



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DEL CONO SUR DE LIMA  
(UNTECS)**

**“MEJORA DEL PROCESO DE DESPACHO DE  
BOLSAS DE CEMENTO PARA LA EMPRESA  
UNACEM USANDO BUS DE CAMPO AS-I”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR  
BACHILLER ANA ABIGAIL GONZALES ESPIRITU**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2014**

## **DEDICATORIA**

Dedico el esfuerzo de mi trabajo, a quienes han fortalecido mi espíritu, mente y cuerpo cada día de mi vida regalándome una alegría, demostrándome que tenemos esta oportunidad para dar todo de nosotros y demostrar que lo más importante es hacer lo que cada uno realmente quiere hacer. Las personas más importantes de mi vida, mi increíble familia, Amen.

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesina no es fruto de un simple trabajo individual, sino que es el resultado de una suma de apoyos y esfuerzos. A todas las personas que, aunque no sean conscientes de ello, han hecho posible finalizar esta tesina, mil gracias de corazón:

A mis padres, porque a ellos les debo todo lo que soy y siempre serán las personas que más admiro. A mis hermanos, nunca dejen de creer en ustedes. A mi Maria Paz, que es mi motor, razón de superación y un gran apoyo.

También a los ingenieros Joel Pampa, Juan Pablo Chero y Gabriel de La Piedra por sus buenos consejos. Sin ellos esta tesina no hubiera sido posible.

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	01
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	02
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	02
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	04
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	05
1.3.1. Espacial .....	05
1.3.2. Temporal .....	05
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	05
1.5. OBJETIVO .....	06
1.5.2. OBJETIVO PRINCIPAL .....	06
1.5.3. OBJETIVOS SECUNDARIOS .....	06
2. MARCO TEÓRICO .....	07
2.1 ANTECEDENTES .....	07
2.2 BASES TEÓRICAS .....	11
2.2.1 Cemento, producto industrial .....	11
2.2.1.1 Contenido del cemento .....	11
2.2.1.2 Impacto de la industria cementera .....	12
2.2.2 Descripción del proceso de envasado de productos .....	13
2.2.2.1 Dosificadoras, sistema de pesaje y ensacado .....	13
2.2.2.2 Fajas transportadoras y desviadores .....	16
2.2.3 Sistemas de control .....	17
2.2.3.1 Clasificación.....	17
2.2.3.1.1 Sistemas de control de lazo abierto.....	17
2.2.3.1.2 Sistemas de control de lazo cerrado.....	18
2.2.3.2 Tipos de control .....	19
2.2.3.2.1 Control On/Off.....	19
2.2.3.2.2 Acción proporcional, integrativa y derivativa.....	20

2.2.4	Controlador lógico programable.....	21
2.2.4.1	Definición y ventajas .....	21
2.2.4.2	Componentes de un PLC.....	22
2.2.5	Sistema de control Simatic PCS7 .....	25
2.2.5.1	Ventajas de Simatic PCS7 .....	25
2.2.5.2	Componentes del sistema.....	26
2.2.5.2.1	Sistema de Ingeniería.....	26
2.2.5.2.2	Sistema de Operador.....	28
2.2.5.2.3	Controladores .....	30
2.2.5.2.4	Comunicación .....	32
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	34
2.3.1	Descripción de términos básicos .....	34
2.3.2	Descripción del proceso de envasado y despacho en UNACEM ..	36
2.3.3	Comunicación industrial en UNACEM .....	38
2.3.3.1	Red de fibra óptica.....	38
2.3.3.2	Red de proceso de información .....	39
2.3.3.3	Características de la red en UNACEM.....	41
2.3.4	Comunicación Industrial en las envasadoras Automáticas .....	42
2.3.5	Hardware de control de envase .....	43
3	DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE MEJORA EN EL PROCESO DE ENVASADO DE UNACEM CON BUS DE CAMPO AS-I.....	45
3.1	Análisis de instrumentos a utilizar .....	46
3.2	Diseño de buses y sistema SCADA .....	46
3.2.1	Red ASI para sensores de atoro.....	47
3.2.2	Bus de campo profibus .....	49
3.2.3	Filosofía de control .....	50
3.2.3.1	Secuencia de arranque .....	50
3.2.3.2	Secuencias de parada .....	51

3.2.4	Diseño del sistema de automatización .....	52
3.2.5	Pantallas de supervisión .....	53
3.2.5.1	Pantalla principal de envase .....	53
3.2.5.2	Pantalla de control de desviadores .....	54
3.2.6	Programación en SCADA de sensores de atoro.....	55
3.3	Revisión y consolidación de resultados.....	56
CONCLUSIONES .....		58
RECOMENDACIONES .....		59
BIBLIOGRAFÍA .....		60
ANEXOS .....		61

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “MEJORA DEL PROCESO DE DESPACHO DE BOLSAS DE CEMENTO PARA LA EMPRESA UNACEM USANDO BUS DE CAMPO AS-I” para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por la alumna ANA ABIGAIL GONZALES ESPIRITU.

Este proyecto sirvió para elaborar un profundo y detallado estudio de mejoramiento en los procesos de manufacturas, con la información proporcionada por la fábrica y compañías afines a la misma se pudo determinar variables que disminuyen los índices de producción en el proceso de envasado y agregar dispositivos de adquisición de datos para mejorar la duración y funcionamiento de los equipos, por medio de un estudio en las empresas distribuidoras de maquinaria como es la empresa Haver & Boecker Latinoamérica, se recopiló, seleccionó e implementó sensores necesarios tomando en cuenta los requerimientos de la empresa y la cantidad de recursos a aplicar en este proceso.

Actualmente UNACEM controla gran parte de sus proyectos con el Scada Cemat sobre una plataforma PCS7 (Process Control System), que integra la configuración de los proyectos, y facilita la implementación de nuevas formas de adquisición de datos y mejorar así, el proceso de envasado de cemento en bolsas en UNACEM. Con este proyecto las pruebas de funcionamiento satisfacen y mejoran el proceso en un 5% en cuanto a capacidad despacho de bolsas, además se resta en un 15% la cantidad de operarios empleados en el proceso.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

**El autor**

## **CAPÍTULO I**

### ***PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA***

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La empresa Unión Andina de Cemento – UNACEM fabricantes de Cemento SOL, presenta un proceso en el envasado del material, el cual es muy completo puesto que el cemento que se produce, se almacena en los silos y requiere de todo un proceso de transporte a las tolvas de almacenamiento, zarandeo para eliminar desechos, vaciado a las bolsas a través de las envasadoras rotativas, pesado de bolsas, rechazo de las que no poseen el peso adecuado, transporte a través de las fajas móviles, rotulado y conteo.

Pero también presenta en sus procesos varias falencias, la más resaltante se da en las fajas de despacho, puesto que no existe sincronismo entre las bolsas despachadas por las fajas transportadoras y los desviadores de los canales, produciendo atrapamientos de bolsas, hacinamiento, roturas y desperdicio de

material, en este caso irrecuperable, expandiéndose de forma excesiva en el ambiente, este hecho ocasiona daños en la salud de los operadores, provoca pérdidas en la producción, ya que se desperdicia material y bolsas de papel que son trituradas.

El esparcimiento del cemento en el ambiente, al ser un producto químico corrosivo y tener un contacto permanente con la maquinaria y tableros de control, producen deterioros en los mismos.

La empresa emplea seis operarios para el despacho de dos líneas en este proceso siendo necesario como máximo cinco operarios, esto por falta de la detección de atoro en las fajas de despacho.

Cuando ocurre un atoro, que es percatado por uno de los operadores, se realiza el siguiente procedimiento: detener la faja, bloquearla, retirar las bolsas hacinadas, retirar el cemento esparcido en la faja, verificar la posición del desviador, verificar el funcionamiento de los motores, mandar a arrancar desde control, recoger el material derramado y desecharlo. Todo este procedimiento ocasiona un retardo en la producción, despachando en promedio 40 bolsas por minuto cuando el límite máximo en óptimas condiciones es de 50 bolsas por minuto; esto por no contar con un detector de atoro, que detenga la faja de despacho automáticamente.

En la planta nueva de UNACEM se maneja un sistema SCADA (supervisión de procesos industriales y obtención de datos) denominado CEMATv6.1 que está basado en PCS7, que es la plataforma de integración de los programas utilizados actualmente por UNACEM y permite una interacción total de los componentes que conforman el proceso, facilitando y habilitando la implementación de sensores y equipos nuevos que se necesitan para superar los actuales inconvenientes en el proceso del despacho de bolsas que presentan las líneas de producción.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Por estos motivos es necesario mejorar el proceso de despacho haciendo uso de nuevos Equipos, que tengan mayores aplicaciones, sean más seguros y modernos, acordes a las necesidades de la empresa. Se requiere un buen diseño del proceso de despacho de bolsas, para lo cual se hace necesario la implementación de dispositivos que deben tener presencia en el mercado; que sea acorde para este proceso y que permita disminuir el desperdicio.

Por lo cual se justifica implementar un sensor en cada desviador, de manera que envíen señales por cada bolsa que es desviada, en caso de existir algún atrapamiento, se debe detener el funcionamiento de la faja transportadora, evitando así desperdicios de material por bolsas que se rompen al caer por atrapamiento y hacinamiento. De esta manera, se evita la expansión del producto en el ambiente situación que afecta los instrumentos de las diversas máquinas, controles aplicados y la salud de los operadores; también la optimización de este proceso por medio de un control de fajas y desviadores automatizados para la movilización del producto suprimiendo el esfuerzo y exceso de operarios al transportar los sacos rotos y recolectar cemento, con el afán de obtener el mejor tiempo posible en la finalización de elaboración del producto y así aportar al crecimiento de esta importante industria nacional.

De acuerdo con la Política de Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional de la Empresa UNACEM y compromiso de mejora continua, es que se hace necesario tener estos equipos de detección para tener un mejor control del funcionamiento del envasado de cemento.

La intención de este documento es mejorar el proceso de despacho de cemento añadiendo sensores de atoro en los desviadores de la planta de UNACEM en Atocongo, comunicados por un bus de campo AS-i por razones de seguridad,

disponibilidad y operatividad, a fin de mejorar la operación del sistema actual de despacho en la planta de UNACEM.

### **1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 ESPACIAL**

Se realizará en la planta de la empresa Unión Andina de Cementos (UNACEM) ubicada en Av. Atocongo N°2440 en Villa María del Triunfo.

En específico:

- Salas de Control
- Subestaciones
- Edificio de Envasadoras Automáticas
- Departamento de Mantenimiento Eléctrico
- Departamento de Ingeniería
- Departamento de Proyectos.

#### **1.3.2 TEMPORAL**

Comprende el periodo de ENERO 2013 a ENERO 2014

### **1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo mejorar el proceso de despacho de bolsas de cemento para la empresa UNACEM usando un bus de campo AS-i y superar falencias respecto a daños en los equipos y salud del personal, pérdidas de producto, retardo por atrapamiento de bolsas en las fajas, y exceso de operarios; y a su vez habilitar su operatividad integrándola al Sistema SCADA actual adquirido por la planta (Cemat v6.1)?

## 1.5 OBJETIVO

### 1.5.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Como objetivo principal del trabajo de Titulación tenemos lo siguiente:

**Mejorar el sistema de despacho de bolsas de cemento de las Envasadoras Automáticas con bus de campo AS-i a fin de mejorar su disponibilidad, confiabilidad y seguridad en las operaciones.**

### 1.5.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Para cumplir con el objetivo antes mencionado se deben culminar con los siguientes objetivos:

- Recopilar información bibliográfica y de campo con el fin de obtener los parámetros y requerimientos necesarios para la selección del proceso de despacho.
- Seleccionar la instrumentación adecuada para la implementación del sistema de detección de atoro de bolsas en las fajas de despacho.
- Configurar en el sistema de control SCADA Cemat, para reconocimiento de dispositivos implementados y bus AS-i.
- Variar la programación de la faja de despacho para que se detenga al detectar atoros.
- Puesta en marcha, pruebas y análisis de resultados.

## **CAPÍTULO II**

### ***MARCO TEÓRICO***

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Existen trabajos de investigación similares al tema desarrollado entre los cuales puedo mencionar:

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE LLENADO, DEL SISTEMA DE ENVASADO DE LA FÁBRICA DE CLORO KAFRAMI, S. A. (2006)**, el cual concluye:

“En el desarrollo del nuevo diseño del sistema de envasado, se analizaron diferentes factores que intervienen en la producción, realizando las modificaciones necesarias en distribuciones de maquinaria, procedimientos de empaque y manejo de materiales, que permitieron un aumento de la productividad.

Por medio de la implementación propuesta, de una nueva distribución del equipo, se logra operar continuamente y se aumenta la producción de la planta en un 50 %.

Se hizo uso de un procedimiento de compras, que logra tener en la fábrica la cantidad necesaria, en el tiempo adecuado y con la calidad especificada, tanto de materias primas como repuestos. Esto permite mantener la maquinaria, operándose en todo momento y así cumplir con los programas de producción.

Las condiciones de los operadores en el área de trabajo, mejoraron al distribuir nuevamente la maquinaria. Esta distribución se realizó pensando en su comodidad y tomando en cuenta lo repetitivo del proceso, se establecieron nuevas formas de operar, que evita malas posturas.

Se establecieron áreas y ubicación necesarias, para materias primas y producto terminado, tomando en cuenta el menor manejo. Con el diseño actual, se cuenta con el espacio aprovechado en tres dimensiones que permite almacenar una mayor cantidad de materiales.”

## **DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN Y ENVASADO DE LÍQUIDOS (2008), el cual concluye:**

“Una vez implementado el sistema SCADA se pueden proponer trabajos futuros a realizar a partir de este proyecto. Un ejemplo sería la exportación de la aplicación SCADA a un servidor Web, mediante el cual se pudiera visualizar el comportamiento de la planta en tiempo real, así como modificar algunos parámetros de producción existentes u obtener resultados productivos (i.e. número de botellas fabricadas), desde cualquier lugar con acceso a internet o, si interesa, intranet. Wonderware ofrece una aplicación para la implementación de este sistema de supervisión llamada Suite Voyager, mediante la cual, un futuro proyectista podría ampliar los horizontes de la planta piloto.”

**MEJORA DE UN PROCESO DE ENVASADO EN SAQUILLOS DE PRODUCTOS POLVOS PARA LA EMPRESA QUÍMICA INDUSTRIAL SEGÚN UN SISTEMA FLEXIBLE DE MANUFACTURA (2013), el cual concluye:**

“Se mejoró el proceso de envasado en saquillos de productos polvos en la empresa Química Industrial cumpliendo sus requerimientos y necesidades, la mejora del proceso fue en un 81%, (...) la disminución y ahorro en personal en el proceso fue de un 50% (...) y el ahorro en la adquisición de la maquinaria por parte de la fábrica fue de un 21% (...)

Se Recopiló información bibliográfica y de campo para el diseño, implementación y selección de maquinaria para la mejora en el proceso de pesado ensacado y sellado en la planta, se planteó la metodología de selección acorde a las características requeridas y (...), se seleccionó la maquinaria y estructuras que cumplan con dichos requerimientos.

Se realizó el diseño mecatrónico, mostrado en la Sección 4.2, en el sistema por medio de la implementación de un PLC, programándolo de tal forma que controle todo el proceso facilitando el mantenimiento y modificaciones necesarias futuras.

Se implementó, mediante análisis de diagramas de flujo y de procesos y transporte en el sistema, un sistema de manufactura flexible en el proceso, cumpliendo con los requerimientos de la fábrica y utilización de la maquinaria propuesta para el ensacado y sellado de sus productos (...)

Se entregó y comercializó sistema de envasado y sellado planteado por medio de la empresa Representaciones Comerciales E&G cumpliendo con todas las expectativas del proyecto (...)

**OPTIMIZACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA PARA LA MÁQUINA PAPELERA (MP2) DE LA PLANTA PRODUCTOS FAMILIA SANCELA DEL ECUADOR S.A. (2012), el cual concluye:**

“En base a un estudio realizado del PLC S7-400 se pudo determinar cómo seleccionar los demás componentes tales como módulos de Entradas/Salidas Analógicas y Digitales.

La automatización de la máquina “MP2” beneficio a la Empresa en los aspectos de Seguridad, Calidad, Operación, Mantenimiento y Documentación.

El Software PCS7 V5.2 de SIEMENS para la programación e implementación del sistema SCADA es una gran herramienta para el desarrollo de este tipo de aplicaciones debido a que incorpora una base de datos, generación de alarmas, reporte de eventos y lo más importante presenta un ambiente amigable para el diseño y programación de HMI's.

La instalación de un bus de campo como PROFIBUS, ayudó en la reducción de cableado de sensores y motores hacia los dispositivos de control, puesto que con este bus existe la posibilidad de colocar elementos en puntos estratégicos que recogen y envían señales hacia y desde el proceso.

Se diseñó y se construyó Tableros eléctricos los cuales están documentados e instalados en la máquina.

Se implementó un circuito estándar para todos los arrancadores de motores de la máquina, de tal manera que la persona encargada de su mantenimiento tenga menor probabilidad de tener fallos en la ejecución de algún mantenimiento correctivo o preventivo...”

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Dentro del desarrollo de este proyecto se toma en cuenta diversos temas teóricos que son de vital importancia para el entendimiento de lo que se aplica en un sistema de despacho de productos, por lo que se ha recopilado y resumido a continuación varios temas tanto de maquinaria, materiales aplicados a dicho proceso y control del mismo.

### **2.2.1 Cemento, producto industrial**

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse.

#### **2.2.1.1 Contenido del cemento**

Los componentes principales del cemento Portland lo constituyen los silicatos y los aluminatos de calcio resultados del proceso de fusión química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), la sílica (SiO<sub>2</sub>), la alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Adicionalmente se forman compuestos secundarios como MgO, SO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O y otros. Para producir un cemento Portland se espera que la presencia de diferentes óxidos.

Como se puede observar, los óxidos de calcio y de sílice son los más abundantes en los cementos, su variación en porcentaje, al igual que la de los demás óxidos está regida por las proporciones de los ingredientes en bruto alimentados al proceso de producción, pequeñas variaciones en los porcentajes de óxidos arrojan variaciones muy importantes en los compuestos principales del cemento. Las

variaciones en porcentaje de los compuestos principales definen los diferentes tipos de cemento que se conocen.

#### 2.2.1.2 **Impacto de la industria de cementera**

Los impactos ambientales negativos de las operaciones de cemento ocurren en las siguientes áreas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno"), gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de azufre y nitrógeno). Los contaminantes hídricos se encuentran en los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), y el agua de enfriamiento del proceso (calor residual). El escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas

El polvo, especialmente la sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta cuya exposición provoca daños que se pueden resumir de la siguiente manera: Silicosis, Dermatitis aguda y crónica, eczema, ulceraciones, Conjuntivitis aguda y crónica, opacidad de la córnea, cristalino, humor vítreo y acuoso, Enfisema y CANCER de pulmón, Hepatitis crónica, desarrollo de un tumor maligno en el peritoneo llamado MESOTELIOMA, CANCER del hígado, Alteraciones en la espermatogénesis y ovogénesis y como consecuencia, infertilidad, algunos de los impactos mencionados pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente, si se desarrolla un plan de salud e higiene ambiental.

De gran importancia para las distintas partes de una instalación eléctrica son, las condiciones ambientales en que se encuentre, por lo que se debe tener en cuenta las características especiales de determinadas zonas o locales, en este caso una fábrica de cemento proporciona un ambiente agresivo a los tableros y periferias de control distribuidas, puesto que el polvillo suspendido en el ambiente se deposita y encostra en los componentes eléctricos y electrónicos, produciendo su acelerado deterioro, requiriendo grados de protección más altos que los valores estándar.

### **2.2.2 Descripción del proceso de envasado de productos**

Los envases y el proceso de envasado de cemento cumplen una función básica, de proteger y conservar la calidad, cantidad e integridad del producto, el uso de los envases junto a las técnicas de protección y comercialización han hecho posible el consumo de todo tipo de productos. Para eliminar los problemas de daños físicos y químicos del producto, en general, los envases utilizados han ido cambiando a lo largo de los años ya sea por factores de distintas índoles, dando paso a los nuevos materiales industriales.

#### **2.2.2.1 Dosificadoras, sistema de pesaje y ensacado**

El sistema dosificador es un mecanismo que se utiliza para regular la salida del producto, el mismo que está compuesto por electroválvulas, motores eléctricos, servomotores, electroimanes y actuadores neumáticos, el dosificado del producto se realiza en forma vertical, ya que se aprovecha la gravedad para dejar caer el producto en su empaque.

La dosificación por pistón se realiza por medio del producto despachado desde la tolva de almacenamiento, llevándolo directamente hacia el pistón dosificador de carrera, el mismo que se activa abriendo

espacio dentro de la boquilla de descarga para que el producto caiga en el empaque y cuando no se encuentra activado, el paso del producto permanecerá sellado. La regulación de la dosis dependerá de la distancia de apertura dentro de la boquilla de descarga.

La ensacadora rotativa es una máquina giratoria para llenado de sacos con válvula para materiales en polvo o micro granulados, fácilmente fluyentes, para llenado y pesado simultáneo desde 25 hasta 50 kg. El material es impulsado para dentro del saco por medio de la turbina a través de paletas de llenado, con un flujo controlado grueso y fino.



**Figura 2.1. Máquina ensacadora rotativa**

La pesada simultánea del proceso de llenado (sistema bruto) asegura una alta capacidad de producción para cada estación de llenado.

Cuando una estación descarga un saco lleno a la faja de salida, él transmite un mensaje de descarga al servidor. El mensaje incluye el número del caño, el peso justo antes de la descarga, y el número de la

clasificación. El servidor almacena estos datos. Un codificador impulso se encaja a la cinta transportadora. Estos impulsos pueden ser utilizados por el servidor para realizar una actualización continua de las posiciones de los sacos en la cinta transportadora. Tan pronto como un saco alcance el controlador de peso (balanza), se suministra el número de la clasificación que llenó este saco en las salidas apropiadas. Se configura el número de impulsos que son contados durante el transporte al controlador de peso, para cada clasificación en el diálogo.



**Figura 2.2. Control de peso con Servidor MECIII**

El controlador de peso pesa el saco exactamente en el momento cuando interrumpe el foto interruptor de la salida. También se activa la salida de la clasificación en este momento. Esto indica en qué clase el peso del saco se encaja. El controlador de peso evalúa cinco clases, una de las cuales es Buena. En este caso, el caño correspondiente no tiene que ajustarse. Las salidas de la clasificación están conectadas al servidor. Dependiendo de los resultados de la clasificación, se envían las señales de control a los caños.

Si el peso de un saco es muy bajo, el servidor envía una señal para que el saco sea rechazado en el triturador y el cemento se recicla a través de espirales.

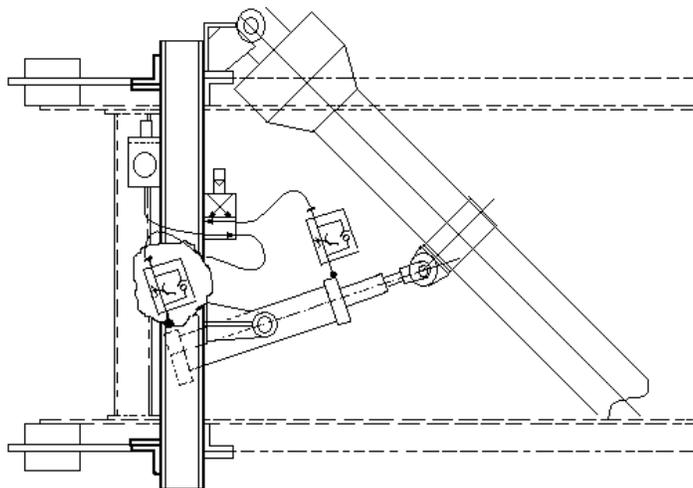
### 2.2.2.2 Fajas transportadoras y desviadores

La función principal de la faja es soportar directamente los sacos, transportarlos y desplazarlos desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal del despacho. Las partes principales de las fajas transportadoras son: fajas, rodillos, reductores, motor y ejes.



**Figura 2.3. Faja Transportadora**

En las fajas transportadoras se encuentran los desviadores, cuya función es cambiar el curso de los sacos llenos hacia los distintos canales de despacho, según se requieran, esos desviadores están compuestos de un motor reductor de engranajes helicoidales, una electroválvula que acciona un cilindro neumático limitado por sensores de posición (inductivos).



**Figura 2.4. Desviador de faja transportadora**

### 2.2.3 Sistemas de control

Conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

#### 2.2.3.1 Clasificación

Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida.

Un sistema de **control de lazo abierto** es aquel en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada.

Un sistema de **control de lazo cerrado** es aquel en el que la acción de control está en función de la señal de salida. Estos sistemas usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control.

##### 2.2.3.1.1 Sistema de Control de Lazo Abierto

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control, es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador. Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto

- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación
- La salida no se compara con la entrada
- Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles
- La precisión depende de la previa calibración del sistema

### 2.2.3.1.2 Sistema de Control de Lazo Cerrado

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia.

El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- Vigilar un proceso es especialmente difícil en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Tiene por características:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros
- La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema
- Su propiedad de retroalimentación
- Ser más estables a perturbaciones y variaciones internas

## 2.2.3.2 Tipos de Control

### 2.2.3.2.1 Control On/Off

Para equipos de dos posiciones, como válvulas de abierto o cerrado. El controlador ON/OFF tiene dos salidas que son, una para máxima apertura y otra para apertura mínima, o sea cierre. En algunos sistemas se determina que cuando la medición cae debajo del valor de consigna, la válvula debe abrirse, en tal caso, la salida del controlador será del 100%. A medida que la medición cruza el valor de consigna, la salida del controlador va hacia el 0%.

Este ciclo continuará indefinidamente, debido a que el controlador no puede balancear el suministro contra la carga. La continua oscilación puede, o no puede ser aceptable, dependiendo de la amplitud y longitud del ciclo. Un ciclo rápido causa frecuentes alteraciones en el sistema de suministro de la planta y un excesivo desgaste de la válvula.

El tiempo de cada ciclo depende del tiempo muerto en el proceso, debido a que el tiempo muerto determina cuánto tiempo toma a la señal de medición para revertir su dirección una vez que la misma cruza el valor de consigna y la salida del controlador cambia.

El resultado es que el ciclo ocurre dentro de una banda muy estrecha alrededor del valor de consigna y que el control puede ser muy aceptable si el ciclo no es muy rápido. Sin embargo, si la medición del proceso es más sensible a los cambios, en el suministro, la amplitud y frecuencia del ciclo comienza a incrementarse; en algún punto, el ciclo se volverá inaceptable y alguna forma de control proporcional deberá ser aplicada.

### 2.2.3.2.2 Acción Proporcional, Integral y Derivativa

Son los componentes del control PID. La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional no produzca sobre oscilación.

Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control. La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

En el control de procesos la variable que se integra es el error (la diferencia entre PV y SP) respecto del tiempo. Así, el modo integral de un controlador cambia la salida ya sea hacia arriba o hacia abajo en el tiempo en respuesta a la cantidad de error existente entre PV y SP, y el signo de este error. La razón de esta acción de cambio es para incrementar o disminuir el valor de la salida tanto como sea necesario para eliminar completamente cualquier error y forzar a la variable de proceso a ser igual al set point.

A diferencia de la acción proporcional, la cual simplemente mueve la salida en una cantidad proporcional entre cualquier cambio de PV o SP, la

acción de control integral no para de mover la salida hasta que todo el error haya sido eliminado. La acción integral se define por el error diciéndole a la salida cuán rápido moverse.

El elemento final del control PID es el término “D” que es la acción derivativa. La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva. El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones. La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID.

## **2.2.4 Controlador lógico programable**

### **2.2.4.1 Definición y ventajas**

Es un equipo electrónico e inteligente. Consta de unidades o módulos que cumplen funciones específicas, las que permiten recibir información de todos los sensores y comandar todos los controladores del sistema, estos equipos tienen las siguientes ventajas:

- Velocidad y Confiabilidad
- De tamaño reducido
- Modularidad y Flexibilidad
- Facilidad de programación



Figura 2.5. Controladores Lógicos Programables SIEMENS

#### 2.2.4.2 Componentes de un PLC

- **Fuente de alimentación**

Adapta la tensión de la red (220V y 60Hz) a la de funcionamiento de los circuitos internos del autómata y otras tarjetas.

- **Unidad central de procesamiento CPU**

Es el cerebro del controlador, hecha a base de microprocesadores y memorias como las memorias ROM y RAM.

- **Módulos de Entrada/Salida**

- o **Módulos de entrada y salida discreta**

Los módulos de entrada discreta son los encargados de leer los datos del proceso de tipo discreto. A éstos módulos se conectan pulsadores, interruptores, selectores, finales de carrera, detectores de proximidad, interruptores de nivel, etc. Los módulos de salida discreta convierten las señales procedentes de la CPU y las envían hacia los actuadores. Los actuadores que se conectan a estas interfaces pueden ser: relés, lámparas indicadoras, electroválvulas, displays, etc.

- **Módulos de entrada y salida análoga**

Los módulos de entrada análoga tienen como función, digitalizar las señales análogas para que puedan ser procesadas por la CPU. Se conectan a éstas tarjetas: sensores de temperatura, presión, corriente, velocidad, etc.

El tipo de señal puede ser de tensión o de corriente normalizado:

Señal de corriente: 0-20 mA, 4-20mA,  $\pm 10$ mA

Señal de tensión: 0-10V, 0-5V, 0-2V,  $\pm 10$ V

Los módulos de salida análoga transmiten hacia los actuadores análogos, señales de tensión o de corriente que varían continuamente. El tipo de señal puede ser de tensión o de corriente normalizado:

Señal de corriente: 0-20mA, 4-20mA,  $\pm 20$ mA

Señal de tensión: 0-10V,  $\pm 10$ V

- **Memorias ROM y RAM**

Las memorias ROM (Read Only Memory) son memorias de solo lectura, que contiene el sistema operativo con que opera el controlador. Tiene la característica de que no se borra la información contenida. Las memorias RAM (Random Access Memory) son memorias volátiles, su información se borra al faltarle corriente. Por lo general en esta memoria se guarda el programa del usuario, que puede ser modificado cuando se requiera.

- **Módulos de memoria adicionales EPROM y EEPROM**

Las memorias EPROM (Enable Programmable Read Only Memory) es un módulo de memoria no volátil y de solo lectura. Estos módulos son programados electrónicamente, mientras que borrarlos será a través del uso de luz ultravioleta. Las memorias EEPROM tienen las mismas características que el módulo EPROM, con la diferencia que tanto la

escritura como el borrado de la información se hace de manera electrónica.

- **Batería de respaldo**

Sabiendo que el contenido de la memoria RAM es volátil, generalmente se salvaguarda mediante una batería de larga duración enchufable en la CPU, por lo tanto, es importante que se mantenga en buenas condiciones.

- **Diálogo Hombre – Máquina**

Es la etapa que permite la comunicación entre el operador y el PLC. El dispositivo usado en esta comunicación se denomina terminal de programación.

- **Unidad de Programación**

Las unidades o terminales de programación, son el medio por el cual el hombre podrá acceder a la escritura, lectura, modificación, monitoreo, forzado, diagnóstico y la puesta a punto de los programas. Estos aparatos están constituidos por un teclado y un visualizador o pantalla.

- **Procesadores de Comunicación - DP/PA Couplers**

Estos módulos son usados para la comunicación global de datos, las redes de CPU pueden intercambiar datos cíclicamente con cada una de las otras unidades centrales de procesamiento. Existen diferentes tipos de procesadores de acuerdo a los diferentes protocolos de comunicación:

- Profibus DP
- Profibus PA
- Ethernet

- Modbus, etc.

Los módulos DP/PA Couplers son módulos que van interconectados con una IM 153-2, que convierte de Comunicación Profibus PA (Instrumentos de Campo) a Profibus DP para el procesamiento de información del CPU.

### 2.2.5 Sistema de control Simatic PCS7

SIMATIC PCS 7 es un sistema de control de procesos completamente homogéneo, dotado de una arquitectura escalable y unas extraordinarias propiedades de sistema que lo convierten en la base idónea para la implantación rentable y la explotación económicamente racional de instalaciones de control e instrumentación.

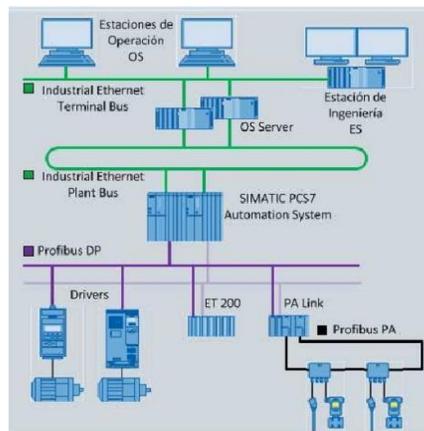


Figura 2.6. Arquitectura del sistema Simatic PCS7

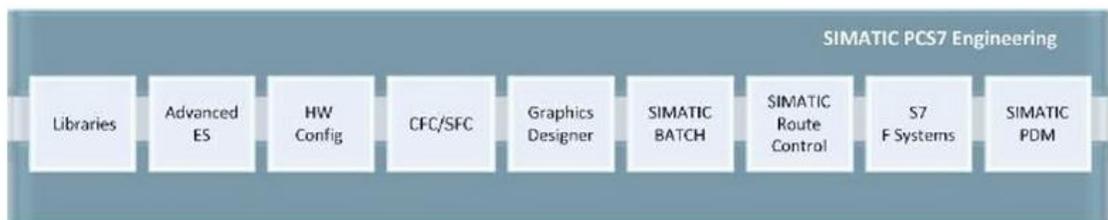
#### 2.2.5.1 Ventajas de Simatic PCS7

- Reducción del coste total de propiedad gracias a la integración
- Alto rendimiento y calidad, de la mano de una ingeniería eficiente y un alto grado de fiabilidad y disponibilidad.

- Flexibilidad y escalabilidad: desde un pequeño sistema de laboratorio hasta un gran complejo de instalaciones.
- Protección de las inversiones gracias a una modernización paulatina de los sistemas propios y de terceros.
- Safety & Security, funciones de seguridad integradas y amplia seguridad industrial para la protección fiable de las personas, del medio ambiente, del proceso y de la planta.
- Permanente innovación tecnológica, de la mano del líder mundial del sector de la automatización.
- Asistencia local y servicio técnico a cargo de una red mundial de expertos y socios autorizados.

## 2.2.5.2 Componentes del sistema

### 2.2.5.2.1 Sistema de Ingeniería



**Figura 2.7. Sistema multi-puesto en Arquitectura Cliente - Servidor**

La completa funcionalidad para realizar la ingeniería de un proyecto específico y que, al mismo tiempo, constituye la base para la gestión de activos de instrumentación y control se ofrece en forma de un Engineering Toolset perfectamente coordinado.

Configuración centralizada y homogénea para todo el sistema del hardware y software con un único sistema de ingeniería:

- Interfaz de usuario fácil de manejar
- Informes de modificaciones configurables
- Sencilla parametrización de la comunicación, sin tediosas labores de configuración
- Misma configuración para sistemas redundantes y no redundantes
- Configuración integrada para dispositivos de campo y aplicaciones de seguridad

Las herramientas de ingeniería para el software de aplicación, los componentes de hardware y la comunicación se abren desde un punto central: el **Administrador SIMATIC**, que constituye al mismo tiempo la aplicación base para crear, administrar, archivar y documentar un proyecto. El hardware necesario para un proyecto SIMATIC, como son controladores, componentes de comunicación y periferia del proceso, está guardado en un catálogo electrónico y se configura y parametriza con la herramienta HW Config.

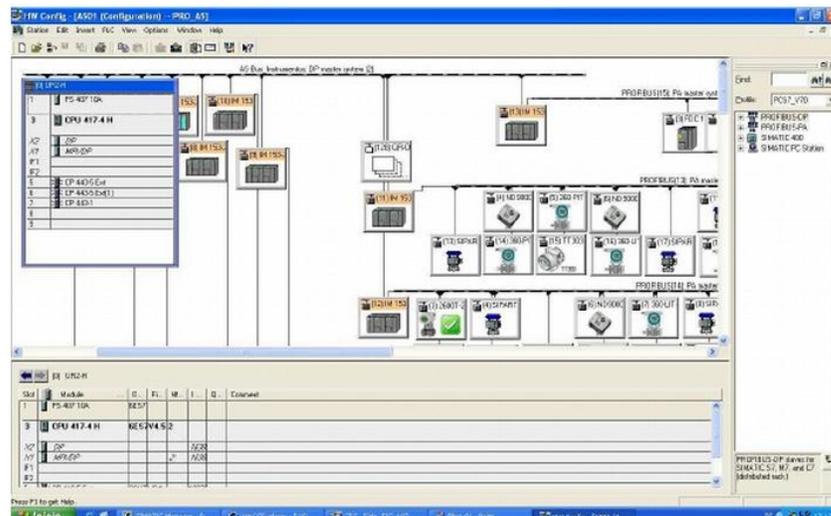
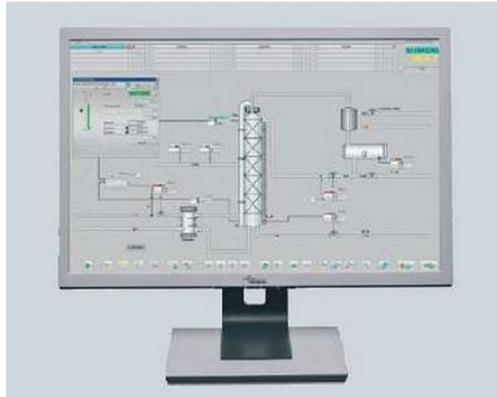


Figura 2.8. Configuración del hardware con HWConfig

Usando la herramienta gráfica Continuous Function Chart (CFC), se puede implementar la lógica de automatización, interconectando los bloques de función pre programados unos con otros.

#### 2.2.5.2.2 Sistema de Operador

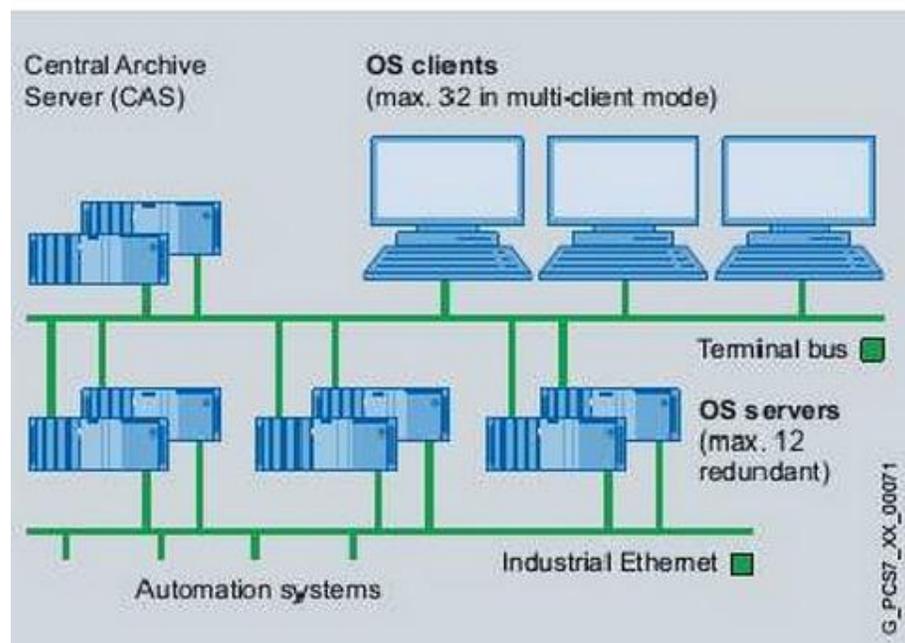


**Figura 2.9. Estación de Operador SIMATIC PCS7**

El sistema de operador del sistema de control de procesos SIMATIC PCS7 permite al personal operador controlar el proceso de forma cómoda y segura. El operador puede observar el proceso a través de distintas vistas e intervenir ejecutando funciones de control si es necesario. La arquitectura del sistema de operador es muy variable y puede adaptarse con flexibilidad a plantas de distintos tamaños y a los diferentes requisitos de los clientes. Tiene las siguientes características:

- Cuenta con una arquitectura flexible y modular con componentes de hardware y software para sistemas mono puesto y multi puesto.
- Potentes estaciones de operador basadas en tecnología PC estándar, aptas para entornos industriales y de oficinas.
- Sistema de archivo de alto rendimiento basado en archivos circulantes y backup integrado, opcionalmente con archivado histórico vía Storage Plus/CAS.

- Modificación y reproducción sin afectar al funcionamiento y test online mediante carga selectiva de servidores redundantes
- Comunicación AS/OS optimizada: Transmisión de datos sólo tras la modificación de los mismos, independientemente del ciclo de respuesta del controlador.
- Gestión de alarmas sumamente efectiva para facilitar el trabajo de los operadores.
- Gestión centralizada de usuarios, controles de acceso, firma electrónica.
- En combinación con un reloj maestro SICLOCK, el sistema de operador puede aplicar a todo el sistema la sincronización horaria UTC (Universal Time Coordinated) dentro del sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7. Esto resulta particularmente ventajoso para plantas muy extensas que están distribuidas en lugares situados en diferentes zonas horarias.



**Figura 2.10. Sistema multipuesto en arquitectura Cliente-Servidor**

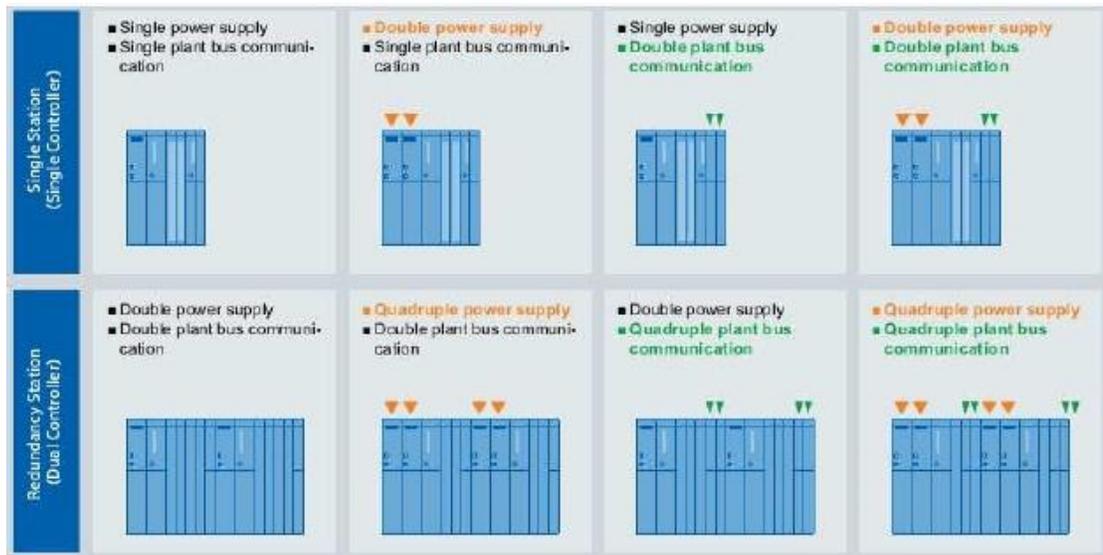
### 2.2.5.2.3 Controladores



**Figura 2.11. Controlador estándar S7-400**

El sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 ofrece una gama de controladores muy diversos, cuyo rendimiento abarca un amplio rango de escalonamiento. Disponibilidad escalable de forma flexible:

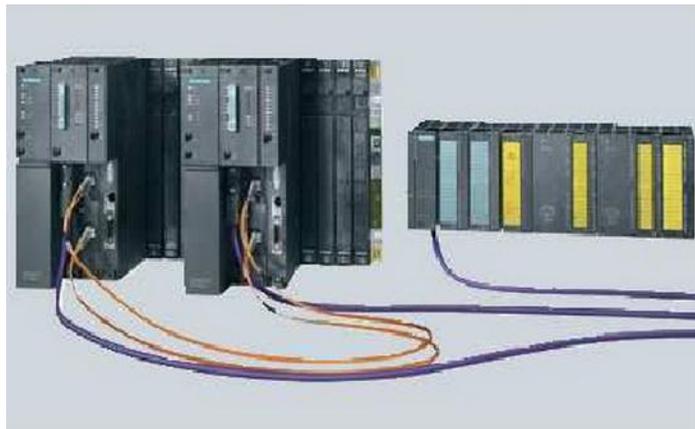
- Sistemas estándar en forma de Single Station, opcionalmente con alimentación redundante.
- Sistemas de alta disponibilidad en forma de Single Station/Redundancy Station, opcionalmente con alimentación redundante y/o comunicación Industrial Ethernet redundante para cada sistema o subsistema.
- Sistemas de seguridad en forma de Single Station/Redundancy Station, opcionalmente con alimentación redundante y/o comunicación Industrial Ethernet redundante para cada sistema o subsistema



**Figura 2.12. Disponibilidad escalable de forma flexible**

Redundancy Station con dos subsistemas aislados galvánicamente entre sí:

- Uno o dos bastidores separados que pueden estar a una distancia de hasta 10 km entre sí.
- Ejecución (sincrónica) simultánea de programas de aplicación idénticos en ambas CPU.
- Conmutación suave. Modificaciones de configuración posibles en marcha.



**Figura 2.13. Controlador de seguridad**

#### 2.2.5.2.4 Comunicación

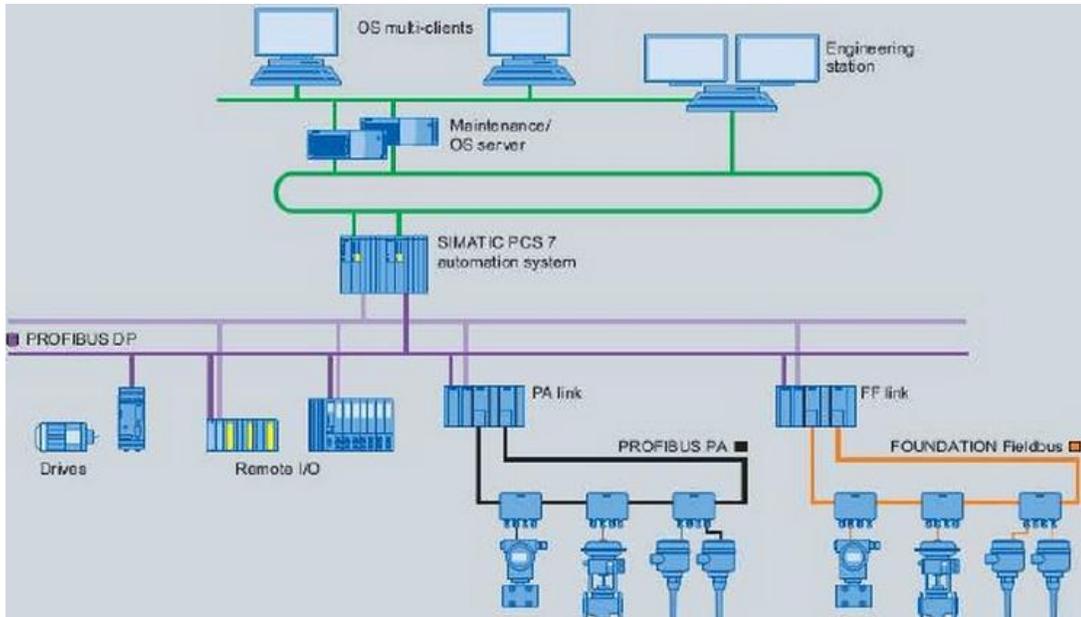


Figura 2.14. Redes de Comunicación Simatic PCS7

Con los componentes de red SIMATIC NET, basados en estándares establecidos a escala mundial, SIMATIC PCS 7 dispone de una potente y resistente gama de productos para instalar redes de comunicación homogéneas con el fin de lograr un intercambio seguro de datos entre los componentes a distintos niveles de una planta. El bus de planta y el bus de terminales para sistemas multipuesto con arquitectura cliente-servidor se implementan con **Industrial Ethernet**, que constituye una potente red de área y célula para uso industrial conforme al estándar internacional IEEE 802.3 (Ethernet).

Como medio de comunicación robusto y fiable para el nivel de campo ha logrado establecerse el PROFIBUS universal, como Profibus DP y Profibus PA.

**PROFIBUS DP** está dimensionado para altas velocidades de transmisión de datos (hasta 12 Mbits/s) y breves tiempos de reacción (hasta 1 ms) y al mismo tiempo es:

- Medio de comunicación para la transmisión de datos entre controladores y estaciones descentralizadas, E/S remotas, y también dispositivos de campo y de proceso, accionamientos, analizadores, CPU/CP, terminales de mando, etc. Que dispongan de una interfaz PROFIBUS DP.
- Integrador de los buses de campo propios de la industria de procesos PROFIBUS PA y FOUNDATION Fieldbus H1.

**PROFIBUS PA** es un bus de campo ideal para integrar actuadores y sensores en entornos operativos agresivos, nocivos y con riesgo de explosión directamente en el sistema de control de procesos.

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1 DESCRIPCIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Actuador.-** Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

**Controlador lógico programable (PLC).-** Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

**Ensambladora automática.-** Son aptas para envasar una amplia variedad de productos, la formación, llenado y sellado de sacos es automática. Según el producto a envasar el saco podrá ser de papel, papel compuesto o plastificado, polietileno y rafia de polipropileno, en multiformatos y diferentes tipos de cierre.

**Ensambladora rotativa.-** Según el sistema de turbinas, rotativa, para envasar material en sacos y pesar simultáneamente los sacos llenos.

**Lazo de control.-** Conjunto de componentes que consta de: Elemento sensor, transductor de señal, receptor de señal, comparador de punto de ajuste, mecanismo de control (neumático, electrónico, etc.) y elemento final de control (válvula, calentador, interruptor, etc.) y que están configurados en forma de circuito de tal manera que la señal de control es transmitida al elemento final de control para ajustar el proceso a un punto de consigna dependiendo de la magnitud del estímulo generado por el proceso.

**Punto de control (set-point).**- El valor que se desea tenga la variable controlada.

**Scada.**- Es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

**Sensor.**- Dispositivo electrónico capaz de variar alguno de sus parámetros, de acuerdo a variaciones del entorno (temperatura, caudal, movimiento, etc.)

**Sistema de control.**- Conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

**Sistema de control distribuido (DCS).**- Es similar a un PLC con la diferencia que está diseñado para el manejo de procesos regulatorios, aunque también tiene la capacidad de realizar control discreto. Es capaz de controlar muchos lazos y dispone de herramientas que permiten realizar estrategias avanzadas de control, en base a la interconexión de bloques de funciones.

**Variable controlada.**- Variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado.

**Variable manipulada.**- es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control

### 2.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO Y DESPACHO EN UNACEM:

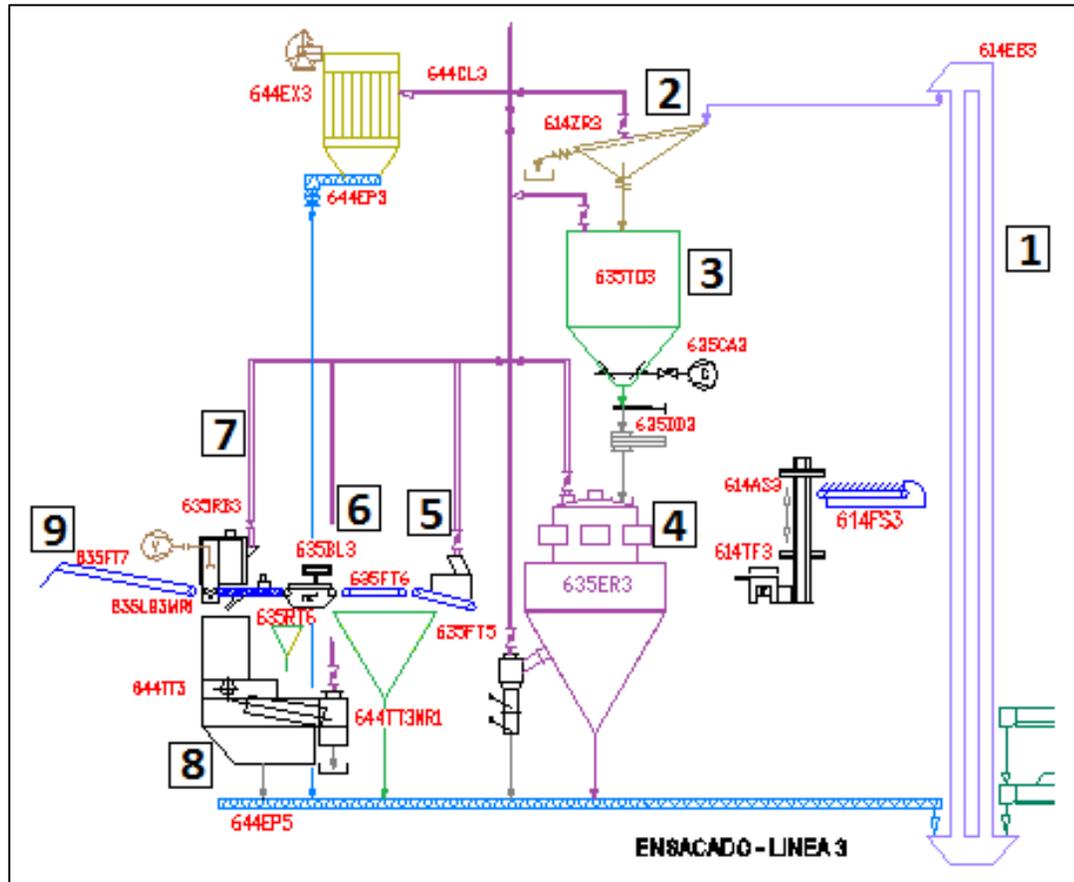


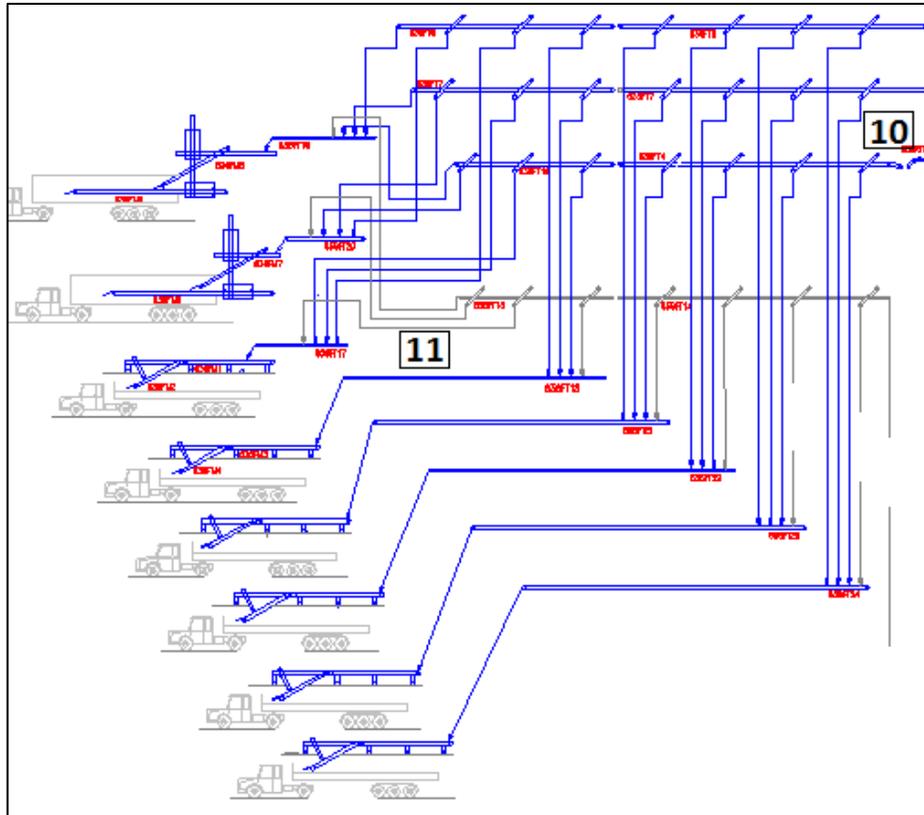
Figura 2.15. Proceso de envasado en UNACEM

Luego de producido y almacenado el cemento en silos, es transportado por canaletas hacia los elevadores (1), para ser vaciados a las zarandas (2) donde se separa el material inservible, el cemento útil se almacena en unas tolvas (3) para ser dosificado y llevado a la ensacadora rotativa (4).

Las bolsas vacías de cemento se colocan en los picos de la ensacadora, y cuando logra el peso deseado (42,5 kg.) son llevadas a través de fajas de salida (5) a la balanza (6) que clasifica las bolsas de cemento según su peso, las bolsas de muy bajo peso son descartadas en el rechazo bolsas (7) y

llevadas a una trituradora (8), que rompe las bolsas y recuperan gran porcentaje de material de las bolsas descartadas.

Las bolsas con el peso correcto son llevadas a través de las fajas del rechaza bolsas a las fajas de despacho.



**Figura 2.16. Proceso de despacho en UNACEM**

Las bolsas con peso adecuado llevadas a través de las fajas transportadoras son destinadas a las distintas fajas móviles de despacho (11) a través de los desviadores (10), luego de lo cual los estibadores acomodan las bolsas de cemento en los camiones.

### 2.3.3 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL EN UNACEM:

La comunicación industrial que posee UNACEM se basa en el Sistema Cemat (Cement Automation) de SIEMENS, como estándar del sistema SCADA y posee como bus industrial un anillo de fibra óptica.

#### 2.3.3.1 Red de Fibra Óptica

La red de fibra óptica de la planta de UNACEM está compuesto por un anillo de fibra óptica de 8 hilos, 3 Switch Scalance X-400 y 17 switches Scalance X-200.

La distribución de los 8 hilos de este anillo es la siguiente:

- Hilos 1 y 2: Plant Bus. Es el bus de proceso e intercambio de información entre los PLCs de Planta Atocongo y los Servidores del CEMAT (DBS). También se encuentra conectado a este bus la Estación de Ingeniería (ENG).
- Hilos 3 y 4: Terminal Bus. Es el bus de proceso e intercambio de información entre los Servidores del CEMAT (DBS) y las Estaciones de Operación de Planta Atocongo (OWS). También se encuentra conectado a este bus la Estación de Ingeniería (ENG).
- Hilos 5 y 6: Red CCTV. Se han asignado estos hilos a la red de CCTV existente en Planta Atocongo que está a cargo del Departamento de SP.
- Hilos 7 y 8: Reserva.

Cada PLC contiene en su tablero un switch SCALANCE X-204, con dos puertos de fibra y 4 puertos RJ-45. Cada PLC está conectado al Switch usando un cable RJ45/AUI (DB15). No se requiere un conversor porque las tarjetas Ethernet poseen un transceiver activo.

Cada switch X-400 posee una memoria que guarda la configuración del sistema. En caso de daño del equipo esta puede ser colocada en el nuevo reemplazo y el equipo estará configurado exactamente igual. Los puertos conectados a los PLC S7 trabajan a 100Mbps.

Todos los switches poseen dos puertos de fibra para ser conectados al anillo. El switch SW-101 es el maestro del anillo de bus de planta y el switch SW-102 es el maestro del anillo del Bus de terminales, estos switches monitorean el estado de la redundancia, en caso de falla de alguno de los segmentos del anillo, este switch re direccionará la información por el camino disponible para llegar a las estaciones afectadas. Esta recuperación se produce dentro de un tiempo menor a 300ms.

### 2.3.3.2 Red de Proceso de Información

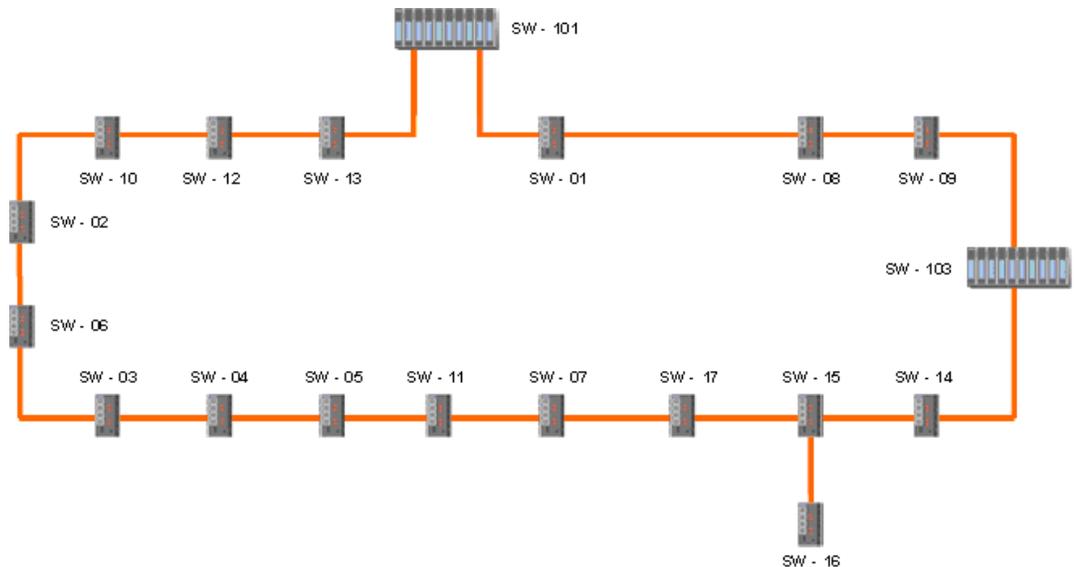
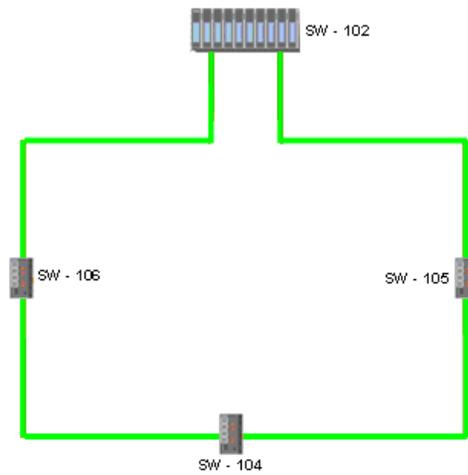
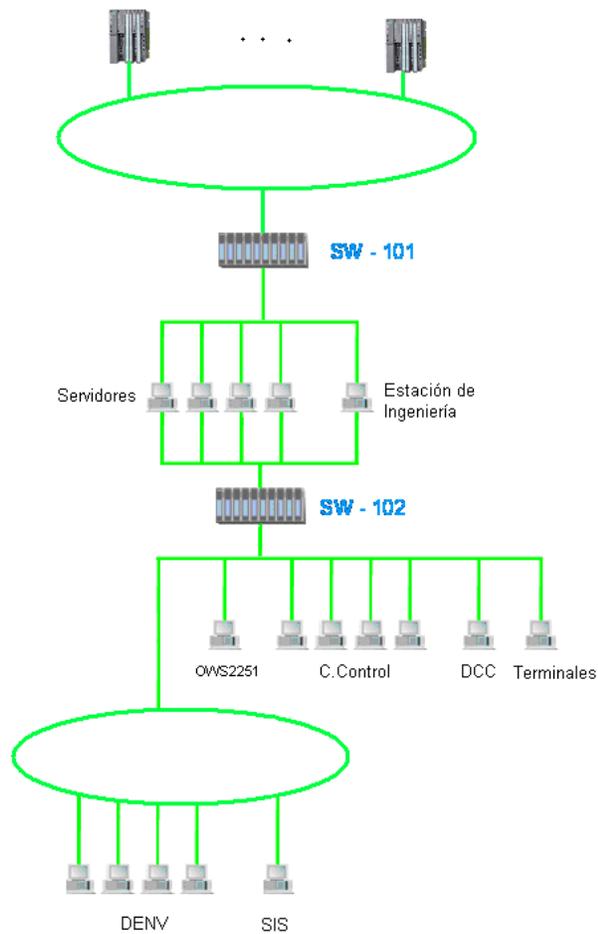


Figura 2.17. Diagrama de anillo de fibra óptica BUS DE PLANTA en UNACEM



**Figura 2.18. Diagrama de anillo de fibra óptica BUS DE TERMINAL en UNACEM**



**Figura 2.19. Diagrama de red de proceso e información en UNACEM**

### 2.3.3.3 Características de la red en UNACEM

- Velocidad de 100 Mbs. Se pueden conectar estaciones que trabajen a 100Mbps y 10Mbps. Los equipos configuran automáticamente la velocidad del puerto dependiendo del equipo que esté conectado.
- Topología en anillo. Permite contar con una ruta de respaldo en caso de fallo en uno de los segmentos del anillo.
- Switchs. El tráfico es filtrado a nivel de las direcciones MACs (capa 2) de las estaciones y PLCs. Esto permite que el tráfico que se intercambia entre las PC no sea “visible” en el anillo y no llegue a los PLCs. Cada switch identifica que equipo hay en cada puerto y retransmite la información solo por donde debe ir.
- VLANs. Capacidad de configurar VLANS entre los switchs SCALANCE X-400 que se encuentran en la sala de control e ingeniería, para formar redes aisladas.
- Capacidad de Expansión. Se puede configurar el anillo con un máximo de hasta 50 switchs dependiendo de las limitaciones que tenga la aplicación en cuanto a retardos de transmisión.
- Tipo de Trafico en los PLC: Solo llega a los PLC el tráfico unicast. De esta manera los PLC solo reciben el tráfico que deben recibir. El volumen de tráfico en el puerto de los PLC solo depende de la aplicación.
- Tipo de Trafico en los switchs: El tráfico en los puertos del switch conectados al anillo tienen un tráfico de broadcast muy pequeño, menor a 0.1%. Casi la totalidad del tráfico es unicast (aprox 85%) o multicast (aprox 15%).



## Red Ethernet de Envase Subestación en Envase (SW-14)

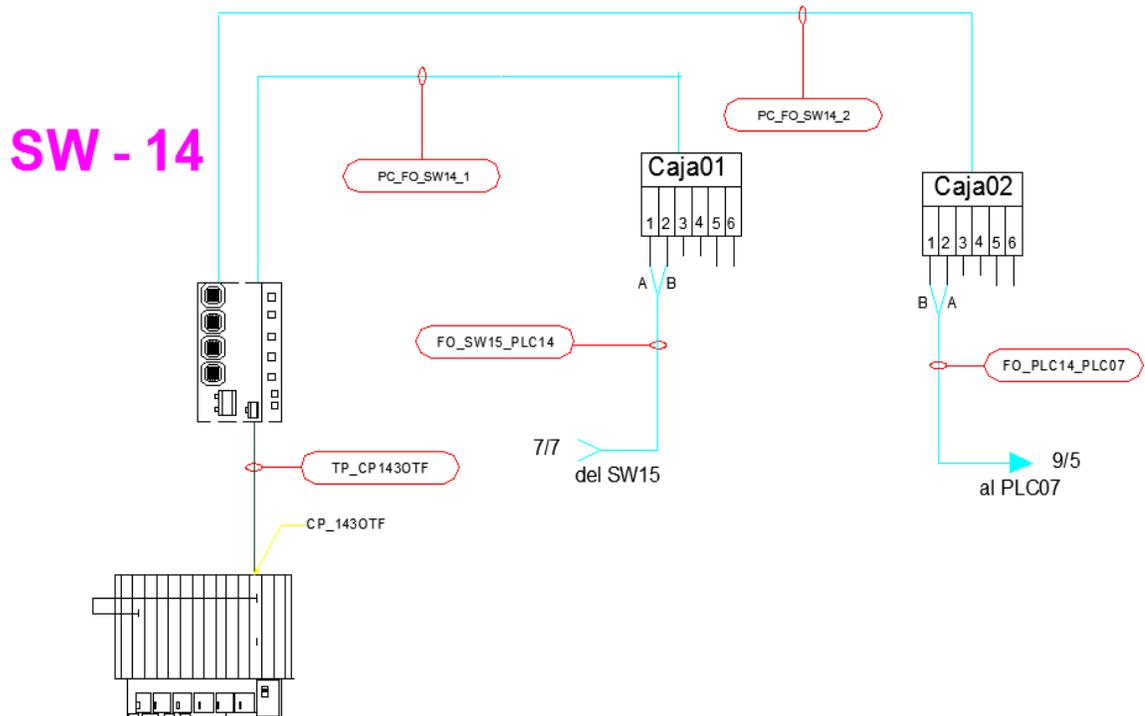


Figura 2.22. Red de fibra óptica en envase

### 2.3.5 Hardware de control de envase:

\*Controladores Lógicos Programable en Envase:

Nombre: PLC14

Área: Envase

Tipo: S7

CPU: 6ES7416-3XL00-0AB0

CP Ethernet: 6GK7443-1EX11-0XE0

Dirección MAC: 08-00-06-01-12-14

Switch: SW-14

\*Switchs en envase:

Switch: SW-14

Dirección IP: 140.80.1.14

Dirección MAC: 08-00-06-94-7E-88

Switch: SW-15

Dirección IP: 140.80.1.15

Dirección MAC: 08-00-06-94-7E-7F

\*Estaciones de Operador:

Nombre: C\_OWS1258

Ubicación: Sala de control de envase

Bus: proceso

Switch: SW-15

Puerto: 1

Dirección MAC: 08-00-06-01-12-58

Nombre: PG

Ubicación: Sala de control de envase

Bus: proceso

Switch: SW-15

Puerto: 2

Dirección MAC: \_\_-\_\_-\_\_-\_\_-\_\_-\_\_

### **CAPÍTULO III**

#### ***DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE MEJORA EN EL PROCESO DE DESPACHO DE BOLSAS DE UNACEM***

Para la realización de este proyecto se necesitó la observación y análisis de las necesidades de la empresa Unión Andina de Cementos - UNACEM en el proceso de despacho de sus bolsas de cemento SOL por lo cual se ha verificado la necesidad de:

- Instalar sensores de atoro en los desviadores de las fajas de despacho que eviten la acumulación de bolsas y desperdicio con bus de campo AS-I.
- Modificar la programación de las fajas, para incluir las señales de los sensores.

Estas modificaciones se realizan como parte de los objetivos propuestos.

La faja de despacho de bolsas requiere para garantizar su operación cumplir las siguientes condiciones iniciales:

Verificar que todos los arranques de motores tengan el selector en posición de automático; hay que garantizar mediante la programación que la faja no inicie su funcionamiento si no tiene como requisito todas las condiciones iniciales, así de esta manera si se diera un descuido por parte del operador o simplemente no se respetasen las condiciones iniciales entonces la pantalla de supervisión del despacho debería demostrar una alarma indicando que no se tienen las condiciones iniciales para iniciar el proceso de despacho y además debería mostrar que condición está faltando.

Todos los arranques que forman parte de los lazos de control o del proceso de despacho directamente deberían estar en estado de apagado.

### **3.1 ANÁLISIS DE INSTRUMENTOS A UTILIZAR**

La selección de los equipos presentados en esta sección fue por decisión interna de la Empresa UNACEM.

- AS Controlador con PLC S7-400 CPU S7-417-4H, Fabricante: SIEMENS  
Modelo: Simatic S7-400
- Módulo SIMATIC NET DP/AS-Interface Link 20E
- 4 módulos E/S AS-Interface
- Cable 3RK 1200-0DQ00-0AA3 (UT-ASI)
- Cables 3RX8000-0KA42-1AR0
- Conectores M17 para Red AS-I.
- cable ASI 3RX9010-0AA00
- 01 SITOP SMART 120W Fuente de Alimentación estabilizada, entrada AC 120/230 V, salida DC 24V/5A.
- 02 Industrial Ethernet Switch SCALANCE X414-3E.
- Conectores Profibus necesarios para la conectividad de Red y DCS.

- Accesorios y Elementos necesarios para el correcto funcionamiento de la red y DCS configurados en este Hardware.
- 8 sensores OPTO BERO M18 3RG76 40-3CC00

### 3.2 Diseño de Buses y sistema SCADA

#### 3.2.1 RED ASI DE SENSORES DE ATORO:

En el segundo piso del despacho de envase se encuentra el Tablero de Periferia Distribuida TPD 14.12 en el que se instaló un módulo SIMATIC NET DP/AS-Interface Link 20E para la red ASI de los sensores difusos.

Cada canal de despacho (8 canales) cuenta con 4 posibles fajas de alimentación (4 envasadoras) haciendo un total de 32 desviadores, por lo tanto se requieren instalar 32 sensores.

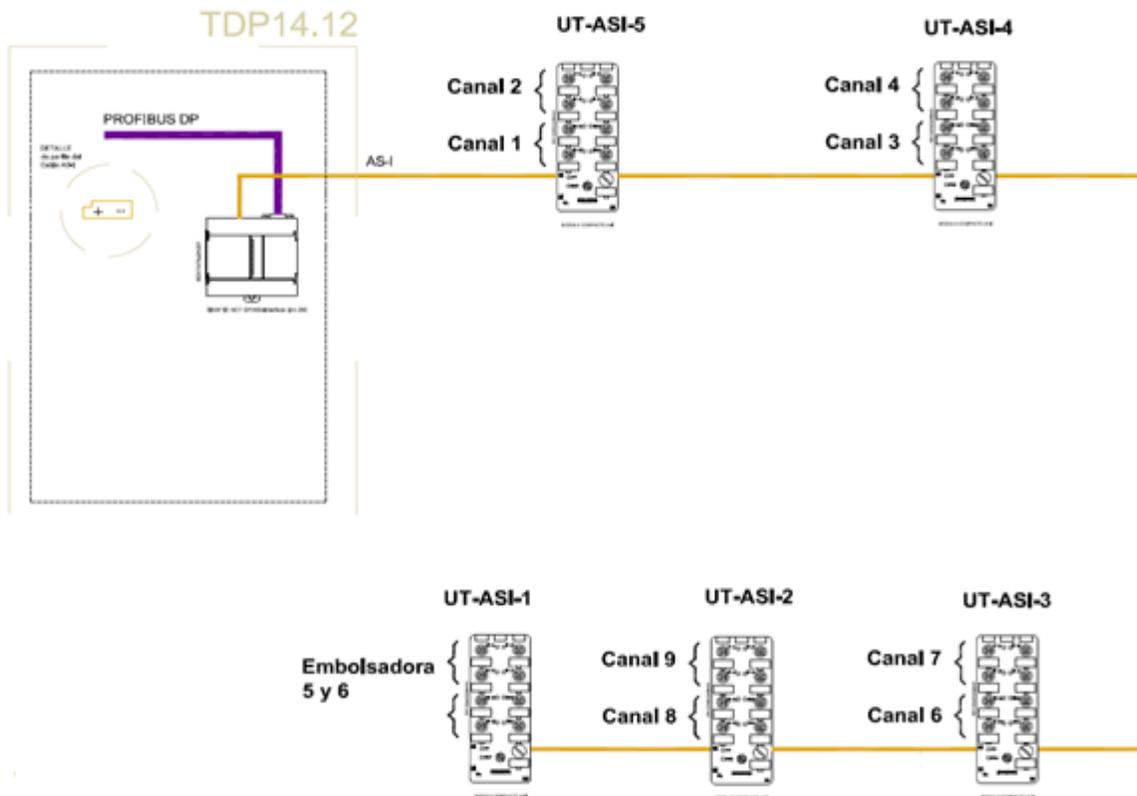


Figura 3.1. Red ASI sensores de atoro

Se instalaron 4 módulos E/S AS-Interface distribuidos en 8 señales para cada módulo, y 1 módulo más en caso sea necesario para la envasadora 5 y futura envasadora 6.

Para el despacho de la ensacadora automática 5 se instalaron 8 sensores, uno en cada desviador de cada canal.

Los sensores OPTO BERO M18 3RG76 40-3CC00 envían señales de atoro de los desviadores a los módulos 3RK 1200-0DQ00-0AA3 (UT-ASI) con cables 3RX8000-0KA42-1AR0 y conectores M17 de la Red AS-I.

Las direcciones AS-I de los módulos y las entradas utilizadas al PLC, son las siguientes:

Esclavo	Dirección AS-I	Entrada	Dirección PLC	Símbolo	Descripción
1	3	IN1.3	I69.6	L5C9	Fotocelda canal - 9 embolsadora 5
2	4	IN2.3	I70.2	L5C8	Fotocelda canal 8 - embolsadora 5
1	5	IN1.3	I70.6	L5C7	Fotocelda canal 7 - embolsadora 5
2	6	IN2.3	I71.2	L5C6	Fotocelda canal 6 - embolsadora 5
1	7	IN1.3	I71.6	L5C4	Fotocelda canal 4 - embolsadora 5
2	8	IN2.3	I72.2	L5C3	Fotocelda canal 3 - embolsadora 5
1	9	IN1.3	I72.6	L5C2	Fotocelda canal 2 - embolsadora 5
2	10	IN2.3	I73.2	L5C1	Fotocelda canal 1 - embolsadora 5

**Tabla 3.1. Detalles de Dirección AS-I de sensores de atoro Embolsadora 5**

El cable ASI 3RX9010-0AA00 une los 5 módulos UT-ASI hasta llegar al tablero de TPD 14.12 para conectarse al módulo SIMATIC NCT DP/AS-Interface Link 20C, el cual recibe las señales de atoro de la red ASI y las envía al PLC 14 a través del bus de campo PROFIBUS DP.

### 3.2.2 BUS DE CAMPO PROFIBUS

Las señales de los Tableros de Periferia Distribuida: TPD 14.51, 14.52 y las señales ASI, llegan al módulo de conversión DP/ASI-I del TPD 14.12; luego, son transmitidas al TPD 14.11 donde convergen muchas más señales, de todo el proceso del envasado y finalmente son transmitidas al PLC 14.

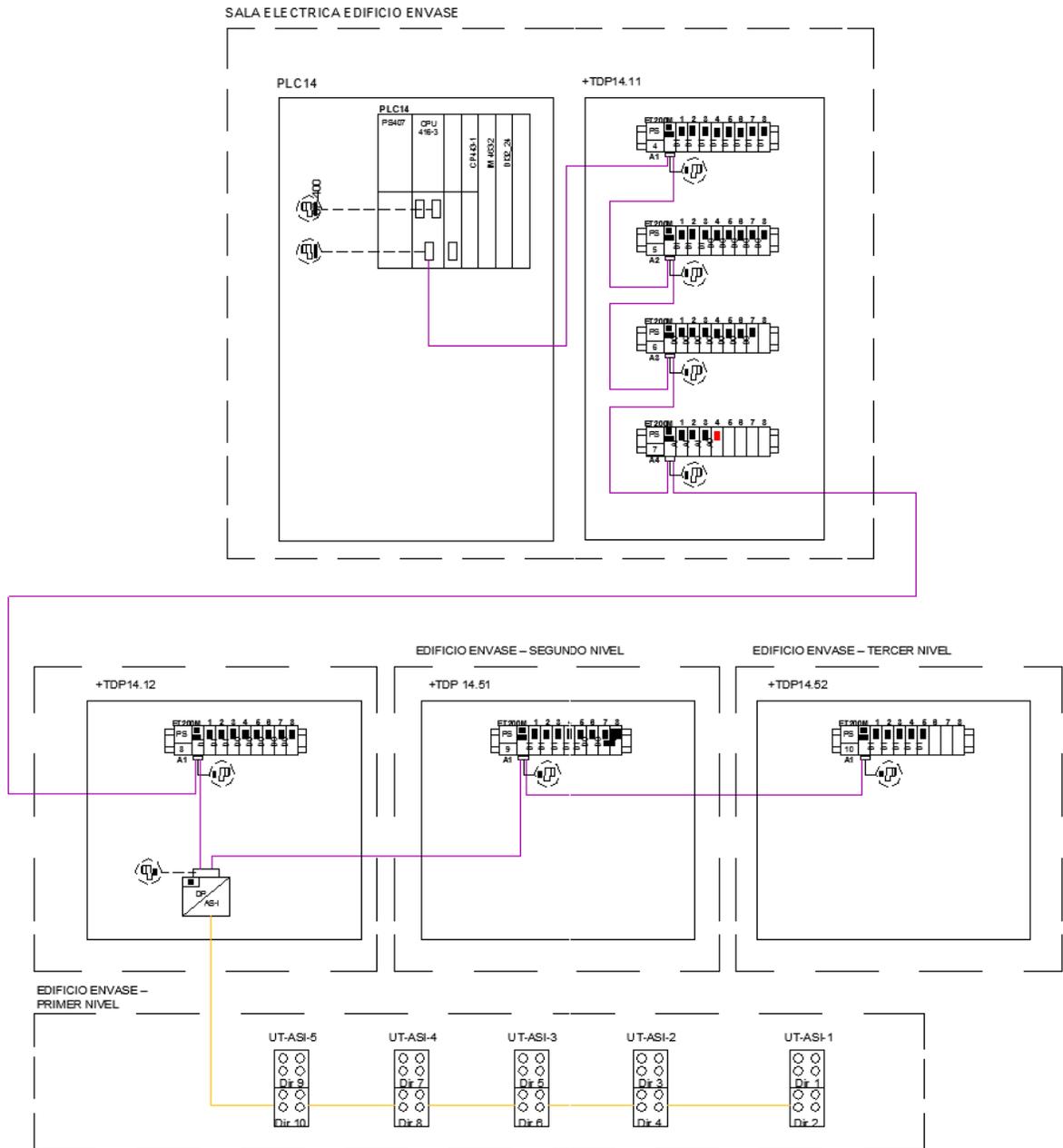


Figura 3.2. Bus de campo Profibus incluyendo red ASI

### 3.2.3 FILOSOFÍA DE CONTROL

Las secuencias de Arranque y Parada que se presentan a continuación, fueron establecidas por la Empresa UNACEM y revisadas por el personal encargado del desarrollo del programa de ingeniería de acuerdo a las condiciones del despacho de planta.

#### 3.2.3.1 Secuencia de Arranque

Cuando se tengan todas las condiciones iniciales y se esté seguro del arranque de las fajas transportadoras, entonces este trabajaría en la siguiente secuencia:

- Acción 01:  
Se comprueba la presión de aire a 5 bares.
  
- Acción 02:  
Sale el vástago del cilindro neumático del desviador según el canal a despachar. Y para asegurar que esté en la posición adecuada, se deja pasar un periodo de tiempo mínimo.
  
- Acción 03:  
Arranca el motor de la fajilla del desviador y se asegura su adecuada posición. Con los sensores inductivos que posee como límites.
  
- Acción 04:  
Esperar el arranque manual de las fajas finales de los estibadores.
  
- Acción 05:  
Finalmente arranca el motor o motores de las fajas transportadores del despacho de bolsas.

### 3.2.3.2 **Secuencias de Parada**

Tenemos las siguientes secuencias de parada de la faja transportadora:

#### - **Secuencia de parada Definitiva**

Esta parada se usa para mantenimientos largos equivalentes a más de 1 hora.

1º Antes de detener la faja transportadora de despacho, es necesario que se detenga la producción de bolsas de la ensacadora automática

2º Se despachen a las fajas las bolsas que están en el trompo y en las fajas, (como medida de protección en el arranque del mismo)

3º Se detiene la faja transportadora.

#### - **Secuencia de parada por acontecimiento esporádico**

Esta parada es inmediata, se usa para cuando se presentan problemas como desalineamiento de la faja, mala ubicación después del giro del desviador, parada de emergencia, pull cord o cuando el sensor de atoro deja de enviar pulsos y se detiene en un pulso prolongado indicando atoro, en este momento se detiene el motor de la faja; aquí también se activa la alarma visual en el panel del operador.

Y se espera la recuperación indicada por el operador de la envasadora para el reinicio del despacho.

### 3.2.4 Diseño del Sistema de Automatización

Se propone implementar un Sistema de Control, Supervisión y registro a través de la Integración al DCS de la Plataforma SIEMENS existente en la Planta de Cemento, PCS 7(Process Control System).

PCS7 es una filosofía de Control que incluye un grupo de aplicación y programas Siemens, entre las cuales se encuentra el WinCC Explorer 6.2, en éste se programará el SCADA.

El protocolo de transmisión propuesto para la comunicación del Centro de Control de Motores (CCM) será Profibus DP, y para la Instrumentación en Campo será mixta (Profibus PA y AS-I), los cuales transmitirán directamente al CPU S7-417H. La nueva red lineal de Instrumentos en Campo AS-I, será convertida a DP a través de un módulo SIMATIC NET DP/AS-Interface.

El sistema llevará el registro del despacho como un tren de pulsos, fallos de los motores, Advertencias y Alarmas de todas las variables del proceso y reportarlo cada segundo. Mostrará diversas pantallas para la visualización y control de las variables de cada sección del proceso de despacho.

Las señales provenientes de los Instrumentos de campo que se utilizarán como variables del proceso en el Programa del PLC; el cual procesa la información y da como respuesta el funcionamiento de los motores. Las señales restantes serán registradas por el PLC, y visualizadas por el software PCS7 V7.0. Una vez entregada la información al PCS7 V7.0, esta podrá ser utilizada de diversas formas, de acuerdo con la necesidad del usuario. Se podrán crear tendencias, así como históricos, en donde se irá almacenando toda la información del proceso para su posterior consulta.

### 3.2.5 Pantallas de Supervisión

Para la integración del Sistema de Supervisión y Control de la detección de atoro del despacho de bolsas al sistema DCS de la Empresa UNACEM en la Planta de Cemento, se modificó una pantalla y se generó otra.

#### 3.2.5.1 Pantalla Principal de envasado

Es la pantalla General del Sistema de Supervisión del envasado, muestra en forma general los procesos en el envasado, donde se puede acceder a cada una de ellos dando solo un clic en la miniatura.

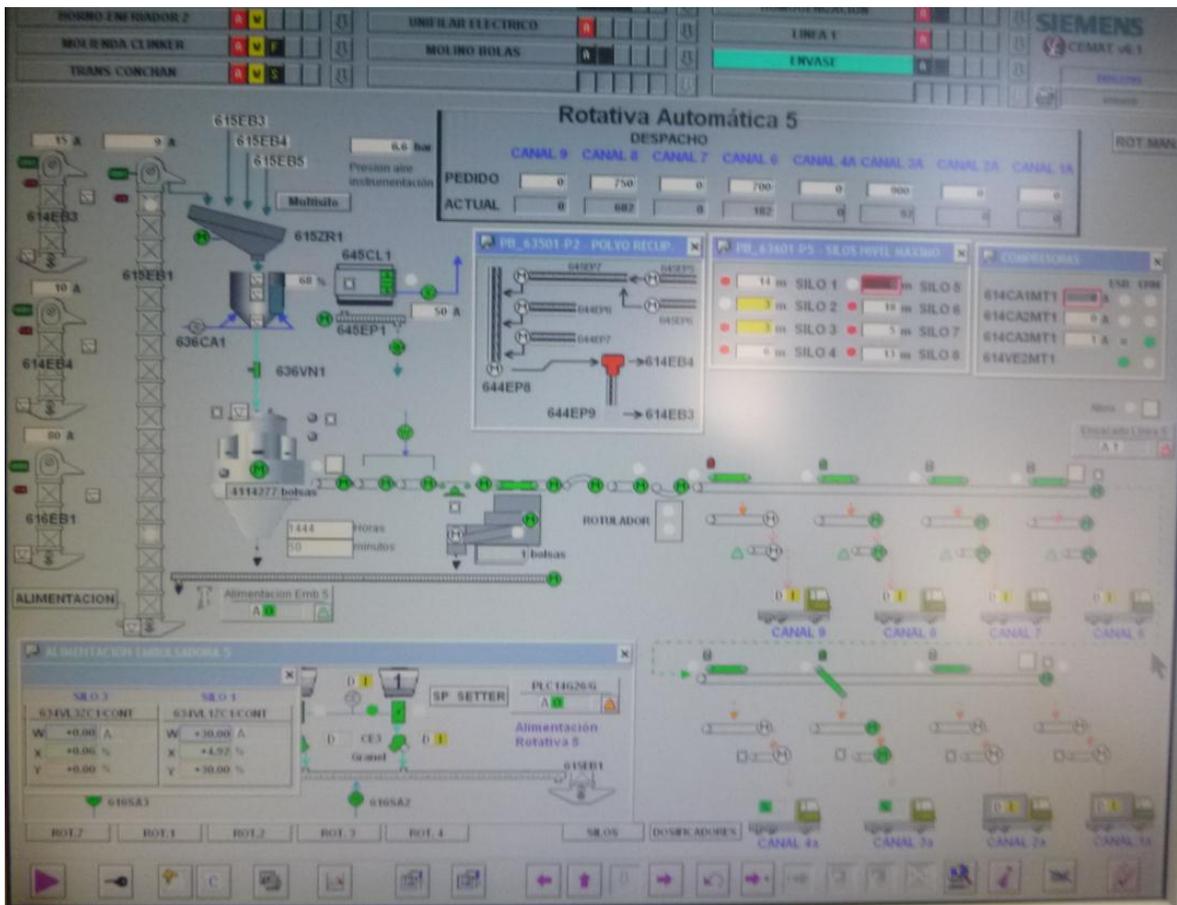


Figura 3.3. Pantalla principal o General de envasado

### 3.2.5.2 Pantalla de control de desviadores

La pantalla del sistema de supervisión de los desviadores incluye las fajas de despacho y las fajas de descarga de los distintos canales con sus señales de instrumentación que le ayudarán al operador a supervisar y controlar el funcionamiento correcto del proceso de despacho.



Figura 3.4. Pantalla de control de desviadores



Figura 3.5. Ventana de comando de motores de fajas

Desde esta carátula de operación el operador tiene acceso a todos los comandos necesarios para el manejo de los motores.

### 3.2.6 Programación en SCADA de sensores de atoro

Para agregar el funcionamiento de los sensores de atoro de los desviadores al sistema SCADA actual de envase, es necesario realizar modificaciones en la programación del SIMATIC MANAGER.

#### 3.2.6.1 Configuración en HW

HW es el software de configuración y reconocimiento del Hardware, en este caso se debe configurar el módulo conversor DP/AS-i Link 20E y las direcciones de sus entradas.

PROFIBUS address	Module	Order number
4	TDP14.11-A1	6ES7 153-2BA00-0XB0
5	TDP14.11-A2	6ES7 153-2BA00-0XB0
6	TDP14.11-A3	6ES7 153-2BA00-0XB0
7	TDP14.11-A4	6ES7 153-2BA00-0XB0
8	TDP14.12-A1	6ES7 153-2BA00-0XB0
9	TDP14.51-A1	6ES7 153-2BA00-0XB0
10	TDP14.52-A1	6ES7 153-2BA00-0XB0
11	DP/AS-i Link 20E	6GK1 415-2AA01
12	IND131, IND331	

Figura 3.6. Configuración para reconocimiento de módulo conversor DP/AS-i

AS-i addr.	Module	Address
	DP/AS-i	68...69
	DP/AS-i Link 20E	
1A	AS-i Standard Slave	68.0...68.3
B		
2A	AS-i Standard Slave	69.0...69.3
B		
3A	AS-i Standard Slave	69.4...69.7
B		
4A	AS-i Standard Slave	70.0...70.3
B		
5A	AS-i Standard Slave	70.4...70.7
B		
6A	AS-i Standard Slave	71.0...71.3
B		
7A	AS-i Standard Slave	71.4...71.7
B		
8A	AS-i Standard Slave	72.0...72.3
B		
9A	AS-i Standard Slave	72.4...72.7
B		
10A	AS-i Standard Slave	73.0...73.3
B		

Figura 3.8. Configuración para reconocimiento de direcciones AS-i

### 3.2.6.2 Programación en lenguaje CFC

Continues Function Chart es el lenguaje utilizado en la programación de la plataforma STEP 7, en este proyecto, se hace uso del objeto Motor, refiriéndose al motor (Mt\_1) de la faja despachadora (636FT6), para este tipo de programación se ubican 6 campos, el primero con las entradas y salidas digitales; el último con el objeto a manipular; en los demás campos aparecen los Tags intermedios.

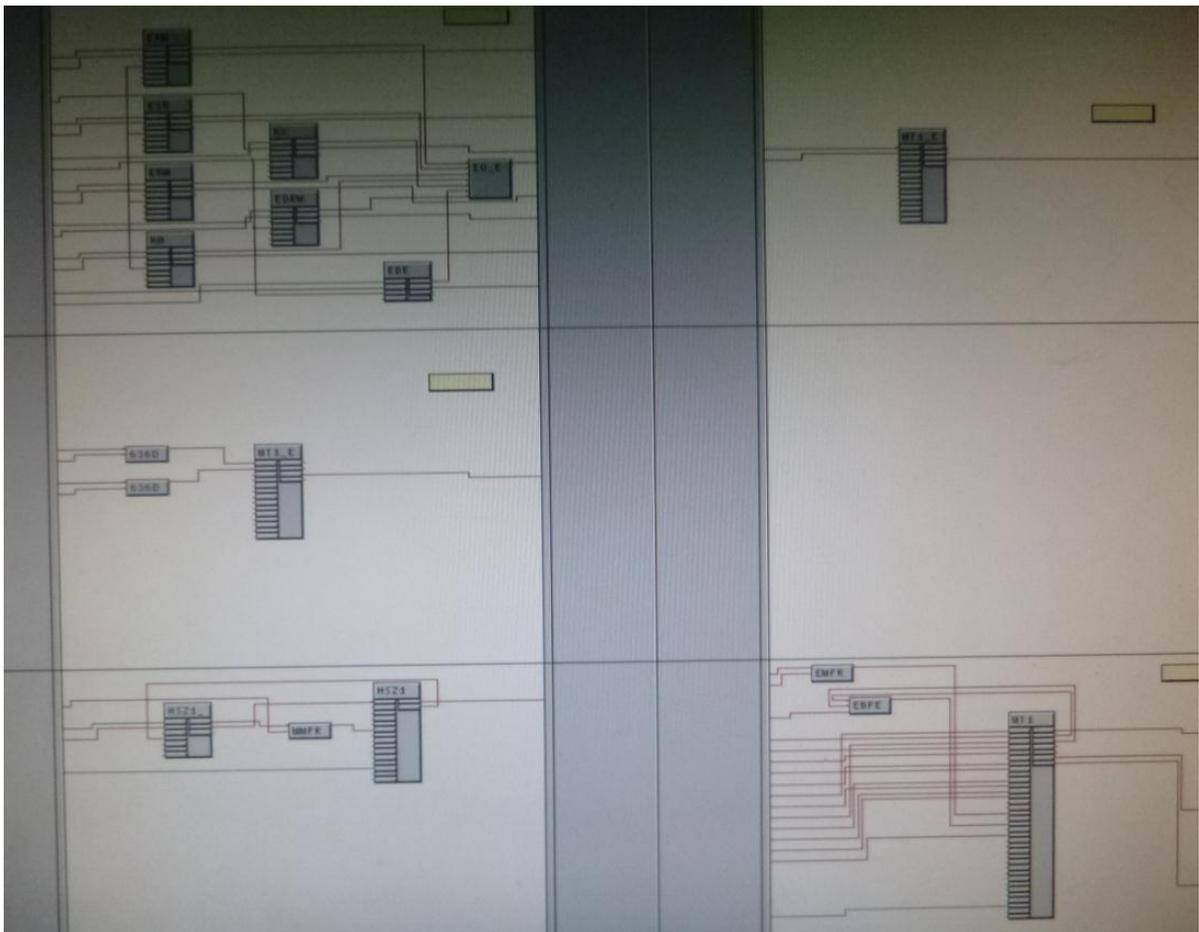


Figura 3.9. Programación CFC

En el último campo se observa el objeto a controlar, en este caso el motor de la faja, con sus bits de funcionamiento e interlock; uno de los cuales es el bit Sporadi, que va a indicar una parada esporádica o repentina, que es activada por múltiples factores, a los cuales se le agrega, el atoro en desviador.

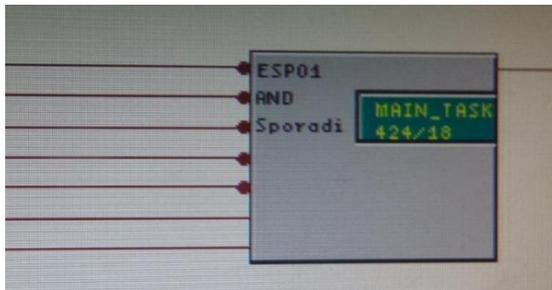


Figura 3.10. Chart de bit Sporadi (parada repentina)

El bit sporadi debe ser activado por un atoro así como se ha cableado en la figura 31.

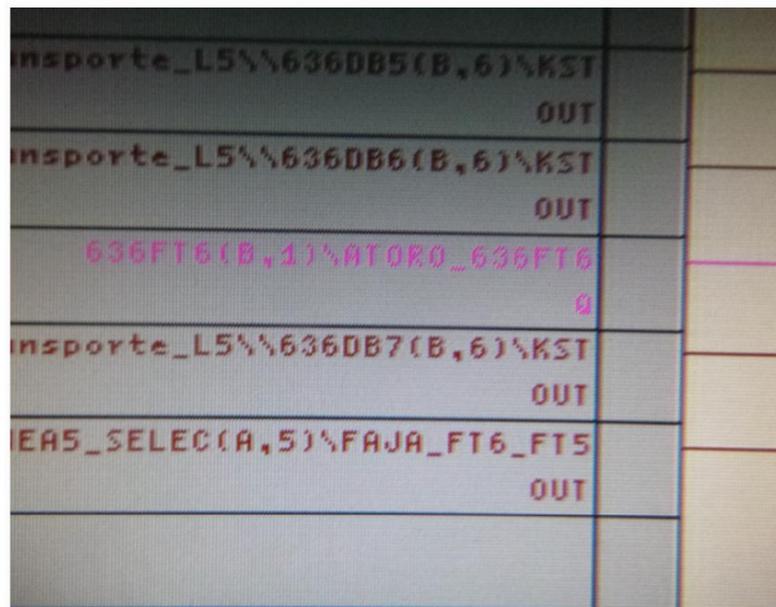


Figura 3.111. Señal de atoro en desviador

Esta señal de atoro en faja por desviador, debe afectar al proceso de dos maneras:

- Mandando una señal de alarma en la pantalla del operador.
- Afectando directamente el funcionamiento de la faja, al punto de detenerla.

Las señales de atoro de la línea 5 deben activar el chart de Atoro con el bloque set, al detectar atoro en cualquier desviador de la faja y desactivarlo con el reset, al recuperar la señal de todos los desviadores de la faja.

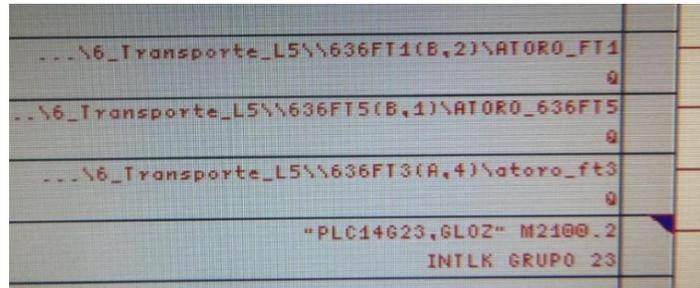


Figura 3.12. Señal de atoro en faja

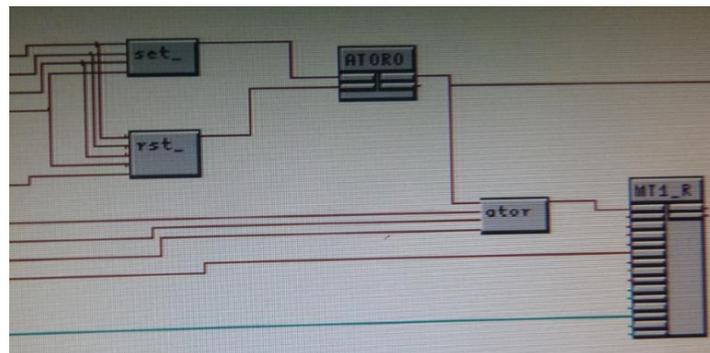


Figura 3.13. Programa para atoro en faja

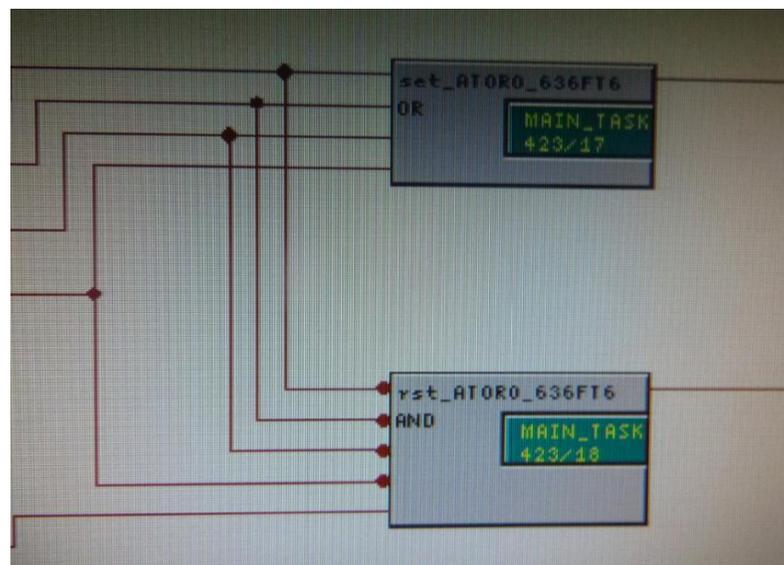


Figura 3.14. Señal de set y reset para atoro en faja

La salida de la señal de atoro en desviador de la faja, afecta directamente el funcionamiento del motor de la faja y envía a la pantalla del operador un anuncio de atoro.

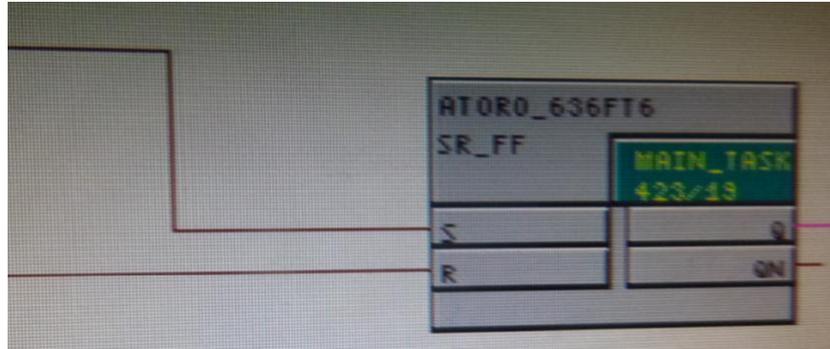


Figura 3.15. Bloque de S/R para atoro

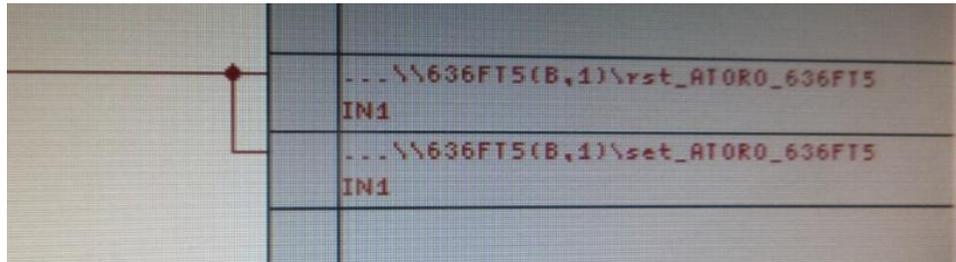


Figura 3.16. Señal de indicación de atoro

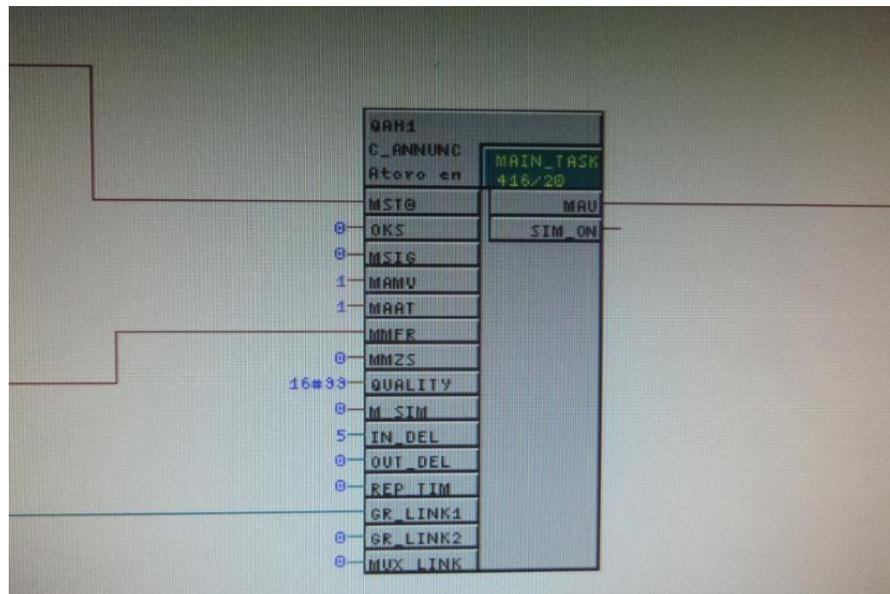


Figura 3.17. Chart de anuncio de atoro en desviador

### 3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Con las modificaciones realizadas en la programación del funcionamiento de la faja 636FT6 (línea de despacho de la ensacadora 5) y los objetos del desviador a lo largo de dicha faja, es posible que el operador verifique el funcionamiento y la posición de los desviadores, habilitando la parada esporádica y el reinicio de arranque de la faja luego de la recuperación ante algún atoro.

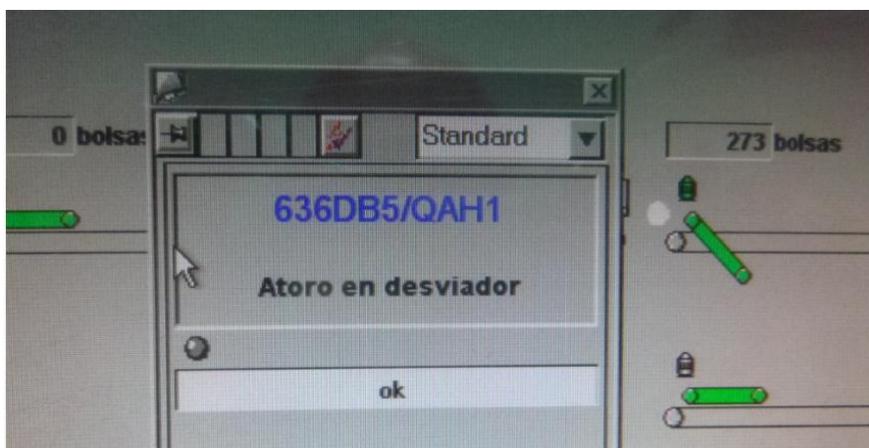
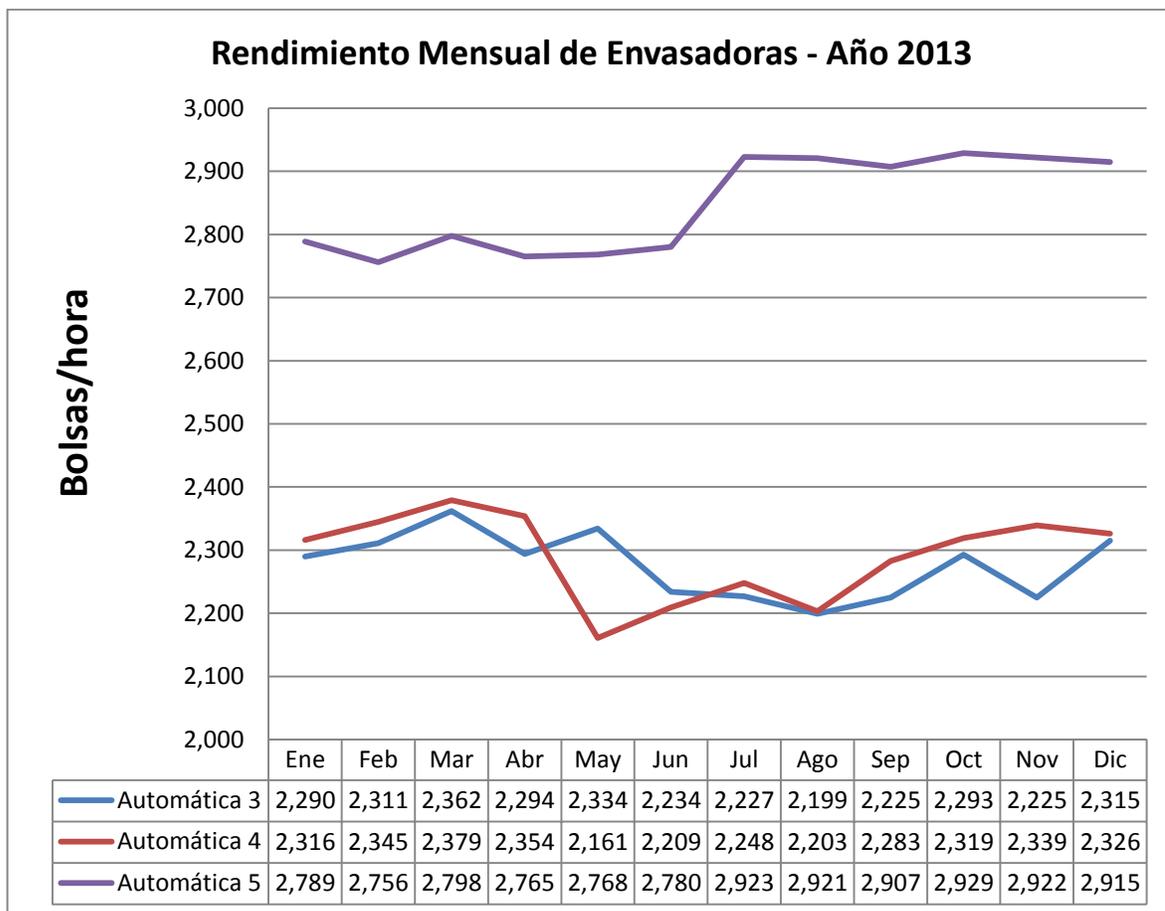


Figura 3.18. Mensaje de atoro recuperado en desviador.

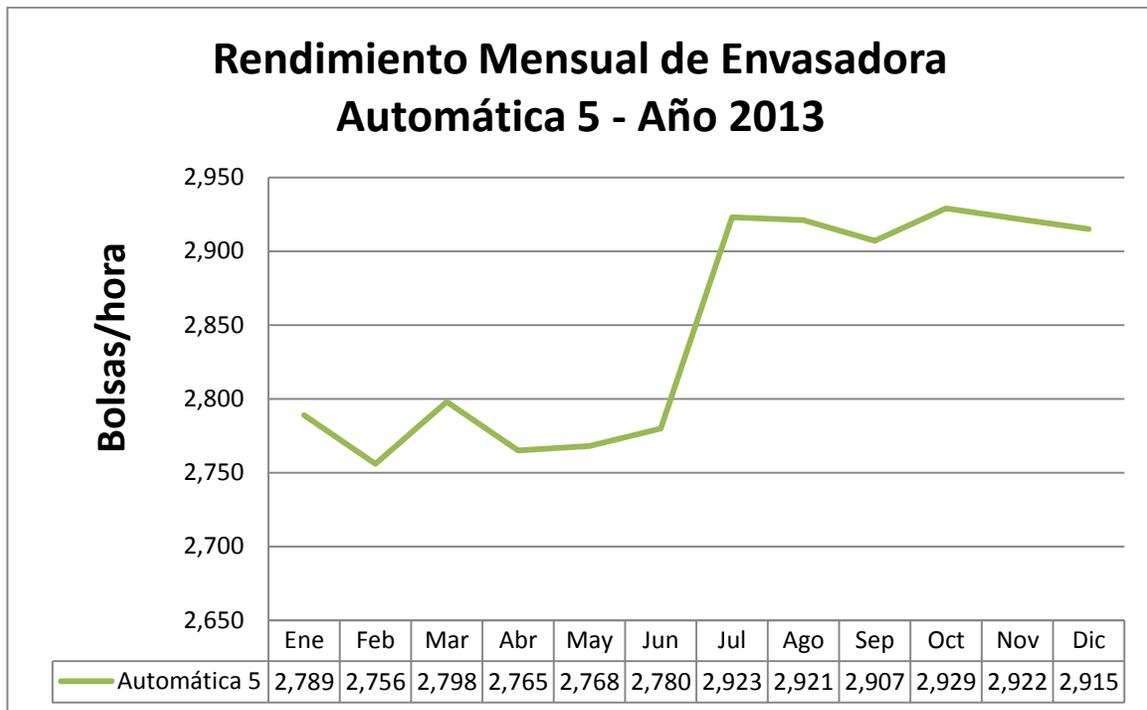
La modificación en el proceso de despacho afecta directamente en el rendimiento de las envasadoras, es decir a la cantidad de bolsas despachadas por hora.

Se presenta la siguiente tabla de información del rendimiento mensual de las envasadoras brindadas por la División de Envase.



**Tabla 3.2. Rendimiento mensual de las Envasadoras – Año 2013**

Considerando que la implementación de los sensores en el campo y las modificaciones en la programación del control de las fajas de salida se culminaron en el mes de Junio y que la modificación fue solo en la envasadora 5, como prueba piloto; se observa una gran diferencia en la producción de dicha línea de despacho.



**Tabla 3.3. Rendimiento mensual de la Envasadora Automática 5 – Año 2013**

Comparación de la producción de la envasadora 5:

Promedio de producción (Ene-Jun) = 2,776 Bolsas/hora

Promedio de producción (Jul-Dic) = 2,919 Bolsas/hora

Se pudo comprobar que no es necesario un personal de apoyo en las fajas de desvío que desatore las bolsas acumuladas, puesto que el atoro es detectado inmediatamente, la faja detenida y el sistema normalizado por el operador de la envasadora, según se programó en el chart de la faja de despacho del sistema SCADA de UNACEM.

## CONCLUSIONES

Con esta modernización del Control de las fajas transportadoras en el despacho de las Envasadoras Automáticas se concluye:

- Se mejoró el proceso de envasado de cemento en bolsas en la planta de UNACEM, cumpliendo sus requerimientos y necesidades: la mejora del proceso fue de un 5%; la disminución y ahorro en cuanto a personal en el proceso fue de un 15%, considerar que solo se implementó este sistema en una de las líneas de envase.
- Se aumentó la rentabilidad y fiabilidad en el despacho de bolsas de cemento.
- Se recopiló información bibliográfica y de campo para el diseño, implementación y selección de equipos para la comunicación de campo (ASI), se planteó la selección acorde a las características requeridas
- Se realizó modificaciones en la programación del arranque de la faja transportadora de despacho, con el programa PSC-7 basados en Cemat, facilitando el mantenimiento, trabajos del operador y modificaciones necesarias futuras.
- Se entregó operativo el canal de despacho de la Envasadora Automática 5, con bus de campo AS-Interface planteado y proveído por SIEMENS.

## RECOMENDACIONES

Por los resultados obtenidos en las pruebas del programa y sensores, se recomienda:

- Implementar este sistema de detección de atoro e incluso conteo de bolsas en los demás canales de despacho.
- Implementar un sistema de sellado de bolsas para el despacho.
- Usar en futuras mejoras el bus de campo AS-I, por el ahorro y facilidad del cableado.
- Migrar los sistemas de control de otros procesos al SCADA PCS7, por la flexibilidad demostrada, además de ser de fácil integración.
- Realizar un plan de mantenimiento mensual, para evitar daños en los equipos.

## BIBLIOGRAFÍA

Timothy J. Maloney. *Electrónica Industrial Moderna*. 3era. Ed. México: Prentice Hall; 1997.

Bernhard Kaufmann. *PCS7 on Tour – Basic, Process Control System SIMATIC PCS7*. Germany: Karlsruhe; 2004.

Bolton, W. *Programmable Logic Controllers*. Burlington: Elsevier; 2009.

David Bailey BEng, Bailey and Associates Perth. *Practical SCADA for Industry*. Great Britain : Vivek Mehra; 2003.

Gerard K. Boon, Alfonso Mercado. *Automatización flexible en la industria; Difusión y producción de máquinas herramientas de control numérico en América Latina*. México : LIMUSA NORIEGA; 1990.

# ANEXOS

## ANEXO 1: Conversor DP/AS-i Link 20E

El módulo DP/AS-i Link 20E tiene los siguientes datos técnicos:



Característica	Explicación / Valores
Tiempo de ciclo de AS-i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 ms para 31 esclavos</li> <li>• 10 ms para 62 esclavos con espacio de direcciones extendido</li> </ul>
Configuración de AS-Interface	mediante tecla en la placa frontal o a través de STEP 7
Perfiles de maestro AS-i compatibles	M1...M4
Conexión del cable AS-i	a través de bloque de bornes (12 polos) Carga eléctrica de conexión 1 a 3 o de la conexión 2 a 4, como máximo 3 A
Conexión a PROFIBUS	a través de conector hembra Sub-D de 9 polos
Ajuste de la dirección PROFIBUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espacio de direccionamiento 1..126</li> <li>- Ajuste con pulsadores SET y DISPLAY</li> </ul>
Carga soportable DC 5V en la conexión de PROFIBUS	máx. 90 mA
Velocidades de transmisión de datos soportadas en PROFIBUS	9,6 kbit/s; 19,2 kbit/s; 45,45 kbit/s; 93,75 kbit/s; 187,5 kbit/s; 500 kbit/s; 1,5 Mbit/s; 3 Mbit/s; 6 Mbit/s; 12 MBit/s
Tensión de alimentación del cable AS-i	DC 29,5 hasta 31,6 V
Consumo de corriente del cable AS-i	máx. 200 mA con 30 V
Consumo de potencia	máx. 4,5 W
Longitud del cable	máx. 100 m
Diámetro del cable (cable AS-i)	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> (2 x 0,8 mm <sup>2</sup> : longitud del cable reducida)
Condiciones ambientales admisibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de funcionamiento Montaje horizontal: 0 a 60°C Montaje vertical : 0 a 45°C</li> <li>• Temperatura de transporte y almacenaje -40 °C hasta +70 °C</li> <li>• Humedad relativa máx. 95% con +25° (sin condensación)</li> </ul>
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de protección IP 20</li> <li>• Medidas (ancho x alto x prof.) en mm 90 x 80 x 62</li> <li>• Peso aprox. 200 g</li> </ul>

## ANEXO 2: Fuente AS-I Power



### General technical data:

<b>Type of device</b>		AS-Interface power supply unit IP20
<b>version</b>		single output
<b>input voltage / nominal value / AC</b>		
• range 1	V	120
• range 2	V	230
<b>Additional function</b>		integrated ground-fault detection, remote reset and remote indication

### Inputs:

<b>input</b>		single phase AC
• voltage range		
• voltage range 1 / AC	V	85 ... 132
• voltage range 2 / AC	V	176 ... 253
• Mains buffering time / at I <sub>a</sub> rated / min		20
• line frequency		50/60 Hz
• Mains frequency range	Hz	47 ... 63
• range changeover / using		Changeover switch on device
• input voltage / built-in		T 3.15 (not accessible)
• recommended circuit breaker / (IEC 898) / in the main supply line		6 A, characteristic C

### Outputs:

output		
• DC-voltage / controlled floating / according to AS-Interface specification		yes
• voltage rated value / $U_a$ rated / DC		30 V
• tolerance / total		
• DC	V	29.5 ... 31.6
• rated current / $I_a$ rated		3 A
• residual ripple / peak-to-peak / ( 0-10 kHz, AS-i+/AS-i- ) / max	mV	300
• spikes / peak-to-peak / ( 10-500 kHz, AS-i+/AS-i- ) / max	mV	50
<b>Connections / Output</b>		spring-loaded terminal connection output (0.2 ... 2.5 mm <sup>2</sup> ) / diagnosis (0.14 ... 1.5 mm <sup>2</sup> )

### Efficiency / heat loss:

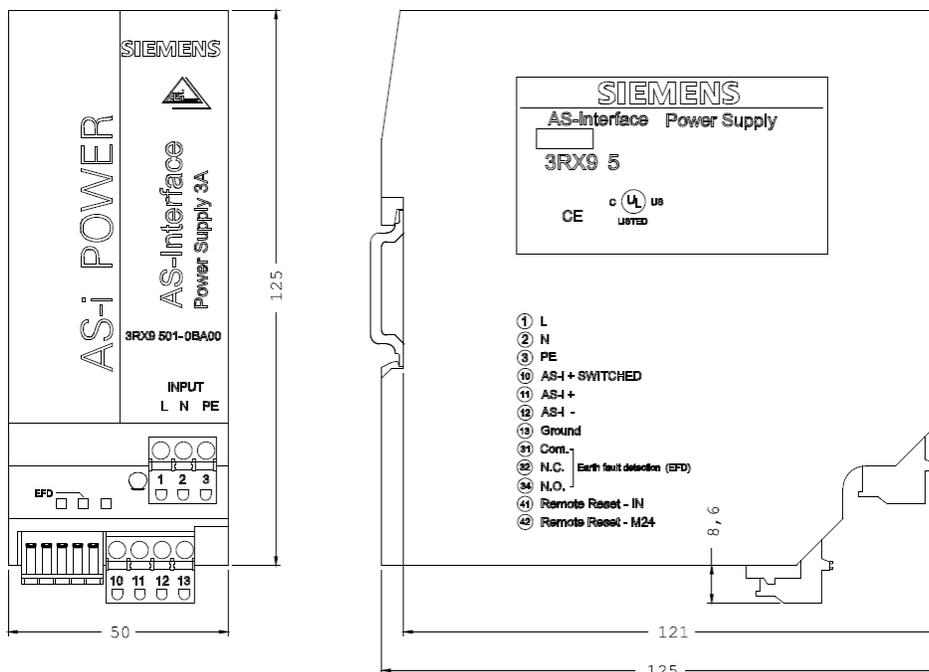
<b>Efficiency / at <math>U_a</math> rated, <math>I_a</math> rated</b>	%	84
---	---	----

### Protective and monitoring functions

<b>Output overvoltage protection</b>		yes (< 35V)
<b>Current limitation / from min.</b>		3.5 A
<b>Short-circuit protection</b>		yes

### Safety:

<b>protection class / ( EN 60 950/IEC 950 )</b>		I
<b>Electrical isolation / primary/secondary</b>		SELV according to EN 60 950 and EN 50 178
<b>Protection class IP</b>		IP20



**ANEXO 3: Sensor de atoro**  
**OPTO BERO M18 3RG76**  
**40-3CC00**



**Technical specifications**

Operating mode

**Diffuse sensors with background suppression**



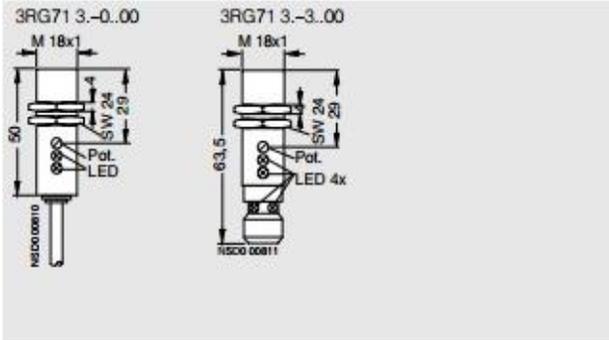
Sensing range	cm	1 ... 12 (adjustable)
Standard target	mm	50 x 50 (white)
Operating voltage range (DC)	V	10 ... 36 (max. 20 % residual ripple)
No-load supply current $I_0$ (typ.)	mA	25
Rated operating current $I_e$	mA	200
Switching frequency	Hz	500
Switching time	ms	1
Wavelength (type of light)	nm	660 (red)
Displays		
• Switching status		Yellow LED
• Surplus light		Green LED
Enclosure material		Brass, nickel-plated
Degree of protection		IP67
Ambient temperature	°C	-25 ... +55
Temperature coefficient	%/K	0.3
Type		3RG76 54-...00

**Selection and ordering data**

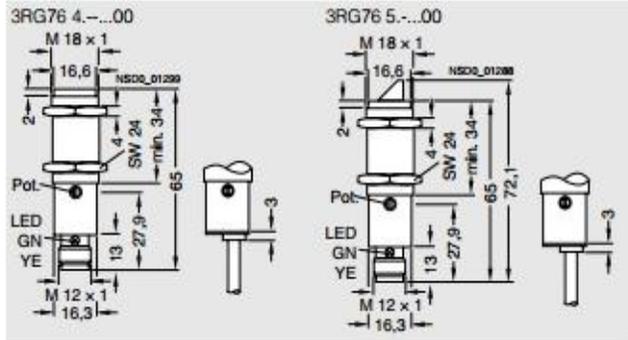
	Operating mode	Sensing range	Light type	Connection	Switching output	Ckt. diag. No.	Order No.
	Diffuse sensor with background suppression	1 ... 12 (adjustable by potentiometer)	660 (red)	2 m cable, PUR, 3 x 0.34 mm <sup>2</sup>	pnp, Light-ON	13	<b>3RG71 34-0AB00</b>
					pnp, Dark-ON	14	<b>3RG71 34-0AA00</b>
					npr, Light-ON	13	<b>3RG71 34-0GB00</b>
					npr, Dark-ON	14	<b>3RG71 34-0GA00</b>
				M12 plug, 4-pole, type F	pnp, Light-ON	13	<b>3RG71 34-3AB00</b>
					pnp, Dark-ON	14	<b>3RG71 34-3AA00</b>
					npr, Light-ON	13	<b>3RG71 34-3GB00</b>
					npr, Dark-ON	14	<b>3RG71 34-3GA00</b>

**Dimension drawings**

**M18 form**



**M18S form**



**ANEXO 4:** Desviador de bolsas.



**ANEXO 5:** Pantalla de SCADA para operación de desviadores

