

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



**Sistema electrónico de recolección, almacenamiento y
proyección de datos de identificación reales para el
control del expendio de cemento a granel**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

Jorge Miguel Murillo Torres

Cartago, Noviembre de 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

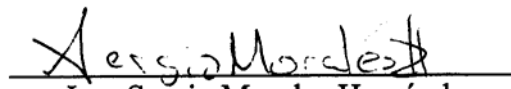
Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Julio Stradi Granados

Profesor lector



Ing. Sergio Morales Hernández

Profesor lector



Ing. Carlos Badilla Corrales

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, martes 21 de noviembre 2007.

Declaración de autenticidad.

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, noviembre 2007.

Firma: 

Jorge Miguel Murillo Torres

Céd: 1-1195-0077

Resumen

Este proyecto centra sus objetivos en determinar con exactitud la cantidad de cemento a granel dispensado diariamente (total y por tipo) en el plantel de CEMEX COSTA RICA ubicado en Colorado de Abangares. Ya que la estrategia de control que se implementa actualmente en la empresa, cuantifica la cantidad de cemento dispensado únicamente por medio de facturas de compra. Por lo que no es posible realizar un control cruzado entre la cantidad indicada en la factura de compra y la cantidad de cemento dispensada en cada descarga, por lo que no se contemplan los errores que pueda cometer el operador en cargado de realizar la entrega de cemento.

En busca de una solución a este problema, que sea de bajo costo y que además genere resultados a un corto plazo, se plantea diseñar e implementar un sistema electrónico que permita recolectar información en tiempo real de la cantidad y el tipo de cemento que se descarga en cada vehículo de transporte, de la placa del vehículo, la fecha y hora en que concluye el procedimiento de descarga y del número de factura de compra. Esto con el objetivo de contar con un registro real que asocie cada uno de los vehículos que retiraron cemento a granel de la planta con los datos de trazabilidad correspondientes; número de factura, tipo y cantidad de kilogramos de cemento que se descargó.

Adicionalmente, el sistema funcionará como un servidor web, permitiendo así el acceso al registro real de entregas de cemento a granel a través de una página web colocada en el dominio IP de la empresa. De esta forma los gerentes relacionados con esta área podrán tener acceso a esta y realizar un mejor control de la cantidad de producto dispensado, directamente desde su computador.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	1
1.1. Problema existente e importancia de su solución	1
1.2. Solución seleccionada	2
Capítulo 2: Meta y Objetivos.	4
2.1. Meta	4
2.2. Objetivo general	4
2.3. Objetivo específicos	4
2.3.1 Objetivos de documentación	5
Capítulo 3: Marco teórico	6
3.1 Descripción del proceso de producción de cemento	6
1. Extracción de materias primas	6
2. Transporte de materias primas	7
3. Trituración	8
4. Almacenamiento de materia prima:	8
5. Dosificación	9
6. Molienda de materias primas	9
7. Homogenización	10
8. Calcinación	11
9. Molienda de cemento	11
10. Envase del cemento	12
3.2 Comunicación Ethernet	13
3.2.1 Comunicación a través de la red local	16
3.3 Microcontrolador Rabbit 3000 con kit de desarrollo RCM 3700	17
3.3.1 Especificaciones del Rabbit Core RCM3700	18
3.3.2 características del kit de desarrollo	20
3.4 Controlador lógico programable	21
3.5 Descripción del PLC-5/80E	23
Capítulo 4: Procedimiento metodológico	30
4.1 Obtención y análisis de información	30

4.2	Reconocimiento y definición del problema _____	32
4.3	Evaluación de alternativas y síntesis de la solución _____	34
4.4	Implementación de la solución _____	35
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución _____		37
5.1	Descripción de Hardware _____	37
5.1.1	Comunicación entre el operador y el sistema de control del PLC _____	37
5.1.2	Comunicación entre el PLC y Microprocesador del Kit RCM3700 _____	38
5.1.3	Comunicación entre Microprocesador y la red Ethernet _____	39
5.2	Descripción de software _____	40
5.2.1	Interfaz entre el operador y el sistema que controla la descarga (PLC) _____	40
5.2.2	Algoritmo de recolección de los datos reales de la entrega de cemento a granel _____	43
5.2.3	Interfaz entre el sistema de control y Microprocesador del Kit _____	45
5.2.4	Interfaz con el usuario (Ethernet) _____	45
Capítulo 6: Análisis de resultados _____		50
Capítulo 6: Análisis de resultados _____		50
Capítulo 7: Conclusiones _____		52
Capítulo 8: Recomendaciones _____		53
Capítulo 8: Bibliografía _____		54
Capítulo 9: Apéndices _____		55
A.1	Glosario _____	55
Capítulo 10: Anexos _____		59
10.1	Descripción del Microprocesador utilizado _____	59
10.2	Características del Kit de desarrollo RCM 3700 _____	60
10.3	Características del PLC-5 _____	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Solución Propuesta_____	3
Figura No. 2. Extracción de materias primas_____	7
Figura No. 3. Transporte de materias primas_____	7
Figura No. 4. Trituración de las materias primas_____	8
Figura No. 5. Almacenamiento de materia prima_____	8
Figura No. 6. Dosificación_____	9
Figura No. 7. Moliendas de materias primas_____	10
Figura No. 8. Homogenización_____	10
Figura No. 9. Calcinación_____	11
Figura No. 10. Molienda de cemento_____	12
Figura No. 11. Distribución del cemento_____	12
Figura No. 12. Ethernet en relación al modelo OSI_____	16
Figura 13. Microprocesador Rabbit 3000 y su Kit de desarrollo RCM 3700_____	18
Figura No. 14 Elementos del Kit de desarrollo_____	21
Figura No.15 Elementos del Kit de desarrollo_____	22
Figura No. 16 Elementos del Kit de desarrollo_____	24
Figura No. 17 Requisitos de software RSLogix 5_____	25
Figura No. 18 Requisitos de software RSLinx 5_____	26
Figura No. 19 Ventana principal del RSLinx_____	27
Figura No. 20 Cliente realizando la orden de compra_____	30
Figura No. 21. Interfaz con el usuario del programa que realiza las entregas de cemento a granel_____	31
Figura No. 22 Comunicación entre el operador y el sistema de control del PLC_____	38
Figura No. 23 Conexión del PLC con el KIT_____	39
Figura No. 24 Conexión del microprocesador con la red ethernet_____	40
Figura No. 25 Ventana de trabajo del programa que comunica el operador con el sistema de control_____	42

Figura No.26 Ventana de trabajo cuando el servidor web pierde la comunicación_____	42
Figura No. 27 Ventana de trabajo del programa cuando confirma el tipo de cemento seleccionado_____	43
Figura No. 28 Diseño de la página principal_____	47
Figura No. 29 Diseño de la página para acceder al registro de entregas reales de cemento a granel_____	48
Figura No. 30 Diseño de la página para actualizar la fecha y la hora del sistema_____	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del RCM 3700	20
---------------------------------------	----

Capítulo 1: Introducción

1.1. Problema existente e importancia de su solución

La empresa CEMEX COSTA RICA se dedica a satisfacer las necesidades de construcción de clientes y comunidades en todo el mundo. Principalmente con producción de cemento de alta calidad en sacos y a granel. La principal planta en Costa Rica se ubica en Colorado de Abangares, Guanacaste.

Cemex ha asumido el compromiso de apoyar la evolución de la industria de la construcción costarricense, a través del desarrollo innovadores productos, bajo el concepto de “un cemento para cada uso”. En la planta de Abangares se procesan dos clases de cemento. Las cuales se llaman “SANSÓN UG” y “SANSÓN 400”. Esta segunda clase de cemento tiene una mayor resistencia inicial que el “SANSÓN UG”.

El procedimiento que debe seguir un cliente para realizar su compra en la planta de Abangares consiste inicialmente en pagar la cantidad de kilogramos que desee de una determinada clase de cemento en el departamento de facturación y luego dirigirse con la factura de compra al departamento de embase para que le carguen en su vehículo de transporte el producto que pago.

El procedimiento que siguen los clientes de cemex sumado a la diversificación en las clases de cemento, esta generando un problema en el control del expendio del mismo a granel. Ya que la cantidad de cemento que sale de la planta de Abangares es cuantificada únicamente por medio de las facturas de compra, por lo que no hay forma de corroborar si la cantidad de Kilogramos y el tipo cemento que dice la factura de compra, son iguales a la cantidad y el tipo de cemento que se le entrega al cliente. Dejando sin contemplar los errores que puede cometer el operador responsable de realizar la entrega de cemento, como sería el caso de carga un tipo de cemento que no corresponde o de cargar más o menos kilogramos con respecto a la factura.

1.2. Solución seleccionada

El departamento de ventas de la empresa CEMEX COSTA RICA, requiere de un sistema que les permita conocer con exactitud la cantidad de cemento a granel que se dispensa diariamente en la planta ubicada en Colorado de Abangares.

Para dar solución a la problemática actual de la empresa en la falta de control del expendio de cemento a granel, se propone diseñar e implementar un sistema electrónico que permita recolectar y almacenar información en tiempo real de la cantidad y el tipo de cemento que se descarga en cada vehículo de transporte, de la placa del vehículo, la fecha y hora en que concluye el procedimiento de descarga y del número de factura de compra.

Para recolectar los datos de placa y número de factura, se debe de modificar el programa que realiza el control del sistema de manera que este solicite en la interfaz de la figura No.1 estos datos, como requisitos para realizar la descarga de cemento. Además la modificación al programa debe permitirle a este asociar a cada uno de los vehículos que retiraron cemento a granel de la planta con los datos de trazabilidad correspondientes; número de factura, tipo y cantidad de kilogramos de cemento que se descargó

Con el objetivo de que el departamento de ventas pueda realizar el control sobre las entregas de cemento a granel desde sus oficinas, se debe de diseñar una interfaz web que le permita al usuario acceder desde cualquier computadora que pertenezca al dominio de red de la empresa el registro real que asocia cada uno de los vehículos que retiraron cemento a granel de la planta con su correspondiente; número de factura, tipo de cemento y cantidad de kilogramos de cemento descargado. Cabe destacar que el sistema debe funcionar como un servidor web. La función del servidor web la realiza un microprocesador, en el

cual hay programado en lenguaje “C” una interfaz ethernet que cumpla con los protocolos de enrutamiento de datos de esta tecnología.

El sistema cuenta con un reloj de tiempo real, el cual le permitirá al sistema agregar la fecha y la hora de descarga de cemento correspondiente a cada vehiculo como un dato más en el registro.. Este registro será creado en memoria flash con el fin de evitar las pérdidas de información ante caídas de potencia.

A continuación se presenta un esquema de la solución proyectada, en este se muestran todas las etapas en conjunto.

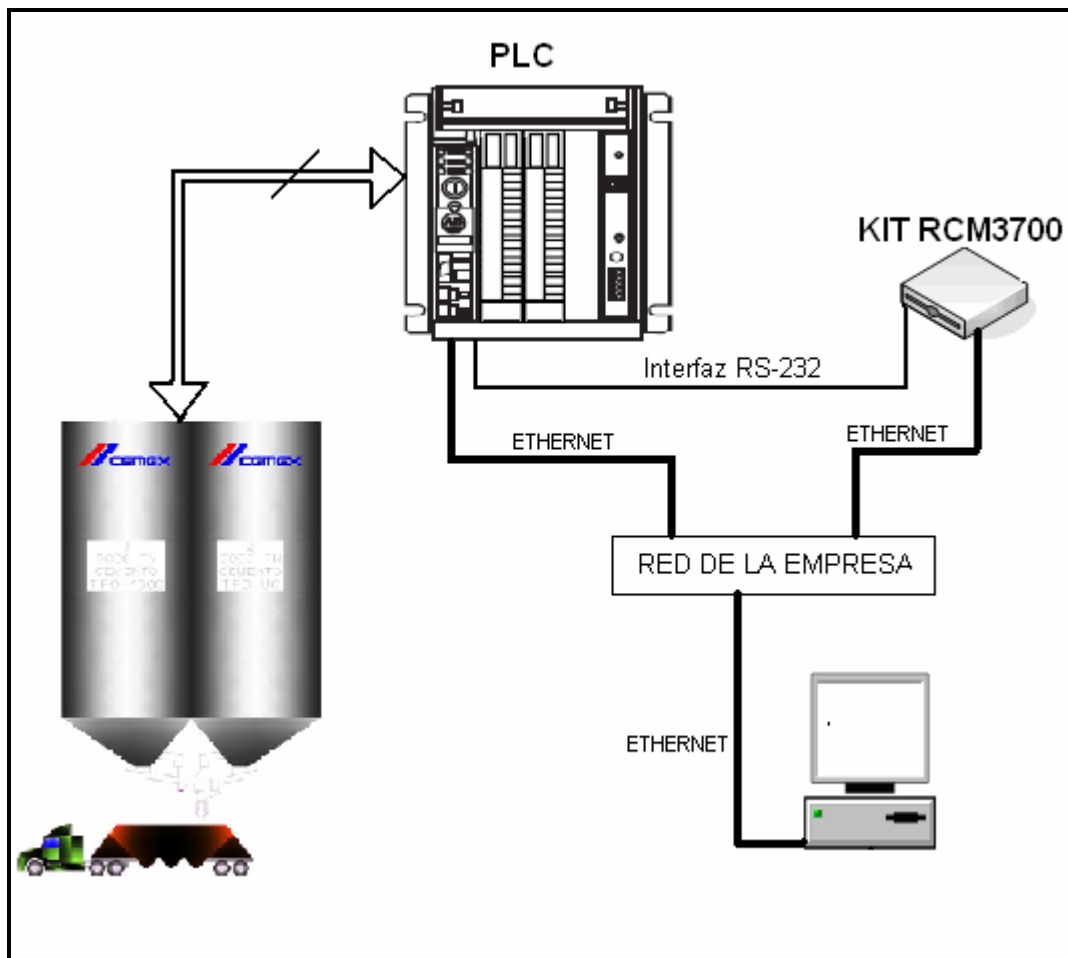


Figura No. 1. Solución Propuesta.

Capítulo 2: Meta y Objetivos.

2.1. Meta

Lograr que el 100% de las descargas de cemento a granel se realicen de acuerdo a la cantidad y el tipo de cemento indicado en la factura de compra del cliente.

Indicador: Lograr un 100% de confiabilidad en la cantidad y tipo de cemento a granel descargado en cada una de las ventas realizadas diariamente en la planta de CEMEX, Guanacaste.

2.2. Objetivo general

Implementar un sistema electrónico que ofrezca a los usuarios de la red de la empresa CEMEX COSTA RICA observar los datos de identificación reales como: número de placa, numero de factura, cantidad de cemento y tipo de cemento solicitados, de cada una entregas de cemento a granel que se han realizado en los últimos 30 días, a través de una página web.

Indicador: Lograr 100% de accesibilidad desde cualquier computadora que pertenezca al dominio de la red de la empresa CEMEX a los datos de identificación reales de cada una de las entregas de cemento a granel realizadas en los últimos 30 días.

2.3. Objetivo específicos

- Recolectar los datos de identificación reales como; el número de placa, número de factura, cantidad de cemento y tipo de cemento de cada una de las entregas de cemento a granel, por medio de un sistema electrónico.

Indicador: la frecuencia de adquisición de datos debe ser igual a la frecuencia con que ingresan los vehículos al sistema de carga de cemento a granel.

- Poner a disposición de los empleados de la empresa los datos de identificación reales de cada una de las entregas de cemento a granel, por medio de una interfaz web accesible desde cualquier computadora que pertenezca al dominio de red de la empresa.

Indicador: disponibilidad de la información de los datos de identificación reales correspondientes a cada entrega por medio de la página web las 24 horas del día.

- Obtener y mantener un registro de los datos de identificación reales de todas las ventas de cemento a granel realizadas en los últimos 30 días, por medio de un sistema electrónico. Lo cual permitirá mantener un registro histórico tipo base de datos y a su vez realizar un control detallado del sistema de venta de cemento a granel.

Indicador: Accesibilidad al 100% de los datos de identificación reales de cada una de las ventas que se han realizado por granel en los últimos 30 días y que no se pierda la información ante caídas de potencia.

2.3.1 Objetivos de documentación

- a. Elaborar un manual de usuario de fácil uso que permita a cualquier usuario la adecuada utilización del dispositivo.
- b. Elaborar un informe que detalle específicamente las distintas etapas del diseño y la implementación del sistema electrónico que controla el expendio de cemento a granel.

Capítulo 3: Marco teórico

3.1 Descripción del proceso de producción de cemento

Con el fin de exponer claramente la función que cumple el sistema diseñado se explicará brevemente el proceso productivo de la empresa CEMEX. Este proceso de fabricación industrial de cemento incluye una serie de actividades controladas por geólogos, ingenieros mecánicos, industriales, electrónicos, eléctricos, químicos, civiles y ambientalistas; un conjunto de profesionales que se encargan de generar mejores prácticas de producción, amigables con el ambiente y de acuerdo al desarrollo de la investigación en este campo.

El objetivo del proceso es tomar materiales cementales de la naturaleza y combinarlos para obtener nuevo elemento artificial, que tenga mejores características y que satisfaga los requerimientos de los concretos y morteros en los cuales serán utilizados.

El proceso de fabricación industrial de cemento en general se puede describir en 10 grandes actividades, descritas a continuación:

1. Extracción de materias primas

De las minas de caliza y de arcilla, a través barrenación y detonación con explosivos. El impacto en la naturaleza es mínimo gracias a la moderna tecnología empleada. En la Figura No. 2 se ilustra la extracción de materias primas.



Figura No. 2. Extracción de materias primas.

2. Transporte de materias primas

Una vez que las grandes masas de piedra caliza han sido fragmentadas, se transportan en camiones de gran porte a la planta para su trituración. En la Figura No. 3 se ilustra la forma de transportar la materia prima desde la cantera hasta la planta.

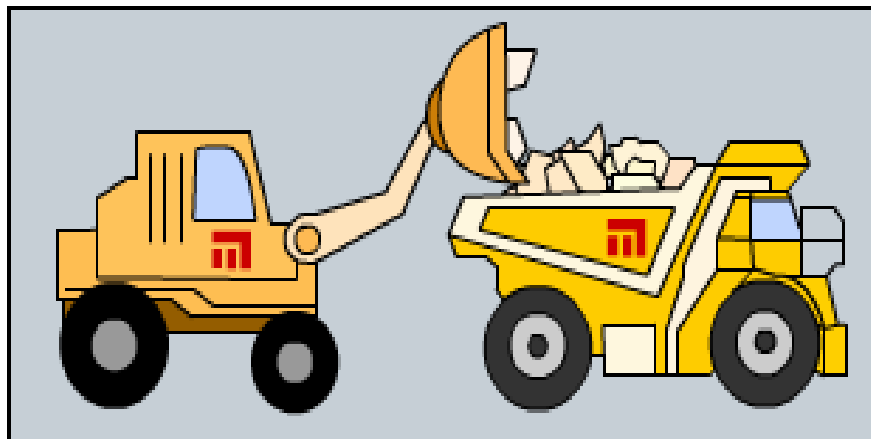


Figura No. 3. Transporte de materias primas.

3. Trituración

El material de las minas es fragmentados en trituradoras, por el efecto de presión y/o impacto son reducidas hasta un tamaño de 1 ½ pulgadas. En la Figura No. 4 se ilustra el proceso de trituración de las materias primas.

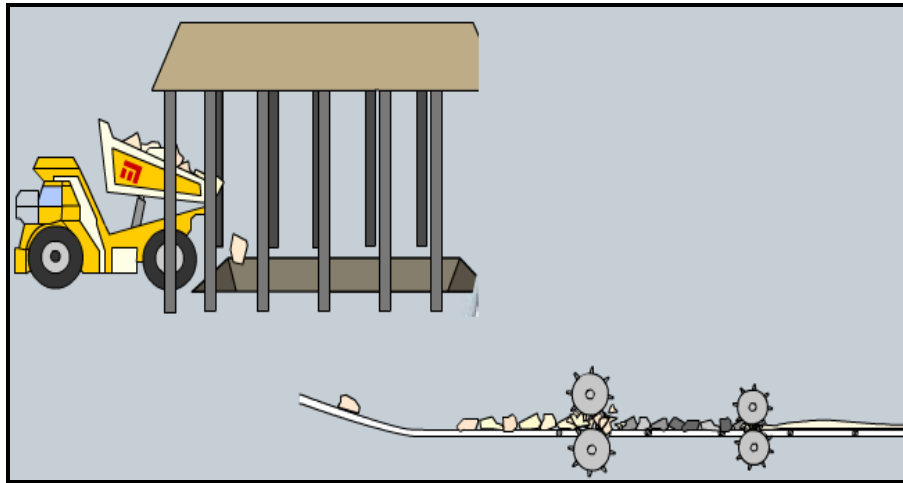


Figura No. 4. Trituración de las materias primas.

4. Almacenamiento de materia prima:

Los materiales triturados como la piedra caliza, la arcilla y el mineral de hierro son almacenados en grandes depósitos o naves industriales. En la Figura No. 5 se ilustra la forma de almacenar las materias primas.

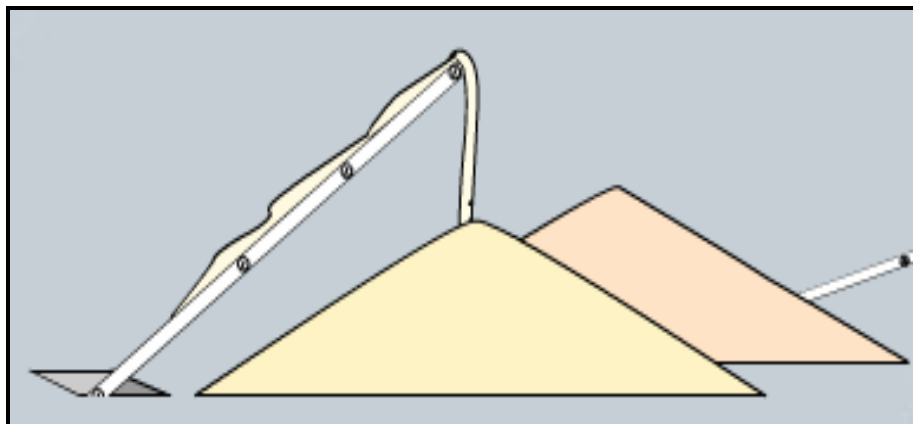


Figura No. 5. Almacenamiento de materia prima.

5. Dosificación

Las materias primas son transportadas por separado hasta los silos, en donde son dosificadas para la producción de diferentes tipos de cemento. En la Figura No.6 se ilustra los silos donde se depositan las materias primas por separado.

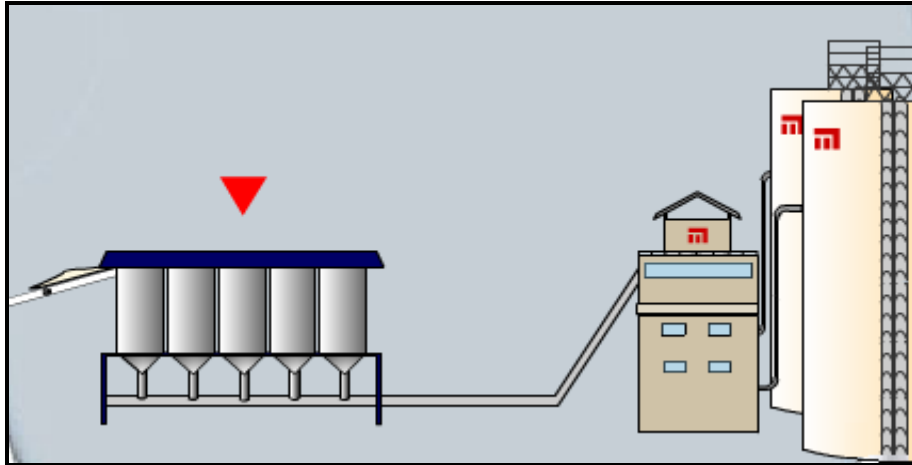


Figura No. 6. Dosificación.

6. Molienda de materias primas

Las materias primas son pasadas por un molino vertical, que muele el material hasta convertirlo en un polvo conocido como harina de crudo. En la Figura No. 7 se ilustra el proceso de molido del material para obtener la harina de crudo.

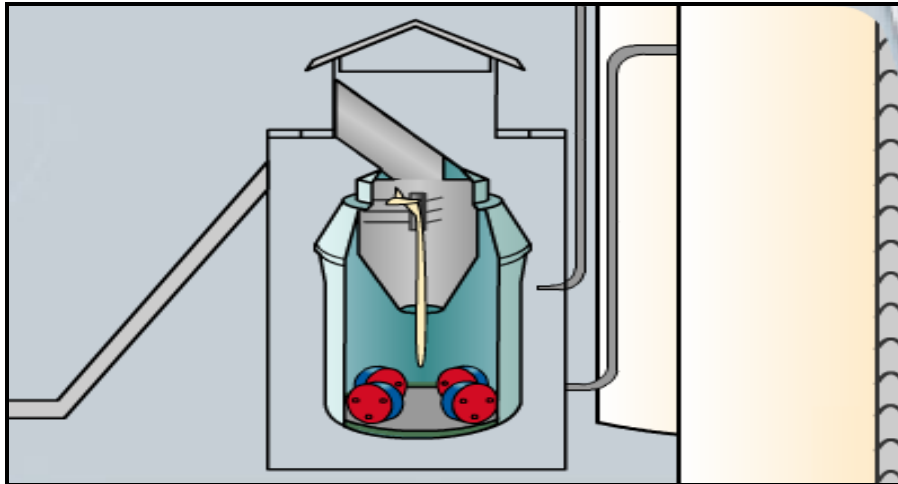


Figura No. 7. Moliendas de materias primas.

7. Homogenización

Se realiza en silos equipados para lograr una mezcla homogénea de la harina de crudo, y así lograr características químicas uniformes en el cemento. En la Figura No. 8 se ilustra el proceso de homogenización.

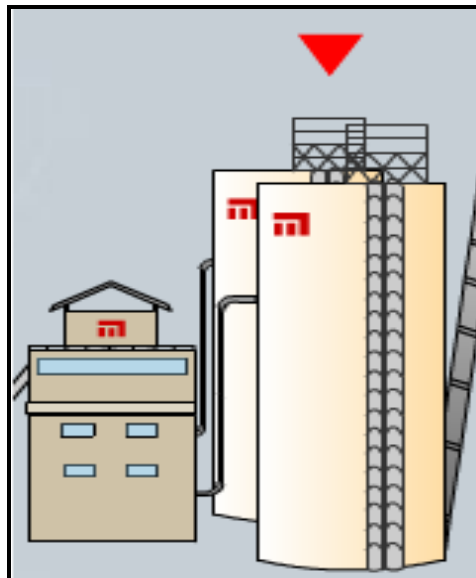


Figura No. 8. Homogenización.

8. Calcinación

Es el principal proceso, inicia cuando la harina cruda ya homogenizada ingresa por la parte superior de la “Torre de Intercambio de Calor” y desciende por la misma iniciándose el proceso de deshidratación y descarbonatación. El material baja en contracorriente con los gases calientes provenientes del horno, produciéndose la primera transformación llamada “Precalcinación”. Luego el material precalcinado pasa a través de un horno giratorio de acero, la harina de crudo es calcinada hasta una temperatura de 1450 °C y se transforma en un nuevo material llamado “Clínker”, que son pequeños módulos de color gris o blanco de 3 a 4 cm. En la Figura No. 9 se ilustra el proceso para obtener el Clínker.

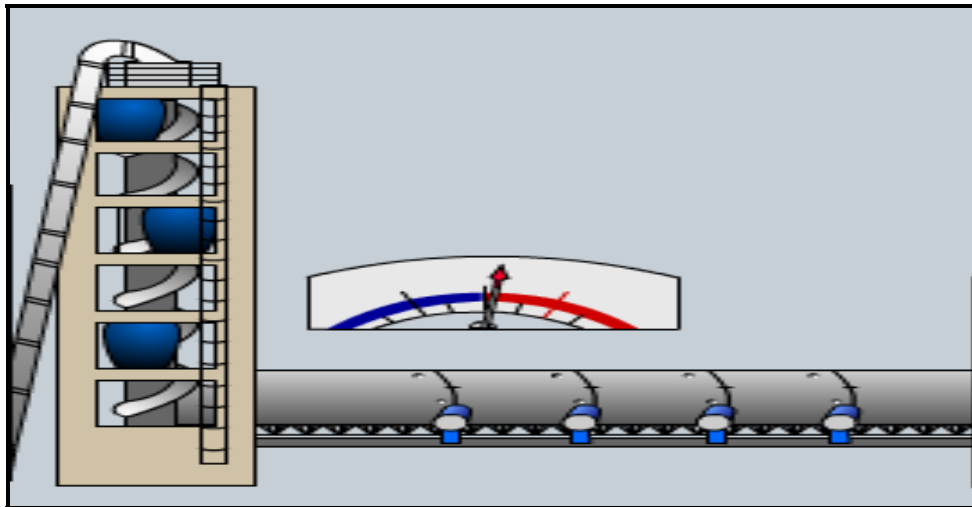


Figura No. 9. Calcinación.

9. Molienda de cemento

El clínker es molido con bolas de acero de diferentes tamaños donde también se le adiciona yeso, puzolanas y otros materiales que conforman los diferentes tipos de cemento. En la Figura No. 10 se ilustra el proceso de molienda de cemento.

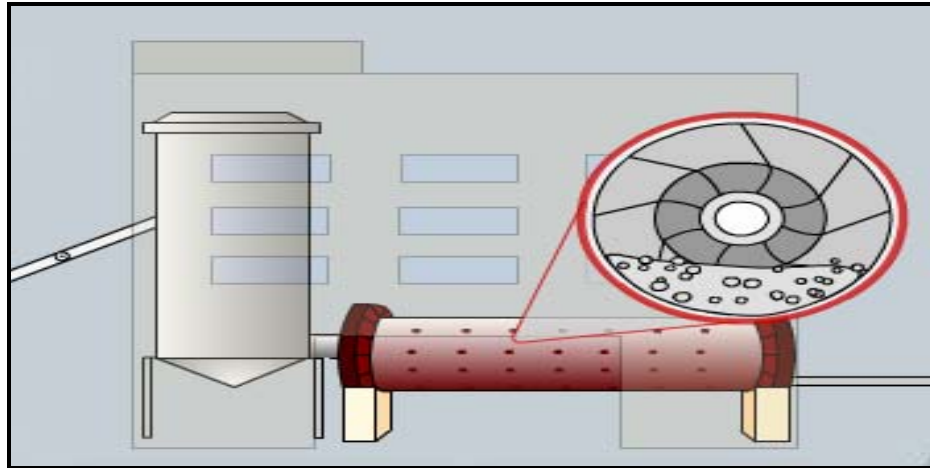


Figura No. 10. Molienda de cemento.

10. Envase del cemento

Después de la molienda el cemento, el material es enviado a silos de almacenamiento. A través de sistemas neumáticos o mecánicos es transportado hasta maquinas ensacadoras o de descarga directa (a granel) a camiones cisterna, para una distribución a nivel nacional e internacional. En la Figura No. 11 se ilustra la forma de distribución del producto terminado de la empresa CEMEX COSTA RICA.

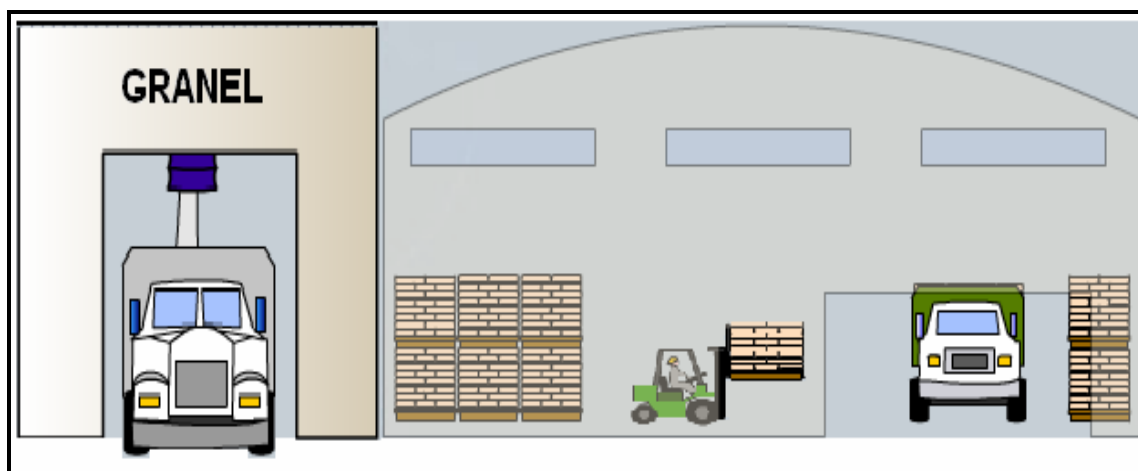


Figura No. 11. Distribución del cemento.

3.2 Comunicación Ethernet

Ethernet es el nombre de una tecnología de redes de computadoras de área local (LANs) basada en tramas de datos dominante en el mundo. Ethernet no es una tecnología sino una familia de tecnologías LAN que se pueden entender mejor utilizando el modelo de referencia OSI. Todas las LAN deben afrontar el tema básico de cómo denominar a las estaciones individuales (nodos) y Ethernet no es la excepción. Las especificaciones de Ethernet admiten diferentes medios, anchos de banda y demás variaciones de la Capa 1 y 2. Sin embargo, el formato de trama básico y el esquema de direccionamiento es igual para todas las variedades de Ethernet.

La mayor parte del tráfico en Internet se origina y termina en conexiones de Ethernet. Desde su comienzo en la década de 1970, Ethernet ha evolucionado para satisfacer la creciente demanda de LAN de alta velocidad. En el momento en que aparece un nuevo medio, como la fibra óptica, Ethernet se adapta para sacar ventaja de un ancho de banda superior y de un menor índice de errores que la fibra ofrece. Ahora, el mismo protocolo que transportaba datos a 3 Mbps en 1973 transporta datos a 10 Gbps

El éxito de Ethernet se debe a los siguientes factores: sencillez y facilidad de mantenimiento, capacidad para incorporar nuevas tecnologías, confiabilidad, bajo costo de instalación y de actualización.

Con la llegada de Gigabit Ethernet, lo que comenzó como una tecnología LAN ahora se extiende a distancias que hacen de Ethernet un estándar de red de área metropolitana (MAN) y red de área amplia (WAN).

La idea original de Ethernet nació del problema de permitir que dos o más computadoras utilizaran el mismo medio y evitar que las señales interfirieran entre sí. El problema de acceso por varios usuarios a un medio compartido se estudió a

principios de los 70 en la Universidad de Hawai. Se desarrolló un sistema llamado Alohanet para permitir que varias estaciones de las Islas de Hawai tuvieran acceso estructurado a la banda de radiofrecuencia compartida en la atmósfera. Más tarde, este trabajo sentó las bases para el método de acceso a Ethernet conocido como CSMA/CD.

La primera LAN del mundo fue la versión original de Ethernet. Robert Metcalfe y sus compañeros de Xerox la diseñaron hace más de treinta años. El primer estándar de Ethernet fue publicado por un consorcio formado por Digital Equipment Company, Intel y Xerox (DIX). Metcalfe quería que Ethernet fuera un estándar compartido a partir del cual todos se podían beneficiar, de modo que se lanzó como estándar abierto. Los primeros productos que se desarrollaron utilizando el estándar de Ethernet se vendieron a principios de la década de 1980. Ethernet transmitía a una velocidad de hasta 10 Mbps en cable coaxial grueso a una distancia de hasta 2 kilómetros (Km). Este tipo de cable coaxial se conocía como thicknet (red con cable grueso) y tenía el ancho aproximado de un dedo pequeño.

En 1985, el comité de estándares para Redes Metropolitanas y Locales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) publicó los estándares para las LAN. Estos estándares comienzan con el número 802. El estándar para Ethernet es el 802.3. El IEEE quería asegurar que sus estándares fueran compatibles con el modelo OSI de la Organización Internacional de Estándares (ISO). Por eso, el estándar IEEE 802.3 debía cubrir las necesidades de la Capa 1 y de las porciones inferiores de la Capa 2 del modelo OSI. Como resultado, ciertas pequeñas modificaciones al estándar original de Ethernet se efectuaron en el 802.3.

Las diferencias entre los dos estándares fueron tan insignificantes que cualquier tarjeta de interfaz de la red de Ethernet (NIC) puede transmitir y recibir tanto tramas de Ethernet como de 802.3. Básicamente, Ethernet y IEEE 802.3 son

un mismo estándar.

El ancho de banda de 10 Mbps de Ethernet era más que suficiente para los lentos computadores personales (PC) de los años 80. A principios de los 90, los PC se volvieron mucho más rápidos, los tamaños de los archivos aumentaron y se producían cuellos de botella en el flujo de los datos. La mayoría a causa de una baja disponibilidad del ancho de banda. En 1995, el IEEE anunció un estándar para la Ethernet de 100 Mbps. Más tarde siguieron los estándares para Ethernet de un gigabit por segundo (Gbps, mil millones de bits por segundo) en 1998 y 1999.

Todos los estándares son básicamente compatibles con el estándar original de Ethernet. Una trama de Ethernet puede partir desde una antigua NIC de 10 Mbps de cable coaxial de un PC, subir a un enlace de fibra de Ethernet de 10 Gbps y terminar en una NIC de 100 Mbps. Siempre que permanezca en redes de Ethernet, el paquete no cambia. Por este motivo, se considera que Ethernet es muy escalable. El ancho de banda de la red podría aumentarse muchas veces sin cambiar la tecnología base de Ethernet.

El estándar original de Ethernet ha sufrido una cantidad de enmiendas con el fin de administrar nuevos medios y mayores velocidades de transmisión. Estas enmiendas sirven de estándar para las tecnologías emergentes y para mantener la compatibilidad entre las variaciones de Ethernet.

Ethernet opera en dos áreas del modelo OSI, la mitad inferior de la capa de enlace de datos, conocida como subcapa MAC y la capa física. En la Figura No.12 se pueden apreciar las capas del modelo OSI.

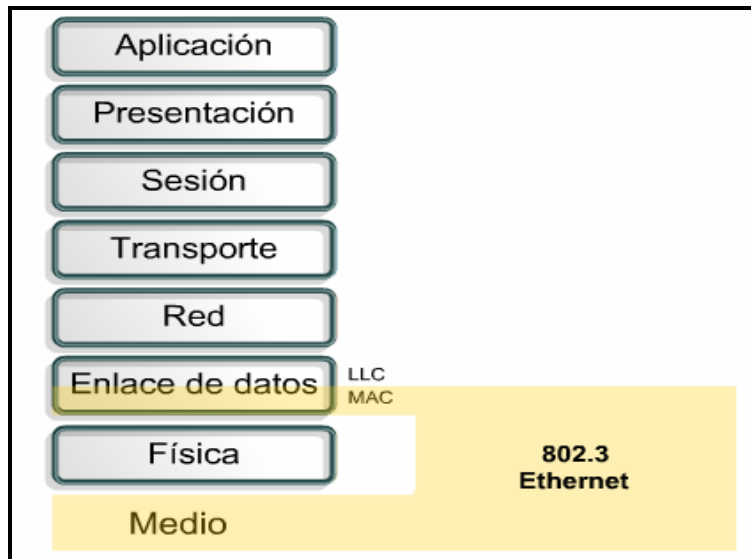


Figura No. 12. Ethernet en relación al modelo OSI.

3.2.1 Comunicación a través de la red local

Para permitir el envío local de las tramas en Ethernet, se debe contar con un sistema de direccionamiento, una forma de identificar los computadores y las interfaces de manera exclusiva. Ethernet utiliza direcciones MAC que tienen 48 bits de largo y se expresan como doce dígitos hexadecimales. Los primeros seis dígitos hexadecimales, que IEEE administra, identifican al fabricante o al vendedor. Esta porción de la dirección de MAC se conoce como Identificador Exclusivo Organizacional (OUI). Los seis dígitos hexadecimales restantes representan el número de serie de la interfaz u otro valor administrado por el proveedor mismo del equipo. Las direcciones MAC a veces se denominan direcciones grabadas (BIA) ya que estas direcciones se graban en la memoria de sólo lectura (ROM) y se copian en la memoria de acceso aleatorio (RAM) cuando se inicializa la NIC.

En la capa MAC de enlace de datos se agregan encabezados e información final a los datos de la capa superior. El encabezado y la información final contienen información de control destinada a la capa de enlace de datos en el

sistema destino. Los datos de las entidades de las capas superiores se encapsulan dentro de la trama de la capa de enlace, entre el encabezado y el cierre, para luego ser enviada sobre la red.

La NIC utiliza la dirección MAC para evaluar si el mensaje se debe pasar o no a las capas superiores del modelo OSI. La NIC realiza esta evaluación sin utilizar tiempo de procesamiento de la CPU permitiendo mejores tiempos de comunicación en una red Ethernet.

En una red Ethernet, cuando un dispositivo envía datos, puede abrir una ruta de comunicación hacia el otro dispositivo utilizando la dirección MAC destino. El dispositivo origen adjunta un encabezado con la dirección MAC del destino y envía los datos a la red. A medida que estos datos viajan a través de los medios de red, la NIC de cada dispositivo de la red verifica si su dirección MAC coincide con la dirección destino física que transporta la trama de datos. Si no hay concordancia, la NIC descarta la trama de datos. Cuando los datos llegan al nodo destino, la NIC hace una copia y pasa la trama hacia las capas superiores del modelo OSI. En una red Ethernet, todos los nodos deben examinar el encabezado MAC aunque los nodos que están comunicando estén lado a lado.

Todos los dispositivos conectados a la LAN de Ethernet tienen interfaces con dirección MAC incluidas las estaciones de trabajo, impresoras, routers y switches.

3.3 Microcontrolador Rabbit 3000 con kit de desarrollo RCM 3700

El RCM3700 es un módulo compacto que incorpora la última revisión de los poderosos microprocesadores Rabbit 3000 ®, memoria flash, memoria RAM estática, y de puertos digitales de entrada / salida.

El RCM3700 tiene un microprocesador Rabbit 3000 funcionando a 22.1 MHz, memoria RAM estática, memoria flash, dos relojes (oscilador principal y reloj de tiempo real), y la circuitería necesaria para lograr el manejo y el reset de la batería de respaldo del reloj interno de tiempo real del procesador Rabbit 3000 y de la memoria RAM estática. Este procesador tiene 40 pines para las líneas de los buses de entrada / salida, puertos paralelos y puertos series.

El RCM3700 es excitado con +5 V, los cuales son suministrados en la tarjeta en que está montado. El RCM3700 puede interactuar con todo tipo de CMOS compatible con dispositivos digitales a través de la placa base.

El Microprocesador que se utiliza para realizar este proyecto es el Rabbit 3000 el cual utiliza un kit de desarrollo denominado RCM 3700, este posee interfaz ethernet y RS-232. En la Figura No. 13 se muestra el microprocesador con su kit de desarrollo.

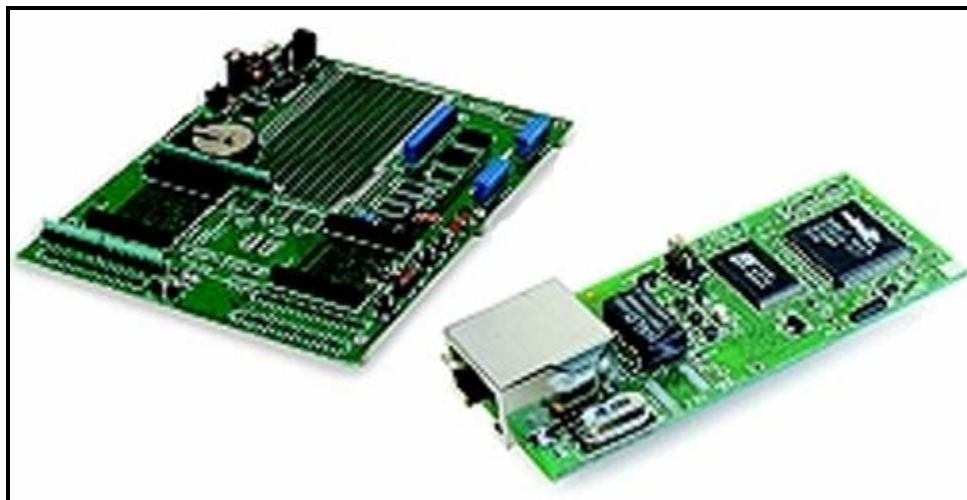


Figura 13. Microprocesador Rabbit 3000 y su Kit de desarrollo RCM 3700.

3.3.1 Especificaciones del Rabbit Core RCM3700

A continuación se presentan las principales especificaciones del microprocesador utilizado para el desarrollo del proyecto.

- Tamaño: 1.20" x 2.95" x 0.89"
(30 mm x 75 mm x 23 mm)
- Microprocesador: última revisión del Rabbit 3000 opera a 22.1 MHz
- 33 líneas de entrada salida en paralelo de 5 V de tolerancia: 31 configurables para entrada o salida y dos solo para salida
- Reset externo.
- Tiene un bus alterno de entrada/salida que puede ser configurado para 8 líneas de datos y 5 líneas de dirección, entrada/salida de lectura y escritura.
- Tiene 10 timers de 8 bits (seis en cascada) y un timer de 10 bits con dos registros de coincidencia.
- Tiene 512K de memoria flash y 512K de memoria RAM (con opción de 256K de memoria flash y 128K de memoria RAM adicionales).
- 1 Mbyte de memoria flash serial, requerido para correr el archivo opcional Dynamic C FAT en el sistema.
- Reloj de tiempo real.
- Supervisor "Watchdog"
- Contiene batería de respaldo alimentada por el cliente customer via conexiones en el header J1.
- Tiene un PWM controlado por un contador de 10 bits y cuatro registros para ancho de pulso.
- Dos canales para capturar señales de entrada temporal desde varios pines.
- Tiene un decodificador de cuadratura de dos canales que acepta entradas desde módulos codificadores incrementales externos.
- 4 puertos series: con una frecuencia máxima sincrónica de 2.76 Mbps. Tres puertos son configurables como puertos seriales de reloj (SPI), y el otro puerto es configurable como puerto serial HDLC.

En la tabla 4 se presenta un resumen de las características del RCM 3700 en comparación a otras modelos.

Tabla 1 Características del RCM 3700

Feature	RCM3700	RCM3710	RCM3720
Microprocessor	Rabbit 3000 [®] running at 22.1 MHz		
Flash Memory	512K	256K	512K
SRAM	512K	128K	256K
Serial Flash Memory	1 Mbyte		
Serial Ports	4 shared high-speed, 3.3 V CMOS-compatible ports: all 4 are configurable as asynchronous serial ports; 3 are configurable as a clocked serial port (SPI) and 1 is configurable as an HDLC serial port; option for second HDLC serial port at the expense of 2 clocked serial ports (SPI)		

3.3.2 características del kit de desarrollo

- Modulo RCM3700.
- RCM3700 Prototyping Board.
- Adaptador AC de 12 V DC, 1 A.
- Cable de programación con un conector de 10 pines y conexión DE9
- Kits de cable para acceder el RS-485 y conectores de entradas analógicas en la "Prototyping Board".
- CD-ROM **Dynamic C**, con la documentación completa del producto
- Accesorios para utilizar la "Prototyping Board".
- Tarjeta de registro.

En la Figura No. 14 se presenta algunos de los elementos que son parte del kit de desarrollo.

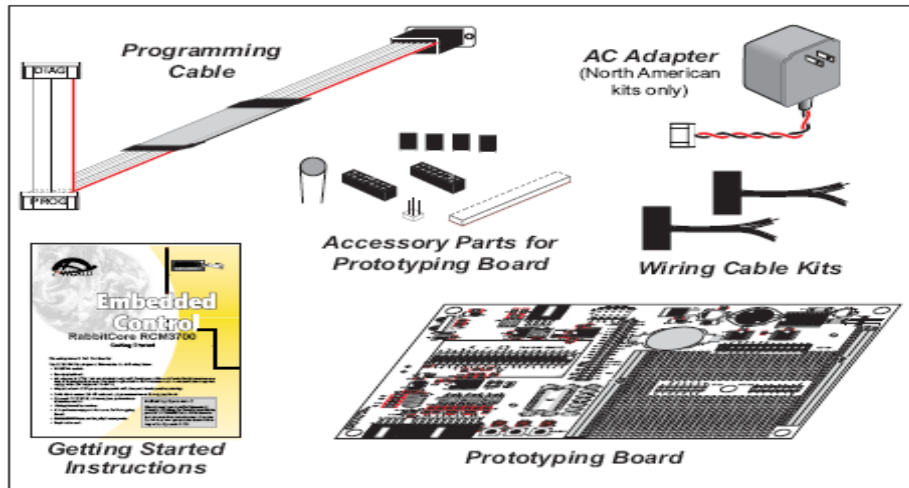


Figura No. 14 Elementos del Kit de desarrollo.

3.4 Controlador lógico programable

El controlador lógico programable es un computador industrial dedicados a la automatización de procesos, la cual se realiza sobre la base de una lógica, definida a través de un programa. En la Figura No. 15 se presenta la estructura de este controlador.

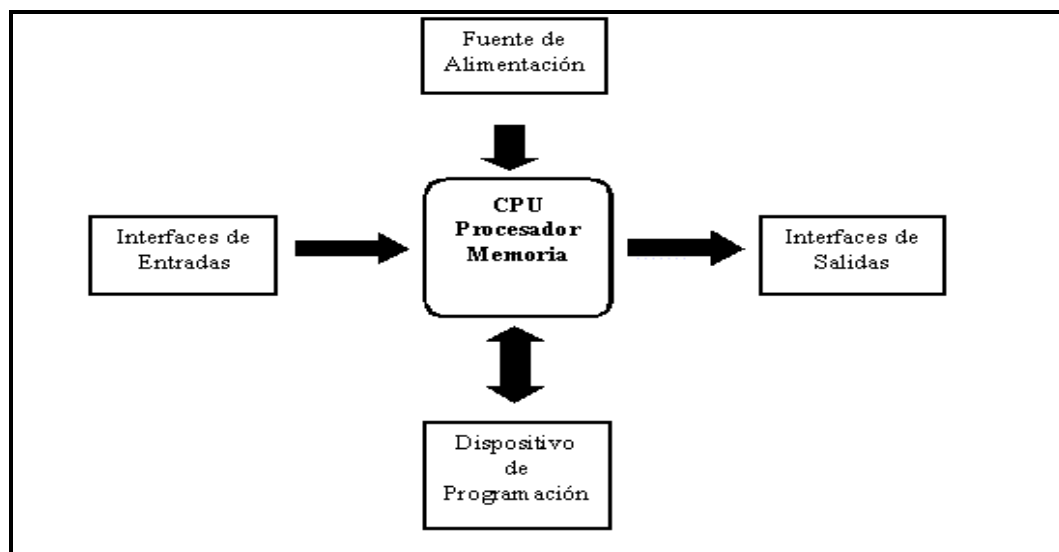


Figura No.15 Elementos del Kit de desarrollo

El PLC como es llamado universalmente ha resultado ser la solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional. Ya que soluciona las grandes limitaciones de estas técnicas de control como son: flexibilidad limitada ante ajustes del proceso, compleja supervisión, difícil detección y corrección de errores, poca confiabilidad, gasto de mucho tiempo de trabajo en las conexiones a realizar en la puesta en marcha y en el ajuste del sistema y alto consumo de energía. Además los PLC son resistentes a la contaminación del aire, la vibración, el ruido eléctrico, la humedad y temperaturas extremas, los cuales se encuentran en el ambiente industrial.

Los PLC proporcionan ahorros en los costos de material, instalación, localización y corrección de problemas y mano de obra, al reducir el cableado y los correspondientes errores de cableados. Además, ocupan menos espacio que los contadores, temporizados y otros componentes de control que estos reemplazan. Su capacidad para ser reprogramados aumentó notablemente su flexibilidad cuando se cambian los diagramas de control.

Actualmente estos controladores (PLC) no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, como lo es el control distribuido por medio de la comunicación entre controladores y computadoras en redes de área local.

3.4. Programación del PLC

Los programas de los PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como la memoria flash.

El PLC inicialmente era programado con “lógica de escalera” y símbolos eléctricos usados comúnmente por los electricistas por los que tuvo una fácil aceptación en la industria. 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, un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (función de diagrama de bloques), LD (diagrama de escalera), ST (texto estructurado, similar al lenguaje de programación Pascal), IL (lista de instrucciones) y SFC (función secuencia de escritura).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles

3.5 Descripción del PLC-5/80E

El controlador lógico programable PLC-5 es una arquitectura de control que reúne sistemas existentes y futuros mediante redes como EtherNet/IP, ControlNET y DeviceNet; además ofrece conectividad entre los controladores SLC 500 y ControlLogix y MicroLogix. Debido a que incluyen conexiones de red incorporadas, los controladores PLC-5 permiten que la arquitectura de control sea suficientemente flexible como para incluir conexiones económicas para un amplio

rango de dispositivos. En la Figura No. 16 se ilustra un PLC-5 y sus módulos entrada / salida.

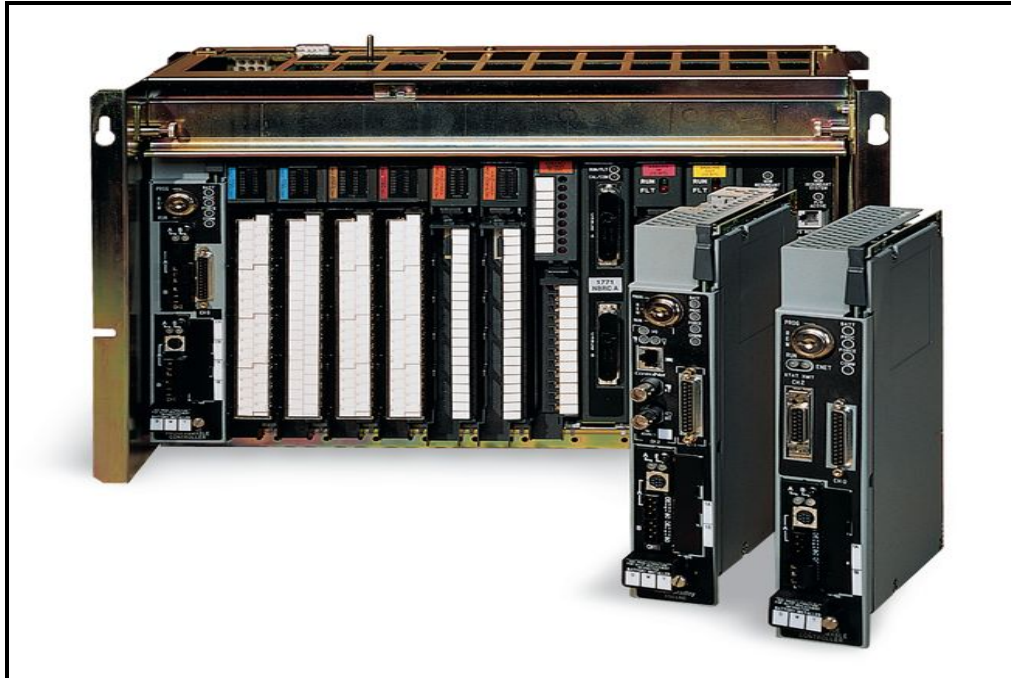


Figura No. 16 Elementos del Kit de desarrollo

El sistema de control PLC_5 / 1771 consiste, como mínimo, en un módulo de controlador programable y módulos de entrada / salida en un único chasis 1771 con una fuente de alimentación eléctrica. Puede elegir el controlador que necesite mediante los puertos de comunicación incorporados.

3.5.1 Módulo de interface PLC-5 Ethernet

El módulo de interface PLC-5 Ethernet (1785-ENET) es un módulo de una sola ranura que se conecta al lado de cualquier controlador PLC-5 con características mejoradas serie B o posterior, Ethernet PLC-5 ó ControlNet PLC-5 para proporcionar conectividad Ethernet adicional.

3.5.2 Programación del PLC mediante el software RSLogix.

Se utiliza el software de programación RSLogix 5 para configurar los módulos de comunicación y E/S 1771 y para programar el controlador programable PLC-5. RSLogix 5 ofrece escalera de relé, texto estructurado, diagrama de bloque de funciones y editores de diagrama de funciones secuenciales para que pueda desarrollar programas de aplicación. En la Figura No. 17 se presentan los requisitos para hacer uso del software RSLogix 5.

Requisitos de software RSLogix 5		
Descripción	Mínimo	Se recomienda
Computadora personal	Intel Pentium™ 100 MHz	Intel Pentium III 700 MHz
Requisitos de software	Compatible con: <ul style="list-style-type: none">• Microsoft® Windows™ XP• Microsoft Windows 2000• Microsoft Windows NT™ versión 4.0 con Service Pack 3 ó posterior• Microsoft Windows ME• Microsoft Windows 98	
RAM	64 Mbytes	256 Mbytes
Espacio en disco duro	100 Mbytes (o más, en función de los requisitos de aplicación)	
Requisitos de vídeo	Adaptador de gráficos VGA de 256 colores, resolución de 800 x 600	Resolución de 1024 x 768 True Color

Figura No. 17 Requisitos de software RSLogix 5.

Software RSLinx

El software RSLinx (serie 9355) es un paquete de servidor de comunicaciones que proporciona conectividad de dispositivos de la planta para una amplia variedad de aplicaciones. RSLinx es compatible con múltiples aplicaciones de software que se comunican simultáneamente con una gran variedad de dispositivos en muchas redes diferentes.

RSLinx proporciona una interface gráfica de fácil manejo para navegar por la red. Seleccione un dispositivo y haga clic para acceder a distintas herramientas de configuración y monitoreo integradas. Se proporciona un conjunto de drivers

de comunicación completo para las necesidades de comunicación en red, incluidas las redes Allen-Bradley.

En la Figura No.18 se presentan los requisitos para hacer uso del software RSLinx 5.

Descripción	Valor
Computadora personal	Intel Pentium 100 MHz (un procesador más rápido mejora el rendimiento)
Requisitos de software	Compatible con: <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows XP • Microsoft Windows 2000 • Microsoft Windows NT versión 4.0 con Service Pack 3 ó posterior • Microsoft Windows ME • Microsoft Windows 98
RAM	Mínimo de 32 Mbytes Se recomienda 64 Mbytes
Espacio en disco duro	35 Mbytes (o más, en función de los requisitos de aplicación)
Requisitos de vídeo	Pantalla de gráficos VGA de 16 colores, resolución de 800 x 600 ó superior

Figura No. 18 Requisitos de software RSLinx 5.

RSWho es la ventana principal de RSLinx que exhibe las redes y los dispositivos en un estilo similar al explorador de Windows. Una variedad de herramientas integradas de la configuración y de la supervisión son accesibles cuando se selecciona el dispositivo deseado en RSWho. Algunas de las herramientas disponibles son la herramienta de la configuración de la entrada de ControlLogix para los módulos 1756-DHRIO y 1756-ENET, un espectador de la escala para PLC-5, SLC, o procesadores de la familia de MicroLogix, y un control de datos para supervisar datos vivos fuera de cualquier ControlLogix, PLC-5, SLC, o regulador de la familia de MicroLogix. En la Figura No. 19 se presenta la pantalla principal del RSLinx.

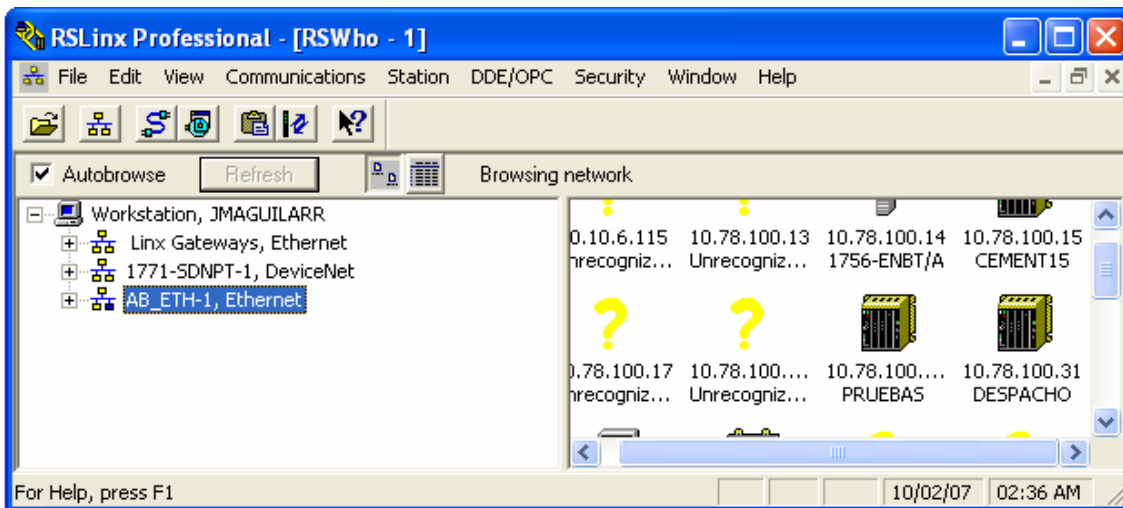


Figura No. 19 Ventana principal del RSLinx.

Software RSLogix Emulate 5

RSLogix Emulate 5 (9324-RL5350END) es el paquete de emulación de software para los controladores programables PLC-5. RSLogix Emulate 5 utilizado junto con el software RSLogix 5 permite ejecutar y depurar el código de aplicación mientras trabaja en su computadora. Además, RSLogix Emulate 5 también permite probar pantallas HMI, desarrolladas por ejemplo en RSVIEW32, sin necesidad de conectarse a un controlador real.

Al utilizar RSLogix Emulate 5, puede eliminar el costo de mecanismos de prueba dedicada, mejorar la productividad y reducir el plazo de entrega de los productos.

RSLogix Emulate 5 proporciona capacidades de depuración con características mejoradas. Puede establecer las instrucciones de punto de ruptura y punto de rastreo (sólo en el diagrama de lógica de escalera) en el código de aplicación, utilizar rastreos y también variar la velocidad de ejecución del emulador. RSLogix Emulate 5 es compatible con todos los lenguajes de programación (diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones,

texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales). RSLogix Emulate 5 no permite el control de E/S real.

Software RSVIEW32

El RSVIEW, junto con Logix para el control y la arquitectura NetLinx para la comunicación, forman la estrategia de Arquitectura Integrada de Rockwell Automation. La estrategia del RSVIEW combina la experiencia de Rockwell Automation en interfaces electrónicas de operador y hardware de PC industrializado Allen-Bradley con el software de control supervisor de Rockwell Software.

El software RSVIEW de Rockwell es una línea de productos de software HMI diseñada con aspecto y navegación comunes para acelerar el tiempo de capacitación y el desarrollo de la aplicación HMI. Con RSVIEW, puede hacer referencia a tags de datos Logix existentes. RSVIEW hereda automáticamente los cambios realizados en estos datos de referencia. El software RSVIEW incluye:

- RSVIEW Studio permite crear aplicaciones en un entorno de diseño único. Configura Supervisory Edition, Machine Edition, VersaVIEW CE y PanelVIEW Plus. Es compatible con la edición y la reutilización de proyectos para mejorar la portabilidad entre la máquina incorporada y los sistemas HMI de supervisor, lo que permite ahorrar tiempo de desarrollo y reducir costos de capacitación e ingeniería.
- RSVIEW es un producto HMI de nivel de máquina compatible con soluciones de interface de operador dedicado y abierto. Proporciona una interface de operador coherente para múltiples plataformas (incluidas Microsoft Windows CE, Windows 2000/XP y soluciones PanelVIEW Plus) y es perfecto para monitorear y controlar máquinas individuales o procesos pequeños.

- RSVIEW es un software HMI para aplicaciones de control y monitoreo de nivel de supervisor. Dispone de una arquitectura escalable y distribuida compatible con aplicaciones de múltiples usuarios/servidor distribuido. Esta arquitectura altamente escalable se puede usar en una aplicación de un servidor/un usuario, autónoma o de múltiples usuarios que se conectan mediante interface con múltiple servidores.

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

Este proyecto busca implementar un sistema electrónico que controle el expendio de cemento a granel en la planta de la empresa CEMEX COSTA RICA ubicada en Colorado de Abangares.

4.1 Obtención y análisis de información

Para llevar acabo la construcción del sistema se debe conocer y comprender todas las condiciones del problema existente en la empresa. Por lo que se procedió a observar y preguntar a los encargados del proceso; ¿Cuál es el procedimiento actual que deben realizar los clientes para comprar cemento a granel?

De acuerdo a la información recolectada de los encargados del proceso el procedimiento que siguen los clientes para adquirir el cemento a granel se detalla a continuación. Inicialmente el cliente debe de acudir al departamento de facturación a realizar la orden de compra y a cancelar el producto como se muestra en la Figura No. 20.



Figura No. 20 Cliente realizando la orden de compra.

Cuando el cliente ya posee la factura de compra se dirige a la oficina de entrega, ubicada junto a la ceda de carga, donde solicita su producto. Desde esta un operario realiza la entrega del cemento vendido a granel, con la ayuda de un programa instalado en una computadora personal. La ventana principal de este programa se presenta en la Figura No.21.



Figura No. 21. Interfaz con el usuario del programa que realiza las entregas de cemento a granel.

El procedimiento que se sigue en el momento de realizar una entrega de cemento a granel es el siguiente:

1. El transportista coloca su vehiculo sobre una de las celdas de carga ubicadas a un lado del centro de operación del sistema.
2. Cuando ya el vehiculo se encuentra en la posición correcta el operario debe de presionar el botón "TARAR", el cual captura el peso del vehiculo

sin carga. Lo anterior corresponde a pesar el envase en el cual se depositará el cemento.

3. Cuando el sistema ya muestra el peso del vehículo vacío en la interfaz, se procede a ingresar en la ventana principal del programa (Figura No. 21) la cantidad de cemento que indica la factura correspondiente al cemento adquirido, en el cuadro de texto demonizado “Solicitado”.
4. Seguidamente el operario selecciona por medio de los botones “SILO 1” y “SILO 2”, cuál tipo de cemento se depositará en el vehículo.
5. El operario debe de colocar la “pistola dispensadora de cemento” exactamente en el orificio que poseen los vehículos utilizados para el transporte de cemento en la parte superior del recipiente contenedor, utilizando las flechas que se presentan en la ventana principal del programa (Figura No. 21).
6. Una vez que se han realizado correctamente los pasos anteriores, el operario procede a presionar el botón de “ON” ubicado en la ventana principal del programa, para que el sistema inicie la descarga de cemento al camión.
7. Cuando se termina de realizar la descarga de cemento en él vehículo, el sistema anuncia que se terminó el proceso y el sistema regresa al estado de espera de datos para una nueva entrega de cemento.

4.2 Reconocimiento y definición del problema

El operario tiene la responsabilidad de hacer que el cliente cargue en su vehículo de transporte la cantidad y el tipo de cemento que indica la factura de

compra, utilizando el programa mostrado en la Figura No. 21. Debido a que actualmente el programa que se comunica con esta interfaz no almacena de ninguna manera la información histórica correspondiente a cada una de las descargas de cemento, el departamento de ventas de cemento es incapaz de corroborar si el operario entregó al cliente el tipo de cemento y cantidad que realmente compró.

Debido a la situación descrita anteriormente, la sección de ventas de cemento a granel únicamente es capaz de cuantificar la cantidad de cemento entregado en la planta de Guanacaste a través de la información anotada en las facturas de compra. Este sistema de control presenta grandes deficiencias, ya que no permite realizar un control cruzado entre la cantidad indicada en la factura de compra y la cantidad de cemento dispensada en esa descarga. Actualmente tampoco es posible realizar trazabilidad de la cantidad de cemento dispensada a un número de placa de camión específico.

Aunado a los problemas expuestos anteriormente, se encuentra la carencia de información respecto a las entregas, como lo son: fecha, hora de la entrega y tipo de cemento dispensado. Esta información es imprescindible para cuantificar el nivel de utilización del sistema de despacho de cemento a granel, así como la determinación de la demanda existente de cada uno de los tipos de cemento disponibles.

En conclusión actualmente no es posible determinar con exactitud la cantidad de cemento dispensado diariamente (total o por tipo), así como información valiosa de las entregas como: fecha, hora de inicio, hora de finalización, placa del camión, que permitirían alcanzar un alto nivel de control del expendio de cemento a granel en el plantel de CEMEX en Colorado de Abangares.

4.3 Evaluación de alternativas y síntesis de la solución

El objetivo de este proyecto es lograr que cada uno de los clientes que adquieren cemento a granel, retiren de la planta de CEMEX ubicada en Colorado de Abangares la cantidad de Kilogramos y el tipo cemento que se canceló en la factura de compra.

La primera idea que se le planteó a la compañía consistía en darle la capacidad al sistema de control que realiza la descarga de cemento (PLC), de capturar los datos de la cantidad de kilogramos y el tipo de cemento, desde el servidor de facturación. De manera que el proceso de descarga de cemento sea automático, permitiendo eliminar los errores humanos que puede introducir el operario que actualmente es responsable de realizar la descarga. Esta solución a pesar de ser muy eficiente no se pudo llevar a la práctica debido a las políticas de la empresa CEMEX. Ya que la empresa mantiene como estrategia de seguridad dos redes completamente independientes. Una de estas redes es de uso exclusivo para la parte administrativa a la cual pertenece el servidor de facturación y la otra red es dedicada a los departamentos de mantenimiento de la empresa. En esta última se ubican la computadora del operador y el PLC que realiza el proceso de control de la descarga. Por lo tanto, las medidas de seguridad son tan estrictas que no se permite ningún tipo de comunicación entre equipos de ambas redes.

Tomando en cuenta las políticas de seguridad de redes que mantiene la compañía se decidió desarrollar una solución diferente a la problemática actual de la empresa en la falta de control del expendio de cemento a granel. Por lo que se propuso diseñar e implementar un sistema electrónico que permita recolectar información en tiempo real acerca de: la cantidad y tipo de cemento que se descarga en cada vehículo de transporte, la placa del vehículo, la fecha y hora en que se lleva a cabo el procedimiento de descarga y del número de factura de compra. Esto con el objetivo obtener un alto nivel de control del sistema de expendio de cemento a granel deseado por la empresa,

4.4 Implementación de la solución

Teniendo claro el problemática que esta viviendo en la planta de CEMEX en Colorado de Abangares, se procedió a visualizar desde distintas puntos de vista las condiciones en que se debe dar la solución.

Desde el marco de la economía de la empresa se busca desarrollar una solución de bajo costo y a corto plazo, pero que garantice la posibilidad de determinar con datos 100% reales la cantidad de cemento por tipo que se sale de la planta de Abangares.

La planta de Abangares en la parte comunicación ethernet se encuentra dividida en dos redes completamente independientes, una de estas redes es de uso exclusivo de la parte de facturación y administración y la otra es dedicada para el mantenimiento de la empresa. La empresa tiene como política corporativa prohibido comunicar estas dos redes en cualquier sistema electrónico, con el objetivo de garantizar la funcionalidad y la seguridad de la red de la compañía.

Por esta disposición de la empresa no es posible que el sistema electrónico que permite realizar el expendio de cemento a granel (el cual se presenta en la Figura No. 21) adquiera los datos de control directamente desde el sistema de facturación, con el fin de evitar los posibles errores humanos por parte del operario responsable de realizar la entrega del producto.

El sistema electrónico que ejecuta las instrucciones de descarga de cemento en los vehículos de transporte tiene su lógica de control hecha por medio de los recursos que ofrecen un PLC de la marca Allen Bradley, el cual es programado medio de las aplicaciones de software del paquete "Rockwell Softwre".

Como se expuso en el marco teórico los PLC ofrecen gran cantidad de recurso en la automatización de procesos mas sin embargo presentan algunas limitaciones en relación a su capacidad de memoria, a la flexibilidad para manejar muchos datos y a su capacidad de funcionar como servidor web. Esto se debe a que el objetivo principal de los PLC es sustituir los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Teniendo presente la necesidad de la empresa CEMEX en la planta de Abangares y los argumentos expuestos anteriormente, se diseño e implemento un sistema electrónico que permite recolectar información en tiempo real de la cantidad y el tipo de cemento que se descarga en cada vehiculo de transporte, de la placa del vehiculo, la fecha y hora en que se realiza el procedimiento de descarga y del número de factura de compra. Esto con el objetivo de contar con un registro real que le permite a los encargados del departamento poder controlar si el operador responsable de realizar la entrega del producto lo esta haciendo correctamente.

Este sistema diseñado para satisfacer las necesidades de la empresa debe funcionar como un servidor web, permitiendo así el acceso al registro real de entregas de cemento a granel a través de una página web colocada en el dominio IP de la empresa. De esta forma los gerentes relacionados con esta área podrán tener acceso a esta y realizar un mejor control de la cantidad de producto dispensado, directamente desde su computador.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

Con el fin de exponer detalladamente el desarrollo y la implementación del sistema que controla el expendio de cemento a granel en la planta de Colorado de Abangares, se detallan a continuación los requerimientos de hardware y software.

5.1 Descripción de Hardware

El sistema electrónico desarrollado debe de recolectar directamente todos los datos de identificación reales de cada entrega de cemento a granel realizada.. De manera que no sea el operador del sistema de entrega de cemento quien ingrese estos datos, sino que sean adquiridos directamente de las variables físicas que se activan o desactivan durante la entrega como consecuencia de las indicaciones del operador. Lo anterior se realiza con el fin de garantizar el 100% de confiabilidad en los datos acerca del expendio de cemento a granel, proyectados y recolectados en el servidor web.

Además cabe destacar que para el trabajador que actualmente realiza la entrega del producto, este sistema de control es totalmente confiable. Ya que ejecutará el mismo procedimiento de entrega utilizado actualmente.

A continuación se expondrán las diferentes interfaces entre los equipos que hacen posible la realización de este sistema de control.

5.1.1 Comunicación entre el operador y el sistema de control del PLC

La comunicación entre el operador responsable de entregarle al cliente la cantidad y el tipo de cemento que dice la factura de compra correspondiente y el sistema que dirige el proceso de descarga de cemento desde los silos hasta el vehículo de transporte (PLC), inicia cuando el trabajador ingresa las indicaciones de descarga de cemento en la ventana de la Figura No. 21 (esta interfaz se

describirá en el apartado de descripción de software). El programa que cuenta con esta interfaz se encuentra instalado en la computadora personal del operador. Este programa está diseñado para recolectar los datos que se ingresan en la ventana y colocarlos en el sistema que dirige la descarga de cemento (PLC-5/80E), a través de una interfaz ethernet, utilizando la red de la empresa. Esta comunicación cumple con los protocolos de enrutamiento de datos que requiere esta tecnología.

En la Figura No. 22 se ilustra la comunicación entre el operador y el sistema que gobierna la descarga de cemento a granel.

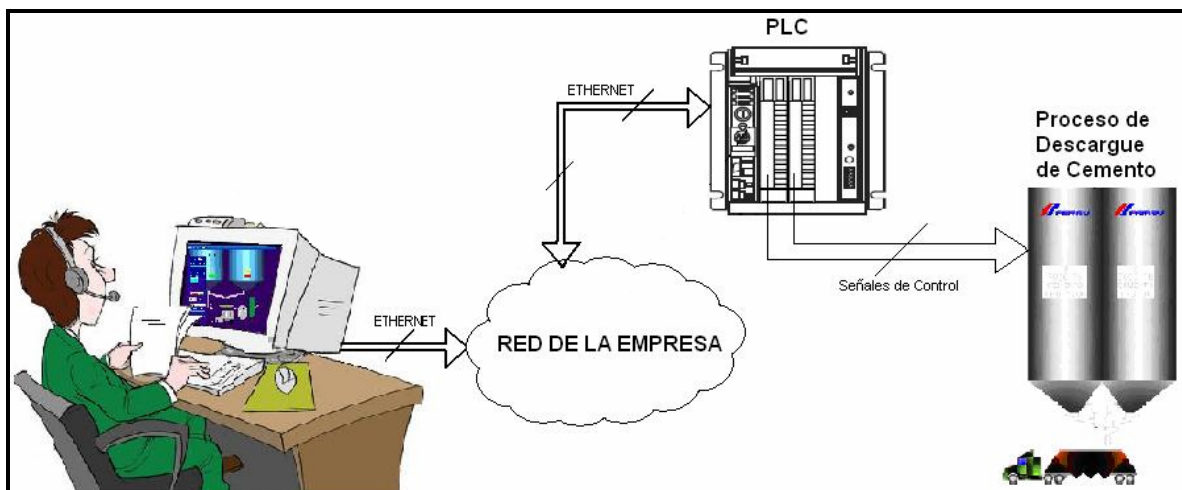


Figura No. 22 Comunicación entre el operador y el sistema de control del PLC

5.1.2 Comunicación entre el PLC y Microprocesador del Kit RCM3700

La comunicación entre el sistema que dirige el proceso de descarga de cemento desde los silos de almacenamiento al vehiculo de transporte del cliente (PLC) y el microprocesador Rabbit 3000 (ensamblado en un Kit de desarrollo RCM 3700), se realiza bajo el protocolo de comunicación serie RS-232 en conexión directa. En el diagrama de la Figura No. 23 se presenta la forma de realizar la comunicación.



Figura No. 23 Conexión del PLC con el KIT

5.1.3 Comunicación entre Microprocesador y la red Ethernet

El microprocesador Rabbit 3000 se encuentra instalado sobre un “kit de desarrollo (RCM 3700)”. Este último contiene un controlador de puerto ethernet incorporado. Por esta razón, la conexión entre el microprocesador y la red ethernet solo requiere de un cable de RJ-45 entre el controlador de la tarjeta de desarrollo y el de la red de la empresa CEMEX. La Figura No. 24 muestra la forma de conectar el cable RJ-45 al PIC.



Figura No. 24 Conexión del microprocesador con la red ethernet

5.2 Descripción de software

Para poder implementar el sistema electrónico que hace posible cumplir con los objetivos planteados, fue necesario el desarrollo de diferentes programas en varias plataformas. Los desarrollos de software realizados en el sistema se exponen a continuación.

5.2.1 Interfaz entre el operador y el sistema que controla la descarga (PLC)

El programa que realiza la comunicación entre el operario responsable de entregarle al cliente el producto y el sistema que realiza esa entrega (PLC) fue modificado, con el objetivo de que el sistema de control del expendio de cemento a granel pueda obtener los datos necesarios para realizar el registro de los datos reales correspondientes a cada una de las entregas.

Para cumplir con este objetivo, se modificó el programa de manera tal que el usuario deba introducir en la ventana de trabajo los datos de número de placa y número de factura como requisito indispensable para realizar la entrega.

Además, con la finalidad de hacer más amigable la ventana de trabajo del operador, se le agregaron las siguientes características:

- Se diferenciaron de manera significativa las imágenes correspondientes a los “SILOS” en la ventana. Esto con el fin de evitar al máximo las confusiones en cuanto al tipo de cemento que se va entregar al cliente.
- Se creó un aviso en la ventana de trabajo que le confirma al operador el tipo de cemento que el sistema se dispone a descargar. Este aviso es visible hasta que se haya oprimido uno de los botones para la selección del silo.
- Se agregó una alarma que le indique al usuario del programa si el servidor web perdió comunicación con el sistema de descarga (PLC). Este tiene la finalidad de que el operador notifique al ingeniero en turno, para que este verifique inmediatamente la comunicación. En el momento en que se habilita nuevamente la comunicación la alarma desaparece automáticamente.
- Se colocó en la ventana de trabajo cuatro luces rotuladas con el nombre de “ENCLAVAMIENTOS”, las cuales informan el estado de las diferentes etapas del proceso de descarga de cemento. Con el objetivo de que si eventualmente el proceso de descarga se daña, el operador pueda comunicarle al ingeniero cual es el proceso que falló, para facilitar el mantenimiento correctivo del sistema.

En la Figura No. 25 se muestra la ventana de trabajo del programa que comunica el operador con el sistema de descarga. Las condiciones en que se encuentra el programa corresponden a lo siguiente: el operador no ha seleccionado el tipo de cemento (SILO) y el servidor web (microprocesador rabbit 3000) tiene comunicación con el sistema de descarga (PLC).

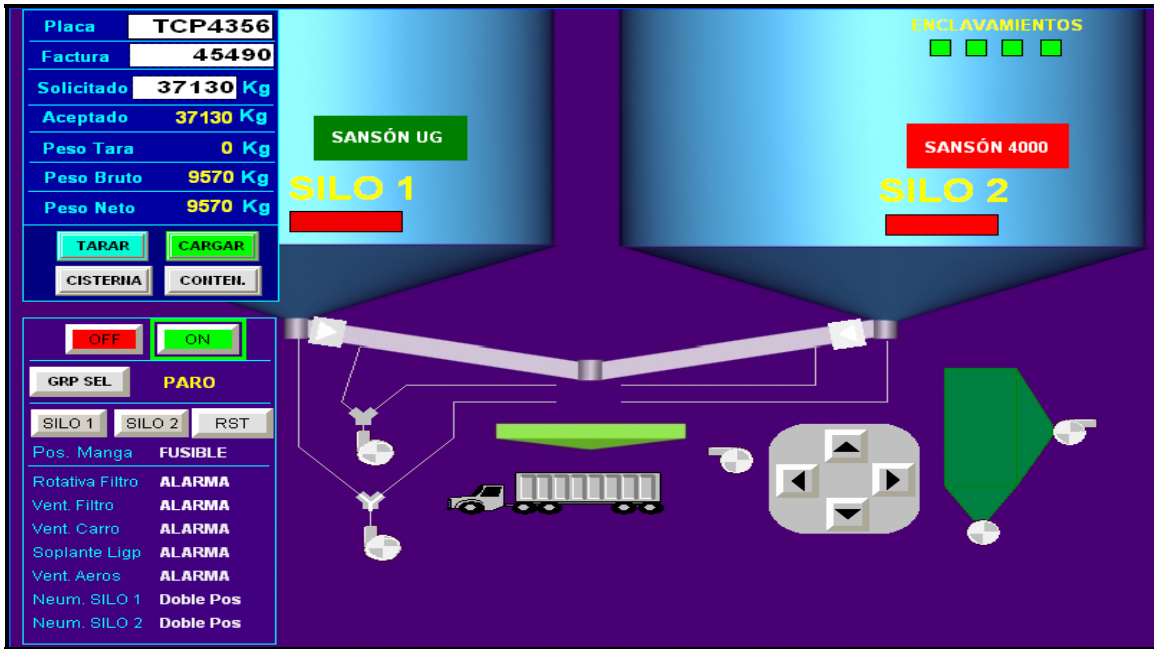


Figura 25 Ventana de trabajo del programa que comunica el operador con el sistema de control.

En la Figura No. 26 se muestra la interfaz del sistema de control con el usuario cuando el servidor web ha perdido comunicación, por lo que se puede observar la alarma “KIT DESCONECTADO” que le avisa al usuario del programa que hay problemas de comunicación con el servidor.

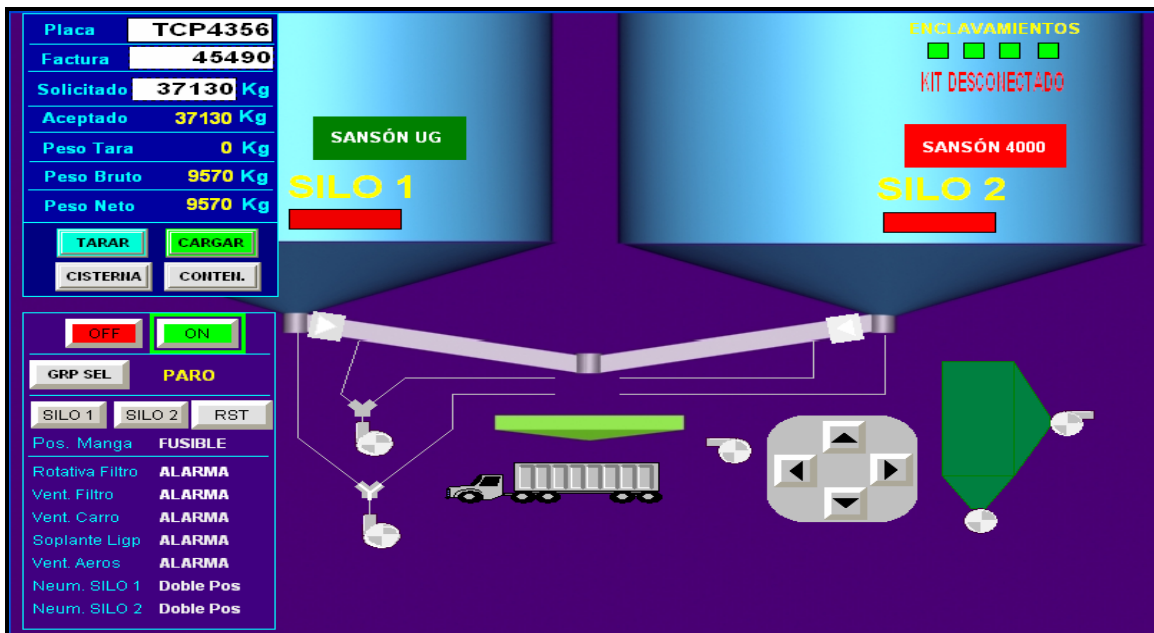


Figura 26 Ventana de trabajo cuando el servidor web pierde la comunicación.

En la Figura No. 27 se muestra la ventana de trabajo cuando el programa le confirma al operador el tipo de cemento que seleccionó para descargar en el vehículo de transporte.

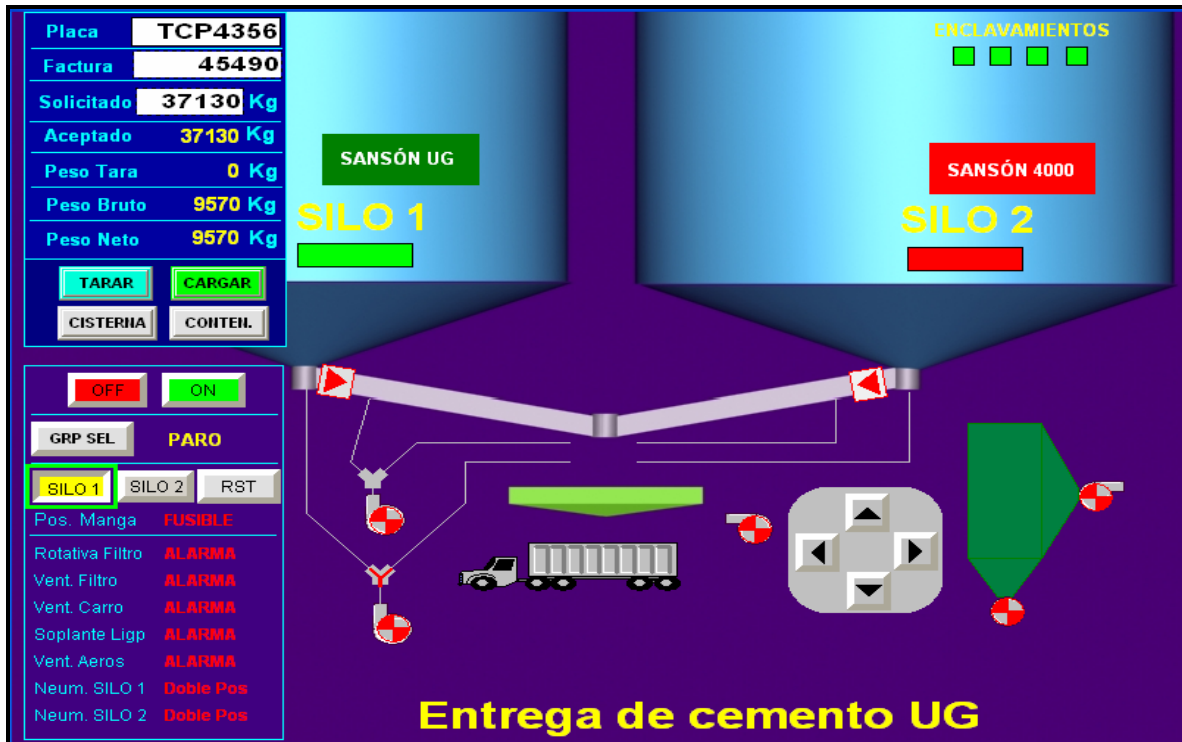


Figura 27 Ventana de trabajo del programa cuando confirma el tipo de cemento seleccionado.

5.2.2 Algoritmo de recolección de los datos reales de la entrega de cemento a granel

En un PLC - 5/80 de la marca Allen - Bradley se encuentra desarrollado todo el sistema de control que permite realizar las descargas de cemento, desde los silos donde se almacenan los diferentes tipos de cemento, hasta el vehículo de transporte ubicado sobre una celda de carga. Este sistema de control debe de estar monitoreando la salida de esta celda de carga, esto para determinar el peso “TARA” o peso del envase (el cual que corresponde al vehículo sin carga) y el peso “BRUTO” (que corresponde al peso del vehículo cargado de cemento). Con estos dos datos el sistema tiene la posibilidad calcular el peso “NETO” (este peso corresponde a la resta del peso “BRUTO” menos el peso “TARA”). Para el sistema

de control es indispensable conocer el peso “NETO” durante todo el proceso. Ya que este dato corresponde a la cantidad de cemento que se ha cargado en el camión. Lo que permite cerrar la llave del silo de donde se está descargando el cemento en el momento justo cuando se alcanza el peso que dice la factura de compra. Además el sistema requiere generar una secuencia de señales de salida (las señales que abren las llaves de los silos), para poder realizar una descarga de cemento, y debe leer las señales de entrada provenientes desde distintos sensores.

Al algoritmo de control programado para realizar las descargas de cemento se le agregó una nueva rutina. Esta rutina de programación tiene básicamente las siguientes funciones:

- Identificar las señales que se activan durante el proceso, para poder conocer el tipo de cemento que seleccionó el operario.
- Leer el número de placa y el número de factura que digita el operario en la interfaz de la Figura No. 27 que se encuentra instalada en el computador del operador, a través de la red ethernet.
- Evitar que el sistema de descarga de cemento entre en marcha sin que el operario haya actualizado el número de placa y número de factura.
- Determinar el final de cada descarga con fin de poder almacenar la cantidad real de producto que se le entregó al cliente.
- Concatenar todos los datos de una de las entregas de cemento en una sola cadena de caracteres.

5.2.3 Interfaz entre el sistema de control y Microprocesador del Kit

La comunicación entre el sistema de control de descarga de cemento “PLC” y el servidor web “Kit RCM3700” se realizó por medio de un puerto serie bajo el protocolo de comunicación RS232. Para realizar esta comunicación se desarrollaron dos rutinas para controlar el puerto serie, una en el “PLC” y otra en el servidor web.

La comunicación inicia por medio de la rutina del “PLC”. Esta rutina toma la cadena de caracteres que contiene toda la información de la entrega de cemento actual (factura, placa, cantidad de kilogramos de cemento, fecha y hora de la entrega) y la envía hacia el servidor web. El programa espera durante 10 segundos la confirmación de recibido que le emite el microprocesador del servidor. Si esta confirmación llega en el tiempo adecuado, el programa no emite la alarma de error de comunicación y elimina la información del carro actual. De lo contrario genera la alarma y almacena toda la cadena de caracteres correspondiente a la descarga actual en una pila “FIFO” de entregas con problemas. Esta rutina también cuenta con un temporizador que le permite estar intentado comunicarse con el servidor cada veinte minutos, con el objetivo de actualizarlo con la información de la pila que no se ha enviado por problemas de comunicación. En el momento que se logra la comunicación se desactiva la señal de error.

Es importante destacar que el hecho de que el sistema pueda contar con esta pila, le permite al operador continuar realizando las entregas de cemento aunque el servidor se encuentre desconectado.

5.2.4 Interfaz con el usuario (Ethernet)

Cuando algunos de los trabajadores de CEMEX necesite acceder el registro real que asocia cada uno de los vehículos que retiraron cemento a granel de la planta de Colorado de Abangares con su correspondiente; número de factura, tipo

de cemento, cantidad de kilogramos de cemento, fecha y hora en que se realizó la entrega, solo debe de colocar la dirección de red del servidor web (microprocesador rabbit 3000) en cualquier navegador de Internet desde cualquier computadora que pertenezca al dominio de red de la empresa.

Para acceder a esta interfaz el usuario debe de ingresar el nombre de usuario y la clave correspondiente. El usuario también puede ajustar la fecha del servidor desde la interfaz para actualizarla de ser necesario.

Para poder realizar esta aplicación se programa una interfaz ethernet en el microprocesador que cumple con los protocolos de enrutamiento de datos de esta tecnología. De forma tal que el sistema funcione como un servidor Web.

El código desarrollado en el procesador permite configurar: la dirección IP, mascara de subred y la dirección del “default gateway”. Habilitando al sistema para que pueda funcionar en cualquier red de trabajo, logrando una mayor flexibilidad ante las variaciones de la red implementada en la empresa.

Cuando el usuario ingresa al sistema “Control del expendio de cemento a granel” encuentra las siguientes opciones.

5.2.1.1 Página Principal

Esta página es la que permite la comunicación entre el usuario administrador del sistema y el sistema de control de entregas de cemento a granel. Desde esta página se puede apreciar las opciones que ofrece el sistema en general, como lo son: la base de datos del historial de las descargas de cemento, actualización de la fecha y hora del reloj de tiempo real del sistema y finalmente le permite ver los créditos del diseñador del sistema.

En la Figura No. 28 se presenta el diseño de la página principal.



Figura 28 Diseño de la página principal

5.2.1.3 Página para acceder el historial de las entregas de cemento

Esta página le ofrece al usuario la posibilidad acceder el registro real del expendio de cemento a granel de la empresa CEMEX COSTA RICA en la planta ubicada en Colorado de Abangares. En esta página cada uno de los espacios de la lista corresponde a una entrega de cemento y en cada espacio se expone: la fecha y hora de la descarga, el número de factura, el número de placa, cantidad de kilogramos de cemento y el tipo de cemento.

En la Figura No. 29 se presenta el diseño de esta página. Esta página se utiliza únicamente para lectura de los registros de entregas de cemento. Por lo que desde esta página no se le puede dar ninguna instrucción al sistema.

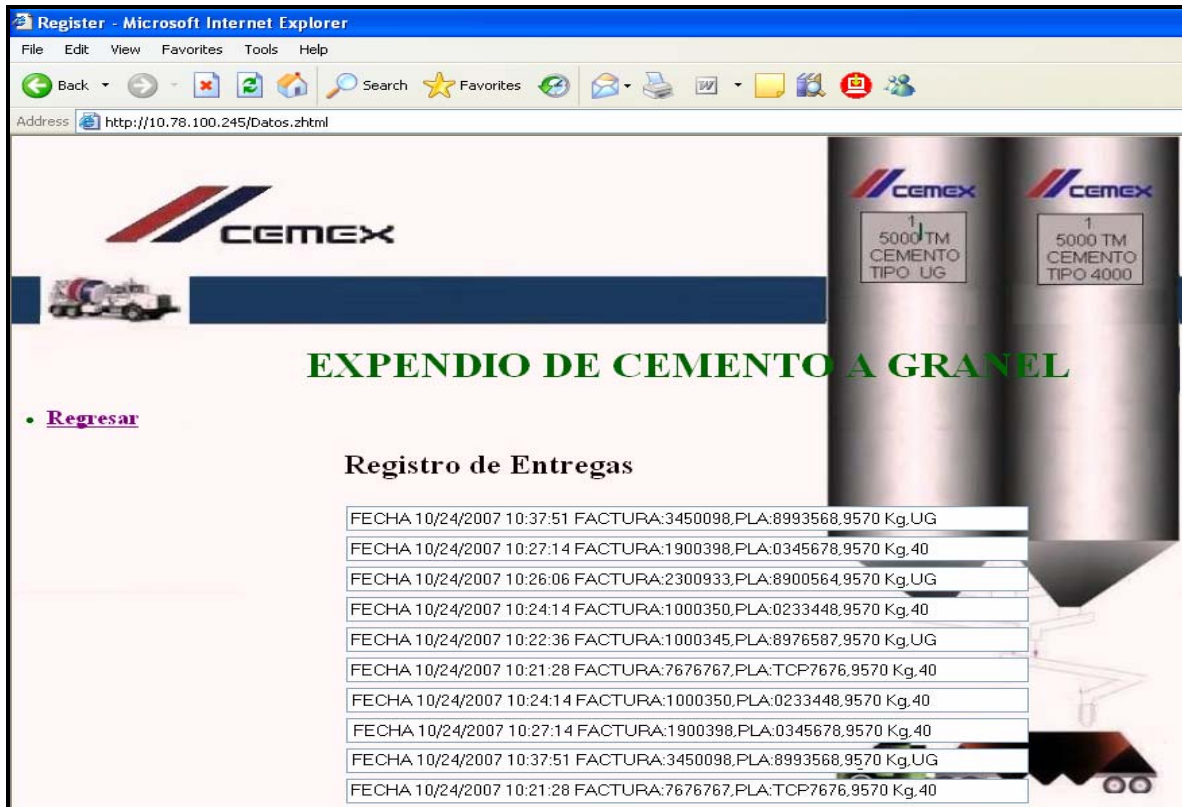


Figura 29 Diseño de la página para acceder al registro de entregas reales de cemento a granel.

5.2.1.4 Página que permite ajustar la fecha y la hora del servidor web

Esta página es de gran importancia, ya que para realizar un control preciso en el expendio de cemento a granel es necesario conocer la hora y la fecha exacta de cada una de las entregas de producto. Y este sistema está diseñado de manera tal que sea el mismo servidor web el que aporte los datos de hora y fecha correspondientes a cada una de la descargas de cemento. Por esta razón, esta página presenta la opción de actualizar la hora y fecha del sistema en general. Esta condición le da la capacidad al sistema de ser reiniciado en determinado momento y puesto en marcha de una forma práctica y rápida.

La modificación de la fecha y hora se realiza desde un espacio asignado para esto, y se logra mediante el uso del siguiente formato:

mm/dd/yy hh:mm:ss

Sí el usuario no introduce la fecha y la hora con el formato correspondiente el sistema le indicará en la misma página que se cometió un error y este deberá de introducir nuevamente la fecha y hora.

En la Figura No. 30 se ilustra el diseño de la página utilizada para la actualización de fecha y hora del sistema.



Figura 30 Diseño de la página para actualizar la fecha y la hora del sistema

Capítulo 6: Análisis de resultados

El sistema electrónico diseñado he implementado para recolectar, almacenar y proyectar los datos de identificación reales para el control del expendio de cemento a granel en la planta de Colorado de Abangares de la empresa trasnacional CEMEX, resultó ser una solución para la necesidad de un sistema de control, a un bajo costo económico pero con un alto nivel de confiabilidad para la empresa.

La decisión tomada en el planteamiento de la solución fue hacer uso de una tarjeta electrónica con un alto contenido en hardware pero con poco desarrollo de software. Ya que los sistemas de control electrónicos que son muy amigables con el usuario requieren de un alto desarrollo por parte del fabricante en el área de programación. Por lo que tienen un valor económico representativo (como es el caso del PLC).

El hacer una uso de un microprocesador como lo es el Rabbit 3000, empotrado en un kit de desarrollo llamado RCM 3700, significó que el desarrollo de software realizado por el diseñador fuera en un lenguaje de programación de muy bajo nivel. Por lo que se hizo necesario incluir muchas líneas de código para implementar un servidor web con las características deseadas. Sin embargo, esta fusión entre el microprocesador y la tarjeta de expansión ofrece altos recursos en cuanto a hardware se refiere. Ya que cuenta con todo los elementos necesarios para desarrollar el servidor.

Otro de los elementos importantes del proyecto es el controlador lógico programable “PLC “, este dispositivo electrónico pone a disposición del usuario un alto contenido tanto en hardware como en software. Lo que esta representa un alto valor económico. Sin embargo el costo asociado a un equipo del “PLC” no afecta el presupuesto de este proyecto. Ya que el sistema actual de descarga de cemento desde los silos hasta los vehículos de transporte esta controlado por

medio de un “PLC”. Por lo que el software necesario para este proyecto fue desarrollado en este PLC, Lo cual solucionó muchos problemas de adquisición de señales eléctricas, como la selección de silos.

Para lograr una confiabilidad del 100% en la base de datos que se publica en el servidor web relacionada a cada una de las entregas de cemento a granel, se hizo necesario el desarrollo de un software que contemplara cualquier error de comunicación entre el sistema que controla la descarga de cemento y el sistema de control del expendio cemento. Esto con la intención de no perder la información ninguna de las entregas de cemento. Para solucionar estos errores eventuales de comunicación, el sistema que controla la descarga cuenta con un registro de respaldo. De manera que mantenga almacenada la información de las descargas que por alguna razón no han podido llegar al servidor, y de actualizar el servidor en el momento en que se restablezca la comunicación.

Con la solución implementada se garantiza la seguridad de almacenamiento de la información de las entregas, ya que el sistema electrónico cuenta con memoria flash, la cual tiene la capacidad de permanecer hasta un año sin recibir alimentación, asegurando de esta forma la información ante eventuales caídas de potencia.

El sistema no está sujeto a las direcciones de red que esta utilizando actualmente la empresa CEMEX COSTA RICA, por lo que el sistema tiene la versatilidad de operar en cualquier red de computadoras. Ya que cuenta con la opción de ajustar la dirección IP y la máscara de subred de una forma práctica. De esta manera los encargados de las redes de la empresa no se encuentran limitados ante futuras reasignaciones de direcciones de red.

Capítulo 7: Conclusiones

- Se logró diseñar e implantar un sistema electrónico que determina con exactitud la cantidad de cemento dispensado diariamente (total o por tipo) en el plantel de CEMEX en Colorado de Abangares.
- Los interesados en conocer con exactitud los datos de identificación reales de cada una de las entregas de cemento a granel realizadas en la planta de Abangares lo pueden realizar desde cualquier computadora que pertenezca al dominio de red de la empresa.
- El sistema electrónico desarrollado para el control del expendio de cemento a granel tiene la versatilidad de trabajar en cualquier red de computadoras. Ya que cuenta con una rutina que le permite al usuario del sistema ajustar la dirección IP y la máscara de subred de una forma práctica.
- Se proporcionó una solución de muy bajo costo a la problemática de carencia de control sobre el sistema de expendio de cemento a granel enfrentada por la planta de Abangares de la empresa CEMEX.
- Se implementó una rutina de comunicación entre el sistema de descarga de cemento y el servidor web que garantiza un 100% de veracidad en los datos de identificación reales de cada una de las entregas de cemento granel que se muestran en la página web.

Capítulo 8: Recomendaciones

Para garantizar en un 100% que cada uno de los clientes de cemento a granel retiren la cantidad y el tipo de cemento que indica la factura de compra, el sistema electrónico que permite realizar la descarga de cemento desde los silos hasta el vehículo de transporte del cliente (el cual se presenta en la Figura No. 21) debe adquirir los datos para el control de la descarga directamente desde el sistema de facturación. Con el propósito de evitar los posibles errores humanos por parte del operario responsable de realizar la entrega del producto.

Para esto es necesario que el segmento operativo y de toma de decisiones de la empresa CEMEX reconozca la importancia de comunicar la red administrativa con la red de mantenimiento, haciendo uso de un alto nivel de seguridad. De manera que se salvaguarden los accesos permitidos a esta.

Capítulo 8: Bibliografía

Bavaresco, Aura. Las Técnicas de Investigación: Manual para la Elaboración de Tesis, Monografía, Informes. 4 ed. Estados Unidos: South-Western Publishing Co, 1979.

Center for Instructional Services. Presentation Skills for the Classroom. (Non Published document), Purdue University, West Lafayette, Indiana, August, 1994.

Cisco Systems. Protocolo Ethernet. [En línea] (<http://www.cisco.netacad.net>.) [Visita: Julio, 2007].

Garcia, Emilio. Automatización de procesos industriales. Segunda Edición. Editorial Alfaomega.1998

José, Miranda. Aplicación de los algoritmos PID a un controlador lógico programable. [En línea] (<http://www.eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0434t.pdf>). [Visita: 20 Julio, 2007]

Piedrahita, Ramón. Ingeniería de la automatización industrial. Segunda Edición. RA-MA.2000

Purdue University. A Manual for the Preparation of Graduate Theses. 4 ed. (Non Published document), Purdue University, Indiana, August, 1993.

Rabbit Semiconductors. RCM 3700 Development Kit. [En línea] (<http://www.rabbitsemiconductor.com>) [Visita: 5 Julio, 2007].

Capítulo 9: Apéndices

A.1 Glosario

PLC: Controlador lógico programable (Programmable Logic Controller). Dispositivo electrónico de propósito especial utilizado en la industria como elemento de control y monitoreo de máquinas, motores, válvulas, sensores, medidores, etc. Este dispositivo tiene características de elemento programable y la capacidad de poder conectarse a un red

Procesador: Dispositivo electrónico o 'chip' el cual es el cerebro de la computadora. La línea Intel inició con el 286 hasta el 586 o Pentium I, y actualmente se tiene el Pentium IV; próximamente saldrá el Pentium V. También se cuenta entre otros con los procesadores AMD K6-2 y sus diferentes tipos.

Protocolo de comunicación: Protocolo de comunicaciones. Estándares de hardware o software que gobiernan la transmisión entre estaciones. En computadores personales, los programas de comunicaciones ofrecen una variedad de protocolos (Kermit, Xmodem, Zmodem, etc.) para transferir archivos a través de un modem. En LAN, los protocolos de enlace de datos como Ethernet, Token Ring y FDDI proveen el método de acceso (capas OSI 1 y 2) que mueve paquetes de estación a estación, y los protocolos de niveles superiores, como NetBIOS, IPX y TCP/IP (capas OSI 3, 4 y 5), controlan y enrutan la transmisión. El siguiente intercambio de conceptos ocurre al nivel de enlace de datos (Zmodem, Ethernet, etc.), que garantiza que un bloque de datos se transfiera entre dos nodos sin error.

Puerto Serie: También llamado "COM". Tipo de conexión a través de la cual podemos unir un dispositivo periférico a un Pc (un ratón). Sólo es capaz de transmitir 1 bit cada vez, por lo que resulta un puerto bastante lento.

ASCII: Código americano estándar para intercambio de información. Se pronuncia "as-ki". Código binario para texto así como para comunicaciones y control de impresoras. Se utiliza en la mayor parte de las comunicaciones y se encuentra en el código de caracteres incorporado en la mayoría de los minicomputadores y en todos los computadores personales. ASCII es un código de 7 bits que permite 128 combinaciones de caracteres, de las cuales las 32 primeras son caracteres de control. En vista de que la unidad corriente de almacenamiento es un byte de 8 bits (256 combinaciones), y ASCII utiliza sólo 128, el bit extra se usa de manera diferente dependiendo del computador. Por ejemplo, el computador personal utiliza los valores adicionales para lenguas extranjeras y símbolos gráficos (véase el diagrama ASCII a continuación). En el Macintosh, los valores adicionales pueden ser definidos por el usuario. En la versión Macintosh de este diccionario, los símbolos para computadores personales fueron diseñados dentro del tipo de letra utilizado para las definiciones.

Memoria flash: Chip de memoria que mantiene su contenido sin energía, pero que debe borrarse en bloques fijos, en lugar de bytes solos. Los tamaños de los bloques por lo general van de 512 bytes hasta 256KB. El término fue acuñado por Toshiba, por su capacidad para borrarse "en un flash" (instante). Derivados de EEPROM, los chips flash son menos costosos y proporcionan mayores densidades de bits. Además, el flash se está convirtiendo en una alternativa para los EPROM porque pueden actualizarse fácilmente.

Software: Todos los componentes informáticos de carácter no físico, sino lógico (se denomina también logical), como pueden ser Sistemas Operativos, programas dedicados a la gestión, de diseño, etc

Hardware: Maquinaria y equipos (CPU, discos, cintas, modem, cables, etc.). En operación, un computador es tanto hardware como software. Uno es inútil sin el

otro. El diseño del hardware especifica los comandos que puede seguir, y las instrucciones le dicen qué hacer. Véase instruction set.

El hardware es "almacenamiento y transmisión"

Cuanto más memoria y almacenamiento en disco tiene un computador, más trabajo puede hacer. Cuanto más rápidos sean la memoria y los discos para transmitir datos e instrucciones a la CPU, más rápido se hará el trabajo. Un requerimiento de hardware se basa en el tamaño de las bases de datos que se crearán y en el número de usuarios o aplicaciones que serán atendidas al mismo tiempo.

TCP-IP: Transmission Control Protocol-Internet Protocol. Protocolo en el que se basa Internet y que en realidad consiste en dos. El TCP, especializado en fragmentar y recomponer paquetes, e IP para direccionarlos hasta su destino.

Ethernet: Red de área local (LAN) desarrollada por Xerox, Digital e Intel. Es el método de acceso LAN que más se utiliza (seguido por Token Ring). Ethernet es una LAN de medios compartidos. Todos los mensajes se diseminan a todos los nodos en el segmento de red. Ethernet conecta hasta 1,024 nodos a 10 Mbits por segundo sobre un par trenzado, un cable coaxial y una fibra óptica.

Los tres tipos principales son: (1) 10Base5 Standard Ethernet, que utiliza un cable coaxial grueso en una topología de bus entre nodos con una longitud de segmento máxima de hasta 1,640 pies, (2) 10Base2 Thin Ethernet, también llamado ThinNet y CheaperNet, que utiliza un cable coaxial más delgado de hasta 607 pies por segmento y (3) 10BaseT, que utiliza pares trenzados conectados a una configuración de estrella a través de un centro con una longitud de segmento máxima de 328 pies. Ethernets más rápidas están surgiendo: una Ethernet conmutada da a cada usuario un canal dedicado de 10 Mbps. Una Ethernet rápida corre a 100 Mbps compartidos.

Servidor de red: En una LAN, computador de alta velocidad que almacena los programas y archivos de datos compartidos por los usuarios en la red, actúa como una unidad de disco remota.

Capítulo 10: Anexos

10.1 Descripción del Microprocesador utilizado



Rabbit Semiconductor was formed expressly to design a a better microprocessor for use in small and medium-scale controllers. The first microprocessor was the Rabbit 2000. The second microprocessor, now available, is the Rabbit 3000. Rabbit microprocessor designers have had years of experience using Z80, Z180, and HD64180 microprocessors in small controllers. The Rabbit shares a similar architecture and a high degree of compatibility with these microprocessors, but it is a vast improvement.

The Rabbit 3000 has been designed in close cooperation with Z-World, Inc., a long-time manufacturer of low-cost single-board computers. Z-World's products are supported by an innovative C-language development system (Dynamic C). Z-World is providing the software development tools for the Rabbit 3000.

The Rabbit 3000 is easy to use. Hardware and software interfaces are as uncluttered and are as foolproof as possible. The Rabbit has outstanding computation speed for a microprocessor with an 8-bit bus. This is because the Z80-derived instruction set is very compact, and the timing of the memory interface allows higher clock speeds for a given memory speed.

Microprocessor hardware and software development is easy for Rabbit users. In-circuit emulators are not needed and will not be missed by the Rabbit developer. Software development is accomplished by connecting a simple interface cable from a PC serial port to the Rabbit-based target system or by performing software development and debugging over a network or the Internet using interfaces and tools provided by Rabbit Semiconductor.

10.2 Características del Kit de desarrollo RCM 3700



The RCM3700 is a compact module that incorporates the latest revision of the powerful Rabbit 3000® microprocessor, flash memory, onboard serial flash, static RAM, and digital I/O ports.

Throughout this manual, the term RCM3700 refers to the complete series of RCM3700 RabbitCore modules unless other production models are referred to specifically.

The RCM3700 has a Rabbit 3000 microprocessor operating at 22.1 MHz, static RAM, flash memory, two clocks (main oscillator and real-time clock), and the circuitry necessary for reset and management of battery backup of the Rabbit 3000's internal real-time clock and the static RAM. One 40-pin header brings out the Rabbit 3000 I/O bus lines, parallel ports, and serial ports.

The RCM3700 receives its +5 V power from the customer-supplied motherboard on which it is mounted. The RCM3700 can interface with all kinds of CMOS-compatible digital devices through the motherboard.

The Development Kit and the Ethernet Connection Kit have what you need to design your own microprocessor-based system: a complete Dynamic C software development system with optional modules and a Prototyping Board that allows you to evaluate the RCM3700 and to prototype circuits that interface to the RCM3700 module.

RCM3700 Features

- Small size: 1.20" x 2.95" x 0.89"
(30 mm x 75 mm x 23 mm)
- Microprocessor: latest revision of Rabbit 3000 running at 22.1 MHz supports Dynamic C Secure Sockets Layer (SSL) module for added security
- 33 parallel 5 V tolerant I/O lines: 31 configurable for I/O, 2 fixed outputs
- External reset I/O
- Alternate I/O bus can be configured for 8 data lines and 5 address lines (shared with parallel I/O lines), I/O read/write
- Ten 8-bit timers (six cascadable) and one 10-bit timer with two match registers
- 512K flash memory and 512K SRAM (options for 256K flash memory and 128K SRAM)
 - 1Mbyte serial flash memory, which is required to run the optional Dynamic C FAT file system
- Real-time clock
- Watchdog supervisor
- Provision for customer-supplied backup battery via connections on header J1
- 10-bit free-running PWM counter and four pulse-width registers
- Two-channel Input Capture can be used to time input signals from various port pins

- Two-channel Quadrature Decoder accepts inputs from external incremental encoder modules
- Four available 3.3 V CMOS-compatible serial ports: maximum asynchronous baud rate of 2.76 Mbps. Three ports are configurable as a clocked serial port (SPI), and one port is configurable as an HDLC serial port. Shared connections to the Rabbit microprocessor make a second HDLC serial port available at the expense of two of the SPI configurable ports, giving you two HDLC ports and one asynchronous/SPI serial port.
- Supports 1.15 Mbps IrDA transceiver

10.3 Características del PLC-5



The PLC-5 processors are single-slot modules that are placed into the left-most slot of a 1771 I/O chassis. They are available in a range of I/O, memory, and communication capability.

PLC-5 processors have ports configurable for either a Data Highway Plus messaging communication link or a Universal Remote I/O link. As a Universal Remote I/O port, it can be configured as either an I/O scanner port or an I/O adapter port. As an I/O scanner port, it monitors and controls the I/O on the link by communicating with the I/O adapters for those I/O. As an adapter port, it communicates only with the I/O scanner port on the link, passing a maximum of

one I/O rack of input and output data between the two to provide distributed processing.

All PLC-5 processors have Data Highway Plus and RS-232-C/422-A/423-A communication ports. In addition to these ports, each Ethernet PLC-5 processor has an Ethernet communication port, and each ControlNet PLC-5 processor has a ControlNet communication port.

Although each Ethernet PLC-5 processor has on-board Ethernet ports; additional Ethernet ports can be added to any PLC-5 processor system with a 1785-ENET Ethernet Interface Module. PLC-5 processors do not have an on-board DeviceNet port. A DeviceNet port can be added to the system with a 1771-SDN scanner module

Benefits

- Ladder-logic and structured-text programming
- Advanced instruction set including file handling, sequencer, diagnostic, shift register, immediate I/O, and program control instructions
- Multiple main control programs for segregation of control tasks
- Processor input interrupts and global status flags
- Programmable fault response for reacting to a fault before the system goes down
- Timed interrupt routine for examining specific information at specific time intervals
- Protected memory selectable by word on selected processors
- 512 through 3072 maximum forcible I/O in any mix
- Up to 50,176 maximum non-forcible I/O
- Processor-resident local I/O (1771 I/O modules)

- Extended-local I/O on selected processors (1771 I/O modules)
- Universal Remote I/O (1746, 1771, and 1794 I/O modules and 1791 I/O blocks)
- DeviceNet I/O (1794 I/O modules, 1792D I/O blocks)
- ControlNet I/O on selected processors (1771, 1734, 1794, 1797 I/O modules)
- Universal Remote I/O ports can be configured as either an I/O scanner port or an I/O adapter port

Specifications

Time-of-Day Clock/Calendar	
Maximum Variations at 60 °C	± 5 min per month
Typical Variations at 20 °C	± 20s per month
Timing Accuracy	1 program scan
Battery	1770-XYC
Shock, Operating	30 g peak acceleration for 11 ± 1 ms duration
Shock, Non-Operating	50 g peak acceleration for 11 ± 1 ms duration
Vibration	1 g @ 10...500 Hz 0.012 inches peak-to-peak displacement
Operating Temperature	0...60 °C (32...140 °F)
Storage Temperature	-40...85 °C (-40...185 °F)
Relative Humidity	5...95% (without condensation)
Certifications*	UL, CSA Class 1 Div 2 Hazardous, CE, C-Tick, EEx, EtherNet/IPODVA

Standard PLC-5 Processors

Total I/O, Max. is the actual I/O circuits, regardless of the number of connection points or I/O image bits. The number of I/O image bits (8, 16, or 32) that correspond to an I/O module limit the number of I/O at that module; however, some modules may have less I/O than I/O image bits. This includes local I/O, extended

local I/O, and Universal Remote I/O combined. This does not include DeviceNet I/O.

Any mix means that any number of the I/O can be inputs and any number can be outputs, with no placement restrictions.

Complementary means that to configure this many I/O, pairs of modules must have duplicate addresses. This pair must be either 2 output modules sharing the same output image bits or an input module and an output module complementing each other. In either case, module placement must conform to these restrictions.

I/O rack is an I/O addressing unit that can contain a max. of 128 I/O with unique addressing of I/O modules or 256 I/O with duplicate addressing of I/O modules