
Corriente de entrada	IN4 y IN5: 10 mA t <sub>rp.</sub> ; resto de entradas: 6 mA t <sub>rp.</sub> (a 24 Vc.c.)
Tensión de ON	17.4 Vc.c. mín.
Tensión de OFF	5.0 Vc.c. máx.
Retardo a ON	Por defecto: 8 ms máx. (seleccionable entre 1 y 128 ms en el Setup del PLC; ver nota)
Retardo a OFF	Por defecto: 8 ms máx. (seleccionable entre 1 y 128 ms en el Setup del PLC; ver nota)
No. de entradas	16 puntos (16 entradas/común, 1 circuito)
Configuración del circuito	 <p>Nota Los valores entre paréntesis son para IN4 e IN5. La fuente de alimentación de entrada se puede conectar en cualquier polaridad.</p>

Item	CQM1H-CPU11/21/51/61
Conexiones de terminales	

**Tabla 2.4 Características técnicas del módulo de salidas digitales de contacto OC-**

Item	CQM1-OC222
Capacidad de conmutación máx.	2 A, 250 Vc.a. ( $\cos\phi = 1$ ) 2 A, 250 Vc.a. ( $\cos\phi = 0.4$ ) 2 A, 24 Vc.c. 8 A/Unidad
Capacidad de conmutación mín.	10 mA, 5 Vc.c.
Relé	G6D-1A
Vida útil del relé	Eléctrica: 300.000 operaciones (carga resistiva) 100.000 operaciones (carga inductiva) Mecánica: 20.000.000 operaciones
Retardo a ON	10 ms máx.
Retardo de OFF	5 ms máx.
No. de salidas	16 puntos (16 puntos/común, 1 circuito)
Consumo interno	850 mA máx., a 5 Vc.c.
Peso	230 gramos máx.
Configuración del circuito	 <p>Máximo 250 Vc.a.: 2 A 24 Vc.c.: 2 A</p>

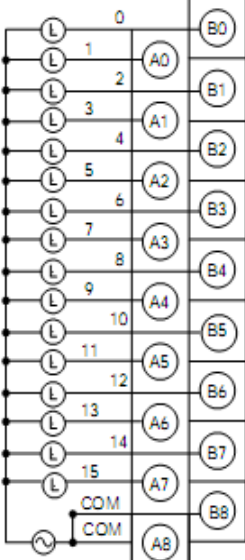
Conexiones de terminales	
--------------------------	--

Tabla 2.5 Características técnicas del módulo de entradas analógicas AD041

Ítem		Especificaciones*
Número de entrada analógica.		4 o 2(seleccionado con interruptor DIP)
Rango de señal de entrada		-10 a +10V
	Tensión	0 a 10V
		1 a 5V
	Corriente	4 a 20mA (0 a 20mA)
Impedancia de entrada	Tensión	1Mohmio mínimo
	Corriente	250ohmio
Resolución		1/4000
Precisión		+1.0%,-1.0%
Velocidad de conversión		2.5ms/1pt.
		(1.2ms/1pt.)
Consumo		80mA máximo.
		5Vc.c.

### Anexo III Secuencia de pesaje de áridos

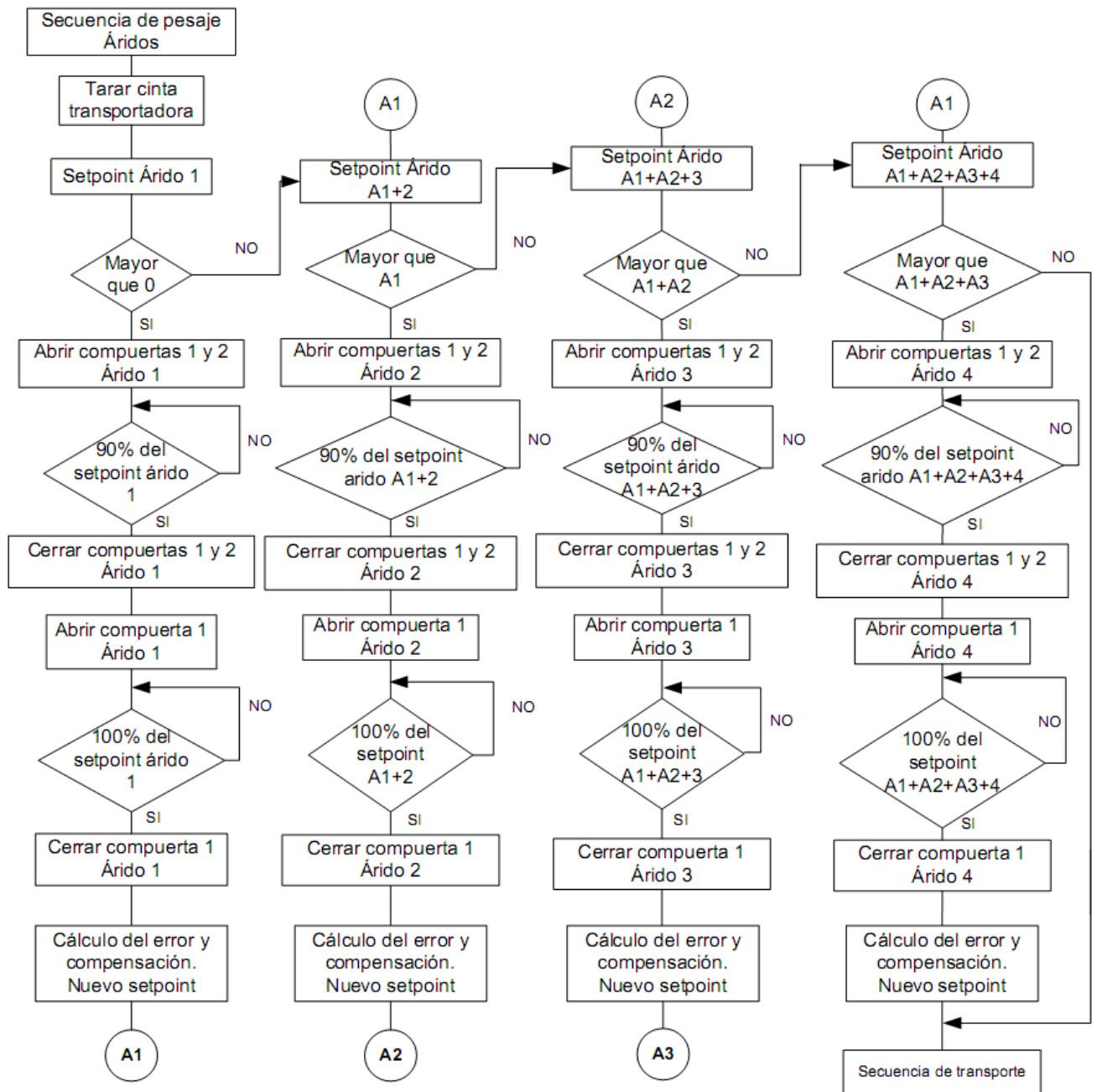


Figura 1. Secuencia de pesaje de áridos

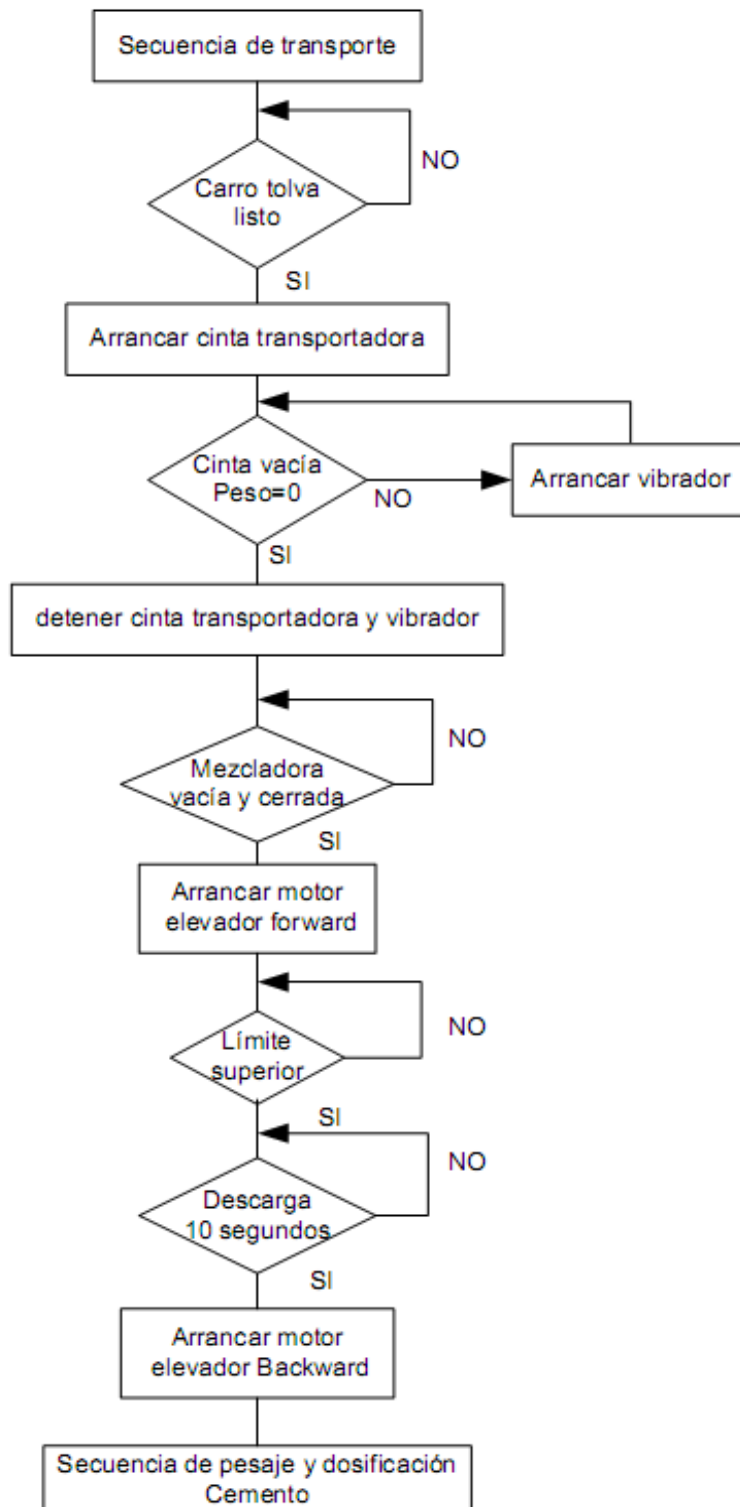
**Anexo IV Secuencia de transporte de áridos**

Figura 1. Secuencia de transporte de áridos

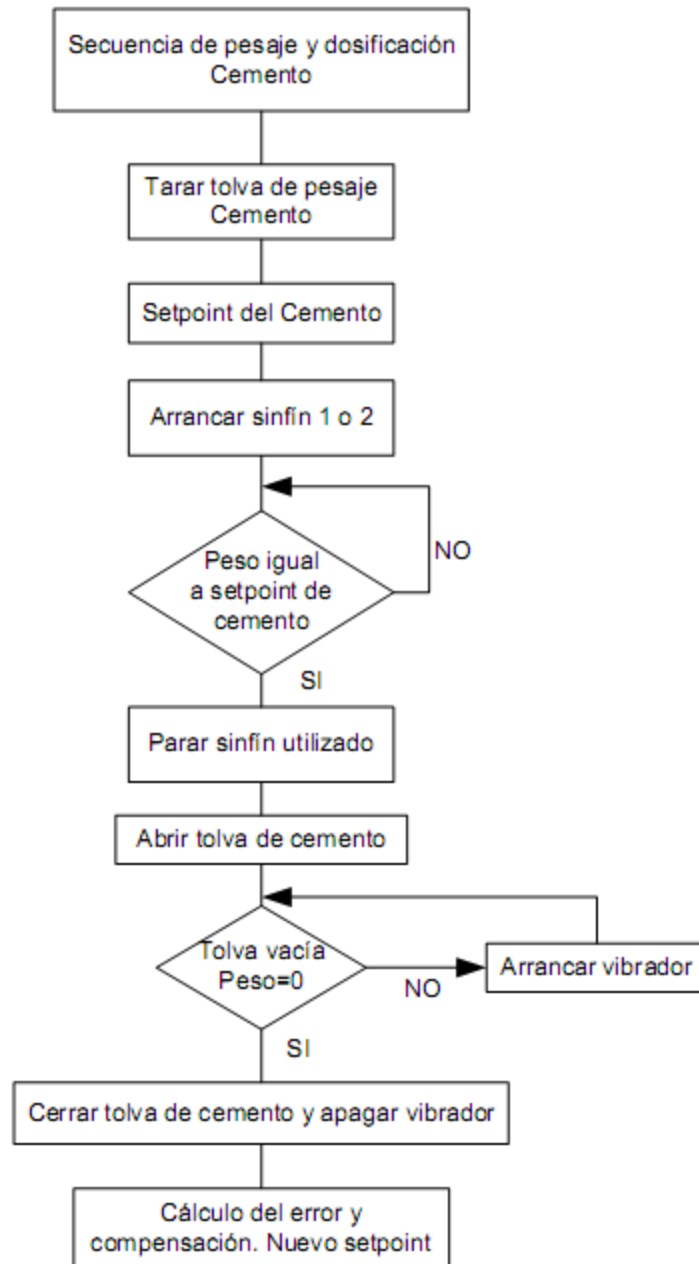
**Anexo V Secuencia de pesaje y dosificación del cemento.**

Figura 1. Secuencia de pesaje y dosificación del cemento.

### Anexo VI Secuencia de pesaje dosificación de agua y aditivos.

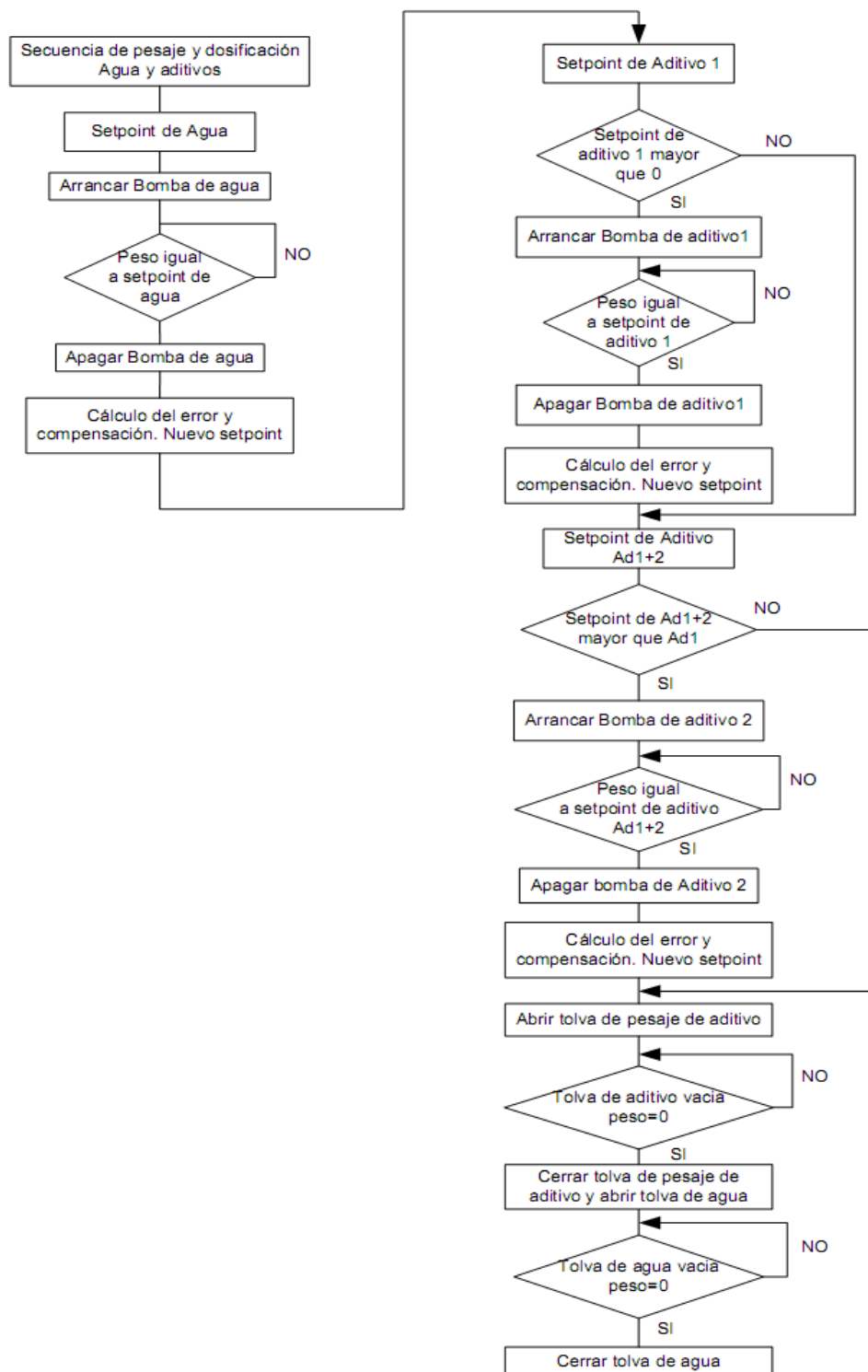


Figura 1. Secuencia de pesaje y dosificación de agua y aditivos.


## Anexo VII Conexiones de los relees de control.

Tabla 3.2. Tabla de conexiones de los relees

Cable que conecta al PLC	Cable que acciona el relé de control	Nombre del relé	Función que realiza
47	7	KA7	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 1a
46	6	KA6	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 1b
48	8	KA8	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 2a
49	9	KA9	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 2b
50	10	KA10	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 3a
51	11	KA11	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 3b
52	12	KA12	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 4a
53	13	KA13	Acciona la electroválvula de la compuerta de árido 4b
54	14	KA14	Acciona el magnético KM4 que activa el motor del sinfín silo 1
55	15	KA15	Acciona el magnético KM5 que activa el motor del sinfín silo 2
56	116	KA61	Acciona el magnético KM9 que activa el motor de la bomba de agua
59	19	KA19	Acciona la electroválvula de ajuste grueso del agua
60	20	KA20	Acciona la electroválvula de ajuste fino del agua
61	21	KA21	Acciona el magnético KM10 que activa la bomba de aditivos 1
62	22	KA22	Acciona el magnético km11 que activa la bomba de aditivos 2
63	23	KA23	Acciona el magnético KM11 que activa el motor de la cinta transportadora
70	30	KA30	Acciona la electroválvula para la descarga del cemento
66	109	KA47	Acciona el magnético KM7 que activa el motor vibrador de la cinta transportadora
72	32	KA32	Acciona la electroválvula para la descarga del agua
73	33	KA33	Acciona la electroválvula para la descarga de los aditivos
64	24	KA24	Acciona el magnético KM1 que activa el motor para subir carro tolva
65	25	KA25	Acciona el magnético KM2 que activa el motor para bajar carro tolva
75	35	KA35	Acciona la electroválvula para abrir la mezcladora
76	36	KA36	Acciona la electroválvula para cerrar la mezcladora
78	117	KA60	Acciona el magnético KM3A que activa el motor que arrancar la mezcladora al circuito de conmutación delta-estrella que gobierna los contactores KM3B y KM3C
41	40	KA1	Acciona el magnético KM6 que activa el motor vibrador del cemento
77	37	KA37	Activa el timbre para la descarga del homigón



## Anexo VIII Oferta para el sistema automático de la Planta de hormigón HZS40 de Cayo Santa María.




**Copextel S.A.**  
División Villa Clara

**Gerencia de Informática y Comunicaciones.**  
Calle Nueva / Prolongación de Marta Abreu y Plaza de la Revolución,  
Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Teléfonos: (53) 42 291757 - Fax: (53) 42 29 1546

---

**Cliente:** MINFAR, ECOT CAYO SANTA MARÍA  
**Código:** 2123440305 **Fecha:** 26/05/2011  
**Teléfono:** 351074, 351172 **Fax:** 351179  
**E-mail:** [felix@ecot.co.cu](mailto:felix@ecot.co.cu)



No. Orden: 484

**ASUNTO: SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PLANTA HORMIGON CAYO SANTA MARIA.**

Item	DESCRIPCION DEL EQUIPAMIENTO	Precio CUC	Precio MN	Cant	Total CUC	Total MN
DI.RTX-FL-F	MOVICON X2, licencia I/O ilimitada, llave de prog. USB	2777,20	833,16	1	2777,20	833,16
Forma de pago: <b>Bajo contrato</b>		<b>TOTAL EQUIPAMIENTO CUC: \$2.777,20</b>				
<b>Cheque</b>	<b>Validez de la oferta: 30 días</b>	<b>TOTAL ARANCEL EQUIPAMIENTO MN</b>				<b>\$833,16</b>

Item	DESCRIPCION DEL SERVICIO	Precio CUC	Precio MN	Cant	Total CUC	Total MN
ING	Servicio de Ingeniería	0,00	1200,00	1	0,00	1200,00
SDICC222/122	Sist de Control Automático, Nivel de Complejidad alto	1465,71	43085,48	0,15	219,57	6454,42
Alim	Alimentación	144,00	0	1	144,00	0,00
Aloj	Alojamiento	129,60	0	1	129,60	0,00
<b>TOTAL SERVICIO CUC:</b>					<b>\$493,17</b>	
<b>TOTAL SERVICIO MN</b>						<b>\$7.654,42</b>

<b>IMPORTE TOTAL DE LA OFERTA DEL SISTEMA:</b>	<b>CUC</b>	<b>\$3.270,37</b>
	<b>MN</b>	<b>\$8.487,58</b>
	<b>MT</b>	<b>\$11.757,95</b>

Página 1 de 1.

**Cliente:**  
Nombre: Félix Barranco Estrada  
C.I.: 72012173745  
Firma: \_\_\_\_\_

**Oferta Realizada por:**  
Ing. Leonardo Montejo Rodríguez  
Esp. Soluciones en Automática  
Email: [montejo@vc.copextel.com.cu](mailto:montejo@vc.copextel.com.cu)

Dirija sus pagos en divisas a: Corporación Copextel S.A.  
En MN a: SAC CORPORACIÓN COPEXTEL S.A. DIVISION CENTRO.  
En CUC o USD a nuestra cuenta 0300000002606322 en el Banco Financiero Internacional S.A.  
En MN a la cuenta 0643301007700115 del Banco de Crédito y Comercio (BANDEC).

**Copextel S.A. La Solución Integral**

División Villa Clara, Certificada ISO 9001




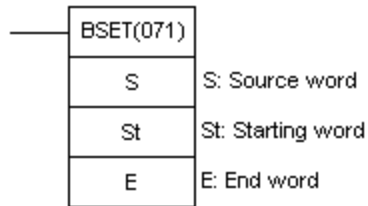
Figura 1. Oferta de sistema de control automático para la Planta HZS40 de Cayo Santa María.

**Anexo IX Ejemplos de algunas fórmulas que se elaboran en esta planta.****Tabla 1 Algunas de las fórmulas que se elaboran en esta Planta.**

Recetas	Arena	gravilla	cemento	agua	aditivo
30 Purio	910	856	390	180	3.5
20 Purio	1013	855	290	173	2.6
30 Guajabana	974	787	380	195	3.5
Mortero prepiso	1532	–	252	255	4
30 Arimao	819	926	400	191	3.6
30 Bomba	936	811	410	176	3.6

## Anexo X Descripción del funcionamiento de las instrucciones utilizadas en el programa.

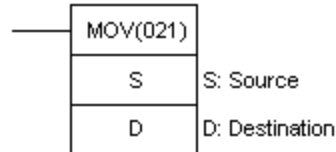
### BSET (71) - Fijar Bloque



Descripción:

Cuando la condición de ejecución está en *ON* copia el contenido de S a todos los canales desde St a E.

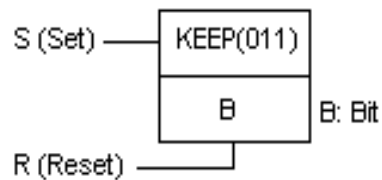
### ♣ MOV (21) - Mover



Descripción:

Cuando su condición de ejecución está en *ON* pasa el valor de S a D.

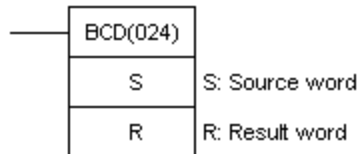
### ♣ KEEP (11) - Relee de Enclavamiento



Descripción:

Cuando la condición de ejecución *S* está en *ON* se activa el bit *B* y se mantiene en *ON* hasta que se active la condición de *reset* *R*.

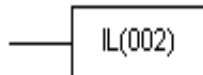
#### ◆ **BCD (24) - Binario a BCD**



Descripción:

Convierte el contenido binario (hexadecimal) de *S* a su equivalente numérico en bits BCD y lo envía a *R*. Sólo cambia el contenido de *R*; el contenido de *S* permanece inalterable.

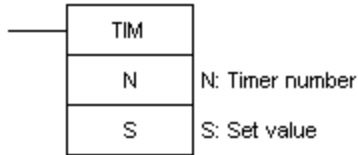
#### **IL (02) – Interlock (bloqueo interno)**



Descripción:

Si la condición de ejecución del *interlock* es *OFF*, todas las salidas y los valores actuales de los temporizadores entre *IL* (02) y la siguiente *ILC* (03) pasaran a *OFF* o a *reset*, respectivamente. Si la condición de ejecución es *ON*, la ejecución del programa continua normalmente

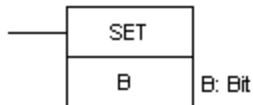
#### ◆ **TIM - Temporizador**



#### Descripción:

Se activa cuando su condición de ejecución es *ON*, y se pone al valor asignado inicialmente (SV) cuando la condición de ejecución se pone en *OFF*. Una vez activado, TIM mide en unidades de 0.1 segundo desde el SV. Si la condición de ejecución permanece en *ON* lo suficiente para que ocurra el tiempo fijado en TIM, se pondrá en *ON* el indicador de finalización del número del temporizador utilizado, y permanecerá en dicho estado hasta que la condición de ejecución se ponga en *OFF*.

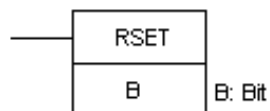
#### ♦ SET – Set (Poner)



#### Descripción:

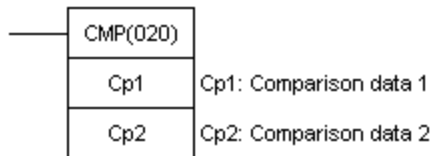
Pone el bit operando (B) a *ON* cuando la condición de ejecución es *ON* y no afecta el estado del operando cuando la condición es *OFF*.

#### ♦ RSET - Reset



Si la condición de ejecución es *ON*, B se pone en *OFF*, y si es *OFF* no se afecta el estado de B.

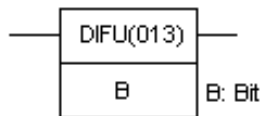
### ✦ **CMP (20) - Comparar**



Descripción:

Cuando la condición de ejecución es ON, compara CP1 y CP2 y envía el resultado a los indicadores GR, EQ y LE en el área de memoria SR.

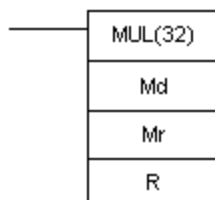
### ✦ **DIFU(13) - Diferencial Ascendente**



Descripción:

Cuando la señal de ejecución pasa a *ON*, pone en *ON* el bit designado (B) durante un ciclo de *scan*.

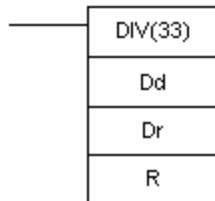
### ✦ **MUL (32) - Multiplicación BCD**



Descripción:

Cuando la condición de ejecución es *ON*, multiplica Md por el contenido de Mr y envía el resultado a R y R+1.

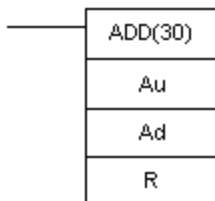
◆ **DIV (33) - División BCD**



Descripción:

Cuando la condición de ejecución es *ON*, Dd se divide entre Dr y el resultado se envía a R y R+1; el cociente a R y el resto a R+1.

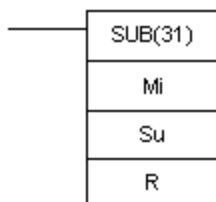
◆ **ADD (30) - Suma BCD**



Descripción:

Cuando la condición de ejecución es *ON*, suma los contenidos de Au, Ad y el acarreo (CY) y envía el resultado a R. El acarreo (CY) se pondrá en *ON* si el resultado es superior a 9999.

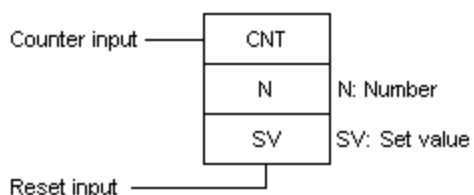
◆ **SUB (31) - Resta BCD**



#### Descripción:

Cuando la condición de ejecución es *ON*, resta los contenidos de Su y CY de Mi y envía el resultado a R. Si el resultado es un valor negativo, CY se pone a 1 y se coloca en R el complemento a 10 del resultado real. Para convertir el complemento a 10 al resultado verdadero, restar el contenido de R de cero.

#### ♦ CNT - Contador



#### Descripción:

Cuando la condición de ejecución pase de *OFF* a *ON*, se disminuye en uno el valor puesto inicialmente (SV). Si la condición de ejecución no cambia posteriormente de *ON* a *OFF* el valor presente (PV) del contador no cambiará. El indicador de finalización para un contador se pone a *ON* cuando el PV alcanza cero y permanecerá en *ON* hasta que la entrada de *reset* R pase de *OFF* a *ON*. Cuando esto ocurre el PV se pone a SV. El PV no disminuye mientras R esté a *ON*. El descuento desde SV comenzará de nuevo cuando R se ponga a *OFF*. El PV para CNT no se pone a SV en secciones de programa enclavadas o por cortes de alimentación.

#### ♦ INC (38) - Incrementar

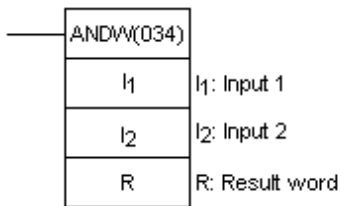




Descripción:

Cuando la condición de ejecución cambia de OFF a ON incrementa Wd, sin afectar el acarreo (CY).

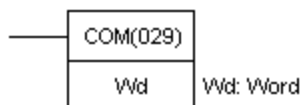
#### ♦ **ANDW (34) - Producto Lógico**



Descripción:

Cuando la condición de ejecución es ON, realiza la operación lógica AND de los contenidos de I1 y I2, bit-a-bit, y envía el resultado a R.

#### ♦ **COM (29) - Complemento**



Cuando la condición de ejecución es ON, elimina todos los bits en ON y coloca todos los bits en OFF en Wd.

#### ♦ **XFER (70) - Transferencia de Bloque**

—	XFER(070)	
	N	N: Number of words
	S	S: First source word
	D	D: First destination word

Descripción:

Cuando la condición de ejecución es ON, copia el contenido de S, (S+1),..., S+N-1 en D, D+1,..., D+ (N-1).

#### ♦ XORW (36) - Suma Lógica Exclusiva

—	XORW(036)	
	I1	I1: Input 1
	I2	I2: Input 2
	R	R: Result word

Descripción:

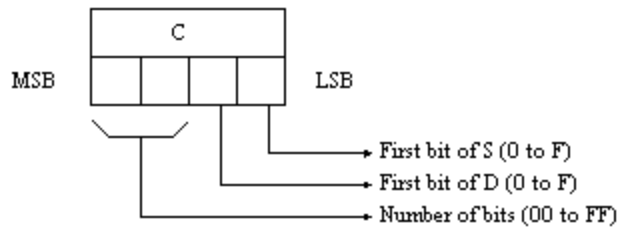
Cuando la condición de ejecución es ON, realiza la operación lógica OR exclusiva de los contenidos de I1 y I2 bit-a-bit y envía el resultado a R.

#### ♦ XFRB (--) - Transferencia de Bits

—	XFRB(062)	
	C	C: Control word
	S	S: First source word
	D	D: First destination word

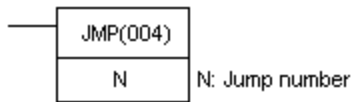
Descripción:

Cuando la condición de ejecución es ON, copia los bits fuente especificados en los bits destino indicados. Los dos dígitos de la derecha de C especifican los bits iniciales de S y D y los dos de la izquierda el número de bits a copiar.



Dato: Pueden ser copiados a la vez hasta 255 (FF) bits.

#### ◆ **JMP (04) - Salto**



Descripción:

JMP (04) se utiliza siempre junto con JME (05) para crear saltos, es decir para saltar de un punto a otro del diagrama de relees. JMP (04) define el punto desde el que se salta; JME (05) define el punto destino del salto. Cuando la condición de ejecución para JMP (04) es ON, no se ejecuta ningún salto y el programa se ejecuta como está escrito. Cuando la condición de ejecución para JMP (04) es OFF, se realiza un salto a JME (05) con el mismo número de salto y la siguiente instrucción JME (05) se ejecuta después.

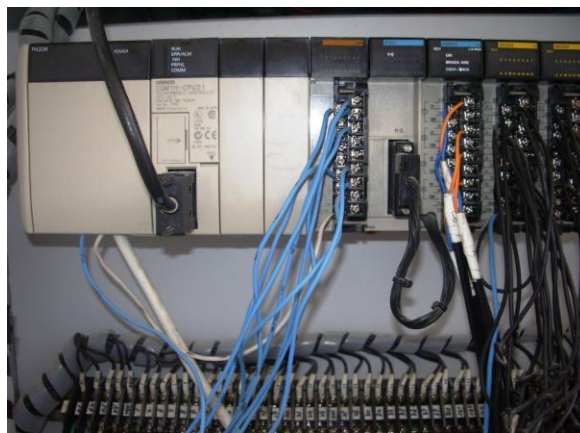
**Anexo XI Fotos de la planta.****Figura 1. Tolvas de almacenamiento de áridos.****Figura 2. Carro tolva****Figura 3. Mezcladora JS1000.**



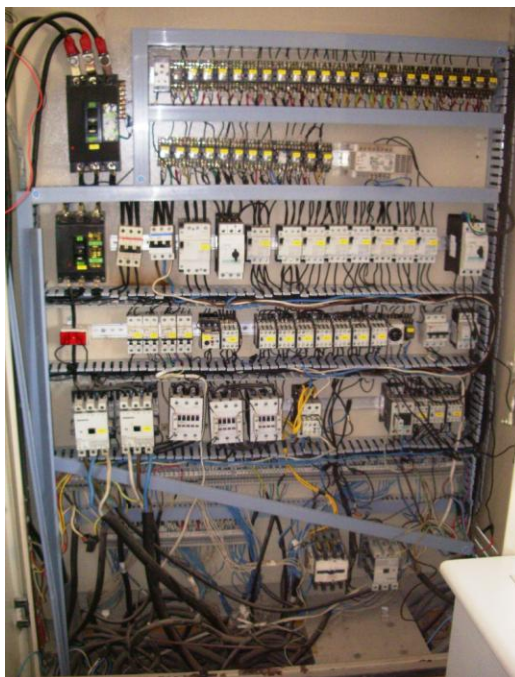
**Figura 4. Caseta de control.**



**Figura 5. pupitre de control**



**Figura 6. PLC CQM1H**



**Figura 7. Panel de control**



**Figura 8. relee de control.**



**Figura 9. Accionadores magnéticos y protecciones.**