



**Ministerio de Educación Superior  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad Metalurgia – Electromecánica.**

# Trabajo de diploma

**Trabajo presentado en opción a obtener el título de Ingeniero  
Eléctrico.**

Título: Interface para sistema SCADA en accionamientos con bombas centrífugas.

Autor: Ibey Acosta Hinojosa.

Tutor: Ing. Danny Fonseca Alpajón.

simatic  
SOFTWARE

SIEMENS

## **Pensamiento**

Solo hay un bien mayor el conocimiento, y solo existe un mal mayor la ignorancia.

Sócrates

En lo tocante a la ciencia, la autoridad de un millar no es superior al humilde razonamiento de una sola persona.

Albert Einstein.

## **Dedicatoria**

Cuando logramos la meta deseada y se desea imponer momento de alegría, solo se debe tener presente a aquellas personas que con su dedicación y amor contribuyeron a la realización de esta.

En forma de agradecimiento y virtud del bello esfuerzo de esas personas.

A: (mi esposa e hijas), por la confianza que ha depositado en mí y porque me han servido de apoyo en la vida.

A: (mi madre), por el amor que le tengo y por su incansable lucha ante las dificultades.

A: La memoria de (Wilmer Méndez) nuestro compañero de grupo por cuanto hizo para que este sueño se hiciera realidad, por todo lo que representaba para su vida.

A todas las personas que de una forma u otra me brindaron su ayuda y confiaron en mí en todo momento. A ellas dedico este sueño.

## **Agradecimiento**

Una obra se encuentra culminada solo cuando el conjunto de ideas y arduo trabajo han logrado vencer las adversidades del tiempo. Pero solo con valiosas colaboraciones es posible transitar por un camino de grandes contratiempos. De esta forma les doy mis gratos agradecimientos:

A Dios pues en el encontré fuerzas y un motivo para seguir adelante en esta tarea.

A la Revolución por darme la oportunidad de estudiar.

A mis padres por ser los pilares de mi vida y el vital aliento que me brindaron en todo momento de mi carrera.

A mi esposa e hijas que supieron estar junto a mí en los momentos más difíciles de mi carrera brindándome su incondicional apoyo.

A mi tutor por toda la ayuda que me brindo durante el desarrollo de este trabajo lo que sin el no hubiese sido posible la realización del mismo.

A todos los profesores que en mí formaron a un profesional de estos tiempos y a todos por la ayuda desinteresada que me supieron brindar.

Al taller de instrumentación de la Empresa Comandante Pedro Soto Alba Moa Níquel SA

Al colectivo de desarrollo EMPLeni, y otros En especial a los especialistas de control automático.

A todas esas personas que sus nombres no están en esta página pero siempre estuvieron presente en lo que pudieran ayudarme. A todos Gracias

## **Resumen**

En este trabajo se desarrolla un nuevo sistema de comunicación entre autómatas para realizar un mejor control de los procesos metalúrgicos en la planta de lavaderos de la industria del níquel “Comandante Pedro Sotto Alba”, además de observar un proceso industrial controlado gráficamente a escala mayor.

Para ello se describe el flujo tecnológico correspondiente y se procede a la creación de una interface de programación atendiendo a los parámetros de la misma obteniéndose una regulación continua del proceso.

## **Summary**

In this job a developed new system of communication Between automata to accomplish a better control of the metallurgic processes in the plant of laundry rooms of the industry of nickel commander Pedro Sotto Alba, In addition to observe an industrial process once bigger scale was controlled graphically. For it the technological corresponding flow is described and the programming interface attending to the same obteniéndose's parameters comes from to the creation one a regulation continues of the process.

## Índice general.

Introducción general.	7
<b>Capítulo I: Interfaces para Sistema SCADA.</b>	<b>9</b>
1.1 Generalidades.	9
1.2 Características de los buses de campo.	10
1.3 Tipos de buses de Campo.	11
1.3.1 Profibus. (Bus de Proceso de campo).	11
1.3.2 Can. (Bus de campo sobre ruedas).	13
1.3.3 Ethernet I/P.	14
1.4 Conclusiones parciales.	16
<b>Capítulo II: Sistemas SCADA interconectados entre sí.</b>	<b>17</b>
2.1 Generalidades.	17
2.2 Descripción del flujo tecnológico.	18
2.2.1 Sistema SCADA correspondiente a cada tanque por individual.	19
2.3 Tipos de conexiones empleadas en el SCADA.	20
2.3.1 Conexión de los sistemas mediante buses.	21
2.4 Configuración de la Interface para el sistema SCADA en cada tanque por individual.	22
2.5 Ajuste del CITECT (Scada) para la comunicación.	24
2.5.1 Inserción de las diferentes variables tab que intervienen en la visualización grafica del proceso en la planta.	24
2.6 Programación del PLC a la interfase.	29
2.7 Conclusiones parciales.	42
<b>Capítulo III: Comunicación de los Sistemas SCADA.</b>	<b>43</b>
3.1 Generalidades.	43
3.2 Costos de la instalación.	44
3.3 Impacto social.	45
Conclusiones	46
Recomendaciones	47
Bibliografía	48

## **Introducción general**

La automatización industrial se ha convertido hoy en día en un área en pleno desarrollo y de gran importancia para todos los sectores industriales, ya que permite mejorar la productividad de las empresas, la calidad de sus productos, la flexibilidad y la seguridad laboral. Por ende la comunicación industrial, necesaria en todos los ámbitos de la empresa, es uno de los campos de desarrollo más activos de la automatización.

Las tendencias actuales más importantes en comunicaciones están básicamente focalizadas en el desarrollo del control automático. Este surgimiento ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, en la actualidad el desarrollo del mismo se ha vuelto una parte importante e integral de los procesos modernos industriales. La amplia y progresiva implantación de automática, control y mejora de la eficiencia de los procesos productivos constituyen la base del presente estudio.

Nuestro trabajo está enfocado a realizar un mejor estudio del funcionamiento y control de las interfaces de comunicación que rigen los accionamientos eléctricos, de manera específica el diseño de una interface para el monitoreo control y supervisión de accionamientos eléctricos en la Planta de Lavaderos “Moa Niquel.SA” asistidos por PLC.

## **Problema**

La ausencia de una mejor interface de comunicación para el monitoreo, control y supervisión de accionamientos eléctricos, asistidos por PLC en la Planta de Lavaderos “Moa Niquel.SA”.

## **Hipótesis**

Con la identificación de las variables que corresponden al proceso y los diferentes protocolos de comunicación que existen para la automática es posible elaborar una mejora de la interface que supervisa y controla estos sistemas automátatas.

## **Objetivos**

Realizar una mejora de interface [PC – HMI – PLC] para el monitoreo, control y la supervisión de accionamientos eléctricos destinados a controlar un proceso metalúrgico a partir de varios criterios de diseño SCADA (Supervisión Control y Adquisición de Datos) conocidos.

## **Resultados Esperados**

- Ofrecer una mejora de la interface para el monitoreo, control y supervisión de los accionamientos a partir de varios criterios utilizados internacionalmente.
- Brindar una base experimental bien ordenada que permita elaborar un sistema para la supervisión de los accionamientos.

# CAPÍTULO I

## Capitulo: 1 Interfaces para Sistemas SCADA.

### 1.1 Generalidades.

En la actualidad la mayoría de los sistemas industriales automatizados transmiten sus variables mediante un bus de campo, el cual tiene la tarea de transportar señales eléctricas correspondientes a una o varias mediciones en un instante de tiempo. Estas señales eléctricas viajan por cables apantallados los cuales tienen la tarea de transmitir o recibir los paquetes de datos.

La tecnología desarrollada por Siemens posibilita la interconexión, a través de parámetros, de variables digitales y/o analógicas entre sí y con bloques funcionales lógicos, matemáticos y de tiempo. Esta funcionalidad integrada permite implementar múltiples aplicaciones, otorgando al usuario una gran versatilidad para solucionar tareas que, de otra manera, requerirían de un controlador externo.

## 1.2 Características de los buses de campo.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs/PACs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos será capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

<b>NORMALIZACIÓN</b>	<b>ESPECIFICACIÓN DEL BUS SIEMENS</b>
Equipos	32 como máximo
Velocidad de transferencia	19,2Kbit/s, 187,5Kbit/s ó 12Mbit/s
Soporte de transmisión	Cable bifilar apantallado, fibra óptica (vidrio o plástico)
Extensión de la red	Longitud de segmento 50m, vía
Topología	Eléctrica: Línea Óptica, Árbol, estrella, anillo.
Formato de datos	8 bit, 12 bit
Modo de transmisión	serie asíncrono
Alimentación	+24 V $\pm$ 25 % del autómatas o fuente externa.
Conector	SUB-D 9-pines

Tabla 1: Datos técnicos.

## 1.3 Tipos de buses de Campo.

### 1.3.1 Profibus. (Bus de Proceso de campo)

Profibus tiene, conforme al estándar, cinco diferentes tecnologías de transmisión, entre las que se encuentran que son identificadas como:

- RS-485. Utiliza un par de cobre trenzado apantallado, y permite velocidades entre 9.6 kbps y 12 Mbps. Hasta 32 estaciones, o más si se utilizan repetidores.
- MBP. Manchester Coding y Bus Powered, es transmisión sincrónica con una velocidad fija de 31.25 Kbps.
- Fibra óptica. Incluye versiones de fibra de vidrio multi modo y mono modo, además de fibra plástica.

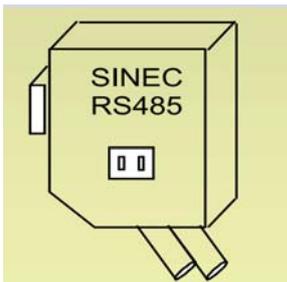


Fig. 1 Conector profibus.

## Comunicaciones

Desde el punto de vista del control de las comunicaciones, el protocolo Profibus es maestro esclavo, pero permite varias aplicaciones como:

- Aplicaciones mono maestro. Un sólo maestro está activo en el bus, usualmente un [PLC](#) Los demás dispositivos son esclavos. Este esquema es el que permite los ciclos de lectura más cortos.
- Aplicaciones multi maestro. Permite más de un maestro. Pueden ser aplicaciones de sistemas independientes, en que cada maestro tenga sus propios esclavos. U otro tipo de configuraciones con dispositivos de diagnóstico y otros.

En un ambiente multi maestro, pueden haber dos tipos de maestros:

- DPM1. DP Master Class 1. Es un controlador central que intercambia información con sus esclavos en forma cíclica. Típicamente un PLC.
- DPM2. DP Master Class 2. Son estaciones de operación, configuración o ingeniería. Tienen acceso activo al bus, pero su conexión no es necesariamente permanente.

### **Características:**

- Velocidades de transmisión:

9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500, 1500, 3000, 6000 y 12000 Kbps.

- Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
- Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm de diámetro):

Hasta 93.75 KBaudios: 1200 metros.

Hasta 187.5 KBaudios: 600 metros.

Hasta 500 KBaudios: 200 metros.

- Estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
- Conexiones de tipo bidireccionales, multicast o broadcast.

## **Terminadores de bus**

La instalación de un cableado para una red Profibus DP requiere de un terminador en cada extremo del bus. Según la norma este terminador debe ser activo. No basta una resistencia terminal, sino que se trata de un arreglo de resistencias que están energizadas.

El objetivo de estos terminadores es garantizar un voltaje de referencia en estado inactivo del bus, es decir, sin mensajes, y minimizar las reflexiones de línea. Generalmente uno de los extremos de la red es el maestro Profibus DP, y en ese caso proporcionará uno de los terminadores activos.

El otro extremo del bus tiene dos alternativas. Que el terminador activo sea provisto por el último nodo de la red, o que sea provisto por un terminador externo. La primera opción es muy simple, pero tiene el inconveniente de que si se requiere des energizar el nodo, se perderá la función del terminador activo, comprometiendo con ello la integridad de toda la red. Por ello, puede ser preferible tener la resistencia activa en forma separada, de tal modo de mantenerla siempre energizada, generalmente desde una UPS.

### **1.3.2 Can (Bus de campo sobre ruedas.)**

El sistema de bus CAN (Área de Red de Controladores) fue inicialmente desarrollado por Bosch en cooperación con Intel, para reducir módulos de cables en la industria del Automóvil. Una de las mejores características de este bus es que está perfectamente diseñado para elaborar redes de sensores/actuadores inteligentes en las máquinas.

Cuando se comparan los distintos buses con estos sistemas de bus de campo industrial, se pueden apreciar sorprendentes similitudes:

- Menores costes.
- Funcionalidad segura bajo condiciones ambientales adversas.
- Alta capacidad en tiempo real.
- Sencilla gestión de los datos.

### 1.3.3 Ethernet I/P

Al conectar equipo de red entre sí, debe seguir unas cuantas normas de la red. Éstas se refieren a:

- El número de concentradores (repetidores) que se pueden conectar entre sí.
- La longitud del cable utilizada.
- El tipo de cable utilizado.

Las normas son similares para Ethernet y Fast Ethernet. Si está haciendo una conexión a un concentrador Dual Speed Hub 8, debe consultar las normas Ethernet o de Fast Ethernet, según el tipo de equipo que esté conectando al mismo. Si conecta entre sí dos unidades Dual Speed Hub 8, la conexión es Fast Ethernet.

Tipo de puerto:	Posibilidad de conexión al puerto:		
	10 Base-T (Ethernet)	100 Base-T (Fast Ethernet)	10/100 Base-TX (Ethernet/Fast Ethernet)
10 Base-T (Ethernet)	Si	No	Si
100 Base-TX (Fast Ethernet)	No	Si	Si
10/100 Base-TX (Ethernet/Fast Ethernet)	Si	Si	Si

Tabla 2: La siguiente tabla resume la información descrita en esta sección.

Todos los puertos del concentrador Dual Speed Hub 8 son 10/100 BASE-TX autodetectores, por lo que si usted tiene uno de estos concentradores, puede conectar cualquiera de sus componentes 10 BASE-T y 100 BASE-TX sin sufrir problema alguno de compatibilidad.

## **Normas de Ethernet 10 BASE-T**

- El número máximo de saltos de repetidor es cuatro.
- Puede utilizar cables de par trenzado 10 BASE-T de las Categorías 3 o 5. La longitud máxima de cada cable es de 100m (328 pies).

## **Cable de par trenzado**

El cableado de par trenzado está reemplazando al cableado coaxial. Su utilización está ahora más extendida porque es más fácil de utilizar y más flexible que el cable coaxial. Por ello, la mayoría del equipo de las redes Ethernet de hoy en día tiene conexiones de par trenzado (puertos).

## **1.4 Conclusiones parciales.**

Con el presente trabajo se pretende desarrollar de manera práctica el aprendizaje de los estudiantes sobre el conocimiento y las diferentes formas de implementar el conexionado de los autómatas mediante puertos establecidos según las normas internacionales.

Debe siempre tenerse presente que la utilización de estos dispositivos está encaminado a controlar parámetros en un proceso.

Finalmente digamos que muchas veces el criterio de selección entre el uso de los distintos sistemas automáticos pasa fundamentalmente por una consideración de tipo económico/beneficios. De ahí que su selección y utilización está dada de forma que pueda optimizarse el uso de los equipos y el consumo de energía.

# CAPÍTULO II

## Capítulo II: Sistemas SCADA interconectados entre sí.

### 2.1 Generalidades.

Los sistemas SCADA utilizan la computadora y tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, mejorando la eficacia del proceso de monitoreo y control, proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Otra forma de automatización que involucra computadoras es la prueba de automatización, donde las computadoras controlan un equipo de prueba automático que es programado para simular seres humanos que prueban manualmente una aplicación.

## 2.2 Descripción del flujo tecnológico.

En nuestro flujo tecnológico tenemos 10 tanques no presurizados los cuales se encuentran en serie respectivamente, además de haber bombas centrífugas conectadas entre cada uno de ellos y llaves de paso manuales. En dicho tanques se realiza el proceso tecnológico de lavado del mineral.

El mineral llega saturado de ácido sulfúrico y se le agita mediante rastrillos para bajar la concentración del mismo. Además también se le adiciona floculante para lograr que la mezcla sedimente rápido y el licor rico en níquel y cobalto ascienda a la superficie de los tanques para ser bombeado. El sistema de bombeo acciona proporcionalmente a la densidad de la mezcla que tenga la pulpa.

Los agitadores están constantemente agitando la mezcla para sedimentarla.

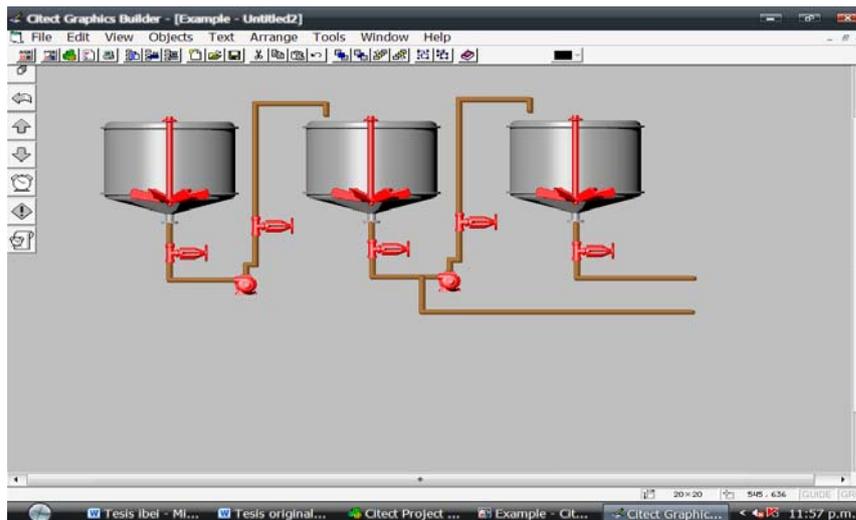


Fig. 2 Visualización gráfica del proceso.

Implementaremos el control de llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento de la planta en proceso de automatización, así como las respectivas variables que intervienen en dicho proceso. Estas variables se regularan mediante el control de lazo cerrado y control multivariable.

## 2.2.1 Sistema SCADA correspondiente a cada tanque por individual.

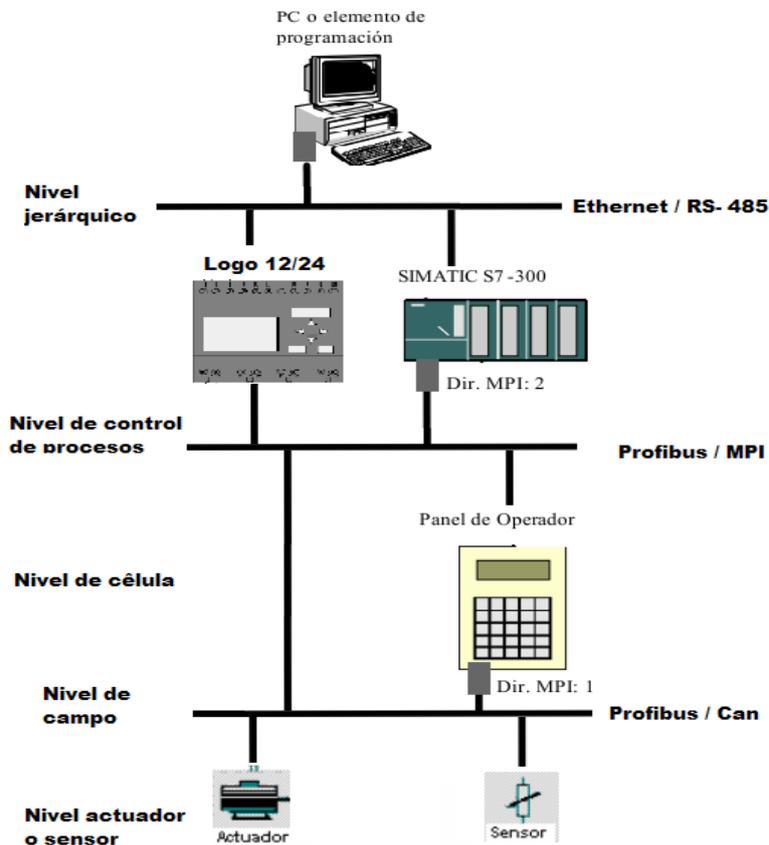


Fig. 3 Jerarquía de niveles en la tecnología de automatización.

### Fundamento teórico:

En este diagrama se sintetiza el control de lazo cerrado y el control multivariable asociados a una interfaz máquina hombre (HMI)

Las interfaces Hombre-Máquina (HMI) o interfaces Hombre-Computadora (CHI), formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLCs y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear variables para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma.

El control de las diferentes variables se integra como un todo en el control del proceso en la planta a controlar. Se integra el control como un todo para garantizar alta confiabilidad del sistema así como la detección de fallas en lugares muy precisos.

### 2.3 Tipos de conexiones empleadas en el SCADA.

En los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) existen diferentes conexiones empleadas para conectar los diferentes dispositivos que integran la misma. Estos deben cumplir requisitos estándares entre sí.

#### Conexión propuesta entre los autómatas.

Se configura una red MPI (Interface multi Punto) en la cual pueden conectarse hasta 32 equipos diferentes. Esta utiliza un cable de 2 hilos apantallado con una longitud máxima de 50 metros. Esta red se puede estructurar de forma lineal o en árbol.

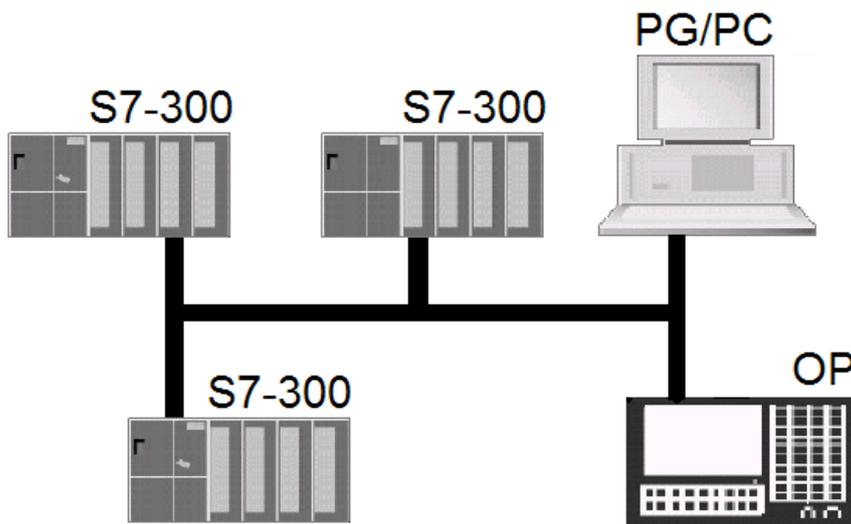


Fig. 4 Red MPI configurada.

### 2.3.1 Conexión de los sistemas mediante buses.

Se procede a la conexión de la red mediante un bus Profibus-DP (Bus de proceso de campo). Este ofrece grandes ventajas a la hora de atender diferentes dispositivos conectados entre sí controlando múltiples variables. Además está diseñado para el intercambio de datos entre dispositivos multimaestro (redes con más de un elemento en el nivel jerárquico).

<b>COMPARACIÓN PROFIBUS/MPI</b>		
	<b>PROFIBUS</b>	<b>MPI</b>
Aplicación	Pequeñas redes de célula y conexión de equipos de campo.	Conexión de PG.
Diseño	La cantidad de nodos no depende del tipo de CPU.	La cantidad de nodos depende del tipo de CPU.
Aislamiento eléctrico	Si	No
Velocidad	Hasta 12 Mbit/s	Máx. 187.5 Kbit/s
Protocolos	FMS, DP, SD/RCV, Comunicación S7	Comunicación S7
Interfaces	Tarjeta CP(Conector PCI)	Integrado
Nro. De nodos máx./típico	127/2-16	32/2-10

Tabla 3: La siguiente tabla muestra una comparación MPI/ profibus.

#### Ventajas del bus de proceso de campo.

- El intercambio puede llevarse a cabo por medio de un mecanismo estándar.
- Flexibilidad de extensión.
- Conexión de módulos diferentes en una misma línea.
- Posibilidad de conexión de dispositivos de diferentes procedencias.
- Reducción masiva de cables y costo asociado.

## Desventajas del bus de proceso de campo.

- Necesidad de conocimientos superiores.
- Inversión de instrumentación y accesorios de diagnóstico.
- Costos globales inicialmente superiores.

## 2.4 Configuración de la interface para el sistema SCADA en cada Tanque por individual.

El puerto Utilizado en nuestro trabajo por la interface Citect SCADA con el PLC es el MPI-DP/ RS232 la cual dispone de velocidad ajustable para realizar la programación.

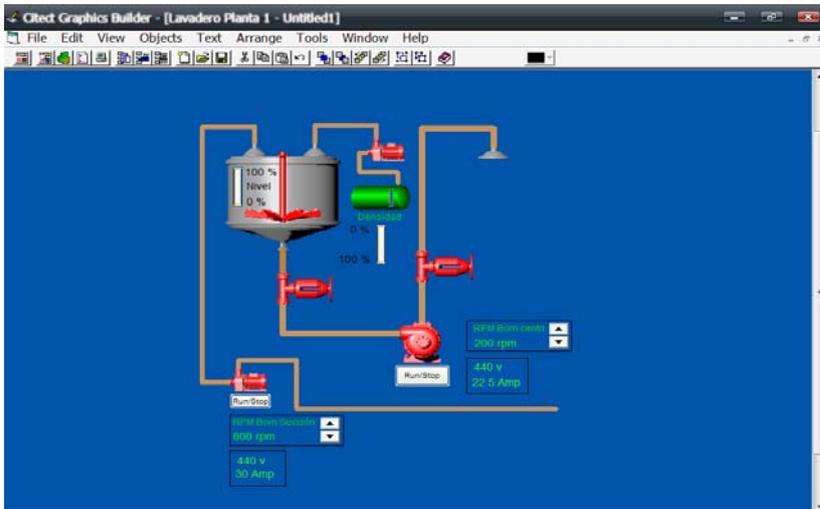


Fig. 5 Visualización grafica del proceso en un tanque.

### **Esta interface automática consta de los siguientes elementos:**

- Dos sensores/actuadores de salida de datos.
- Un nodo de 8bits entrada/salida de usuario.
- Configuración en árbol.

### **Interface Multipunto (M.P.I.)**

Todas las CPUs (312, 313, 314, 315 y 315 -2DP) lo incorporan desde fábrica. Con éste puerto se puede comunicar fácilmente a distancias reducidas sin requerir módulos adicionales, por ejemplo hacia equipos de M+V (manejo + visualización).

Se pueden enviar datos a 4 distintos aparatos al mismo tiempo y utilizando siempre el mismo puerto a una velocidad de 187,5 Kbits / seg o 187,5 Kbaudios. Para pequeñas redes de comunicación o pequeños volúmenes de datos la CPU ofrece el servicio de Datos Globales, que permite intercambiar cíclicamente cantidades de datos en paquetes de hasta 22 bytes como máximo.

Distancia máxima entre dos estaciones o nudos de red de MPI adyacentes: 50 metros (sin repetidores); 1100 metros (con dos repetidores); 9100 metros (con más de 10 repetidores en serie); por encima de los 500 Klm. (cable de fibra óptica, con módulos de conexión ópticas)

## 2.5 Ajuste del CITECT (SCADA) para la comunicación.

### 2.5.1 Inserción de las diferentes variables tag que intervienen en la visualización gráfica del proceso en la planta.

Las variables tag. son las variables por la cual se rige el sistema gráfico de monitoreo y control. Estas variables son definidas en cuanto a la cantidad de elementos que se quiera visualizar de forma gráfica en el proceso.

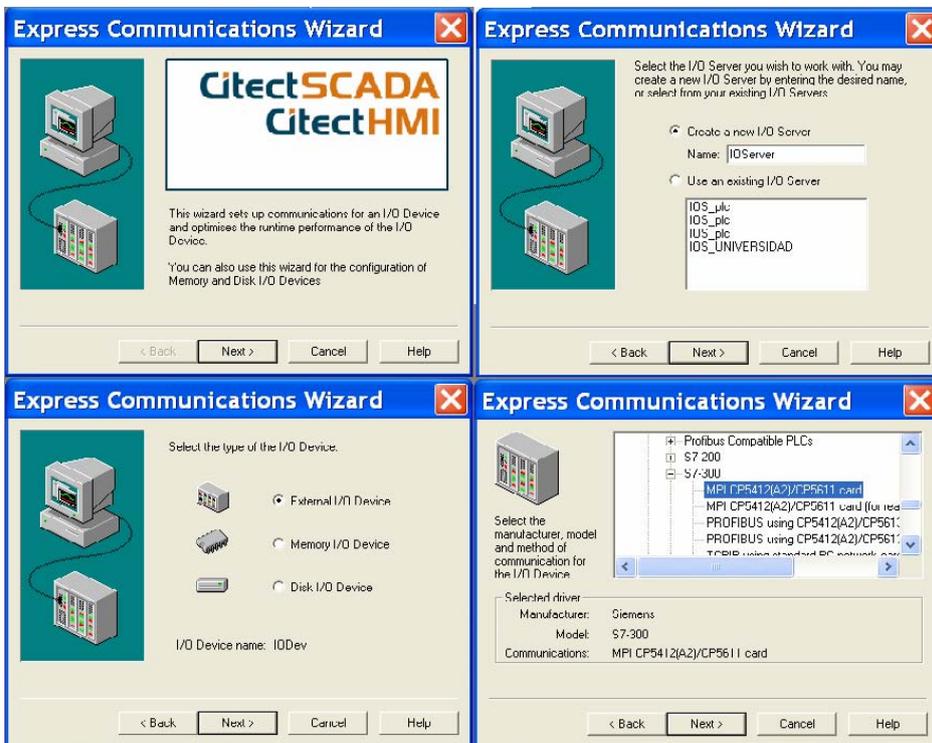


Fig. 6 Ventana citect para la configuración del SCADA.

## Declaración de variables tag.



Fig. 7. Etiqueta para declarar las variables tag CITECT.

- Nombre de etiqueta variable: Es el nombre del elemento a visualizar.
- Nombre del dispositivo de entrada y salida: Dispositivo mediante el cual se establece la comunicación.
- Dirección: Dirección de almacenamiento de la variable en el PLC.
- Unidades de ingeniería: Unidades de medidas de las diferentes variables físicas u eléctricas, ejemplo Amper(A), voltaje (V), kilogramos (Kg.). etc.
- Comentario: Descripción específica del funcionamiento como variable.
- Tipo de datos: Dato físico que corresponde a la variable.
- Formato: Cantidad de dígitos mostrados en el display que censa dicha variable, ejemplo #, ##, ### etc.

#### Tag 1

Nombre de etiqueta variable: válvula neumática 1.  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.1  
Unidades de ingeniería: No  
Comentario: Abrir o cerrar salida tanque 1.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: # (un dígito "0", "1")

#### Tag 2

Nombre de etiqueta variable: válvula neumática 2.  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.2  
Unidades de ingeniería: No  
Comentario: Abrir o cerrar salida tanque 1.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: # (un dígito "0", "1")

#### Tag 3

Nombre de etiqueta variable: válvula neumática 3.  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.5  
Unidades de ingeniería: No  
Comentario: Abrir o cerrar floculante de tanque 2.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: # (un dígito "0", "1")

#### Tag 4

Nombre de etiqueta variable: Nivel alto tanque 1  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: E0.1  
Unidades de ingeniería: Por ciento (%)  
Comentario: Medición de nivel en porcentaje.  
Tipo de datos: Real (0-100)  
Formato: # # # (tres dígito)

#### Tag 5

Nombre de etiqueta variable: Nivel alto tanque 2  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: E0.3  
Unidades de ingeniería: Por ciento (%)  
Comentario: Medición de nivel en porcentaje.  
Tipo de datos: Real (0-100)  
Formato: # # # (tres dígito)

#### Tag 6

Nombre de etiqueta variable: Motor agitador 1.  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.0  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Arranque de motor.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: # (un dígito "0", "1")

#### Tag 7

Nombre de etiqueta variable: Motor agitador 2.  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.4  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Arranque de motor.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: # (un dígito "0", "1")

#### Tag 8

Nombre de etiqueta variable: Stop motor 1  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: E0.2  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Parada de la bomba.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: #(un dígito "0", "1")

## Tag 9

Nombre de etiqueta variable: Stop motor 2  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: E0.4  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Parada de la bomba.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: #(un dígito "0", "1")

## Tag 10

Nombre de etiqueta variable: motor 1A  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.3  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Arranque de motor.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: #(un dígito "0", "1")

## Tag 11

Nombre de etiqueta variable: motor 2A  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.6  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Arranque de motor.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: #(un dígito "0", "1")

## Tag 12

Nombre de etiqueta variable: motor 2B  
Nombre del dispositivo de entrada y salida: IODev\_plc  
Dirección: A0.7  
Unidades de ingeniería:  
Comentario: Arranque de motor.  
Tipo de datos: Digital.  
Formato: #(un dígito "0", "1")

## 2.6 Programación del PLC a la interface.

El hardware que se utiliza para la adquisición de datos es el PLC S7-300 de Siemens con sus módulos de tarjetas analógicas y digitales.



Fig. 8. CPU 315 2-DP

Esta CPU es por tanto suficiente como elemento de formación, disponiendo de las siguientes características:

- 16K de instrucciones. 48K de memoria de trabajo 80K de espacio disponible.
- 1024 Bytes de Entradas/Salidas Digitales.
- 128 Bytes de Entradas/Salidas Analógicas.
- 0,3 ms / 1K instrucciones.
- 64 contadores.
- 128 temporizadores.
- 2048 bits de Marcas.

Las tarjetas a utilizar en nuestro trabajo para la adquisición y salidas de datos del PLC son las siguientes.

**Módulo de entradas digitales SM 321; DI 16 x AC 120/230 V (6ES7321-1FH00-0AA0)**

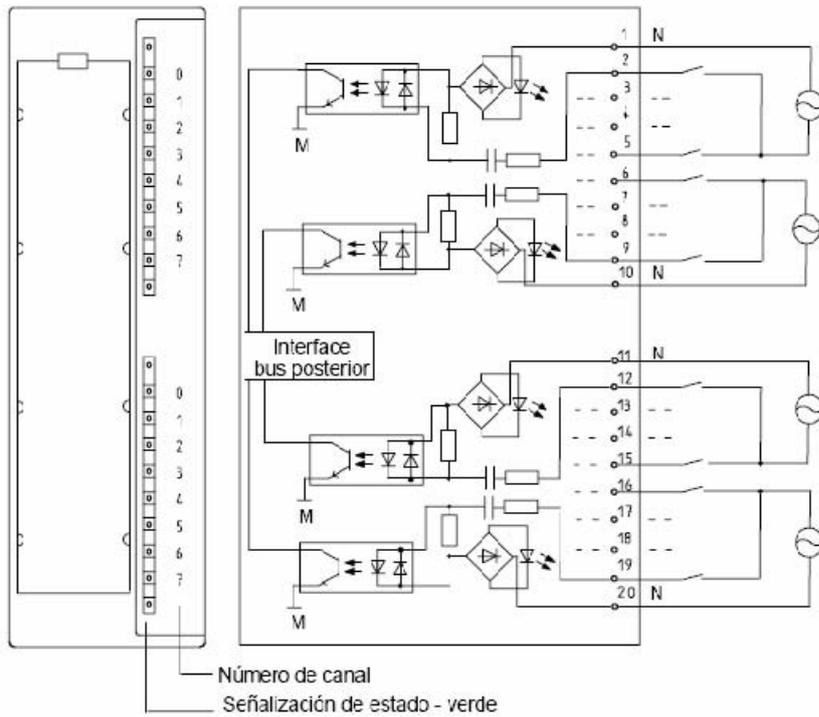


Fig. 9. Módulo de entrada digital.

**Estados, alarmas y diagnóstico.**

- Señalización de estado..... un led verde por canal.
- Alarmas..... ninguna.
- Funciones de diagnóstico..... ninguna.

## Datos para selección de un sensor.

### Tensión de entrada.

Valor nominal.....120/230 V a.c.  
Para señal "1" .....79 a 264 V  
Para señal "0".....0 a 40 V

Margen de frecuencia 47 a 63Hz

### Corriente de entrada.

Con señal "1"  
120 V, 60 Hz.....typ. 8,0mA  
230 V, 50 Hz.....typ. 16,0mA

### Retardo de entrada.

De "0" a "1".....máx. 25ms

De "1" a "0".....máx. 25ms

Característica de entrada según CEI61131, tipo 1      Conexión de BERO a 2  
hilos.....posible

**Módulo de salidas digitales SM 322; DO 16 x AC 120/230 V/1 A; (6ES7322-1FH00-0AA0)**

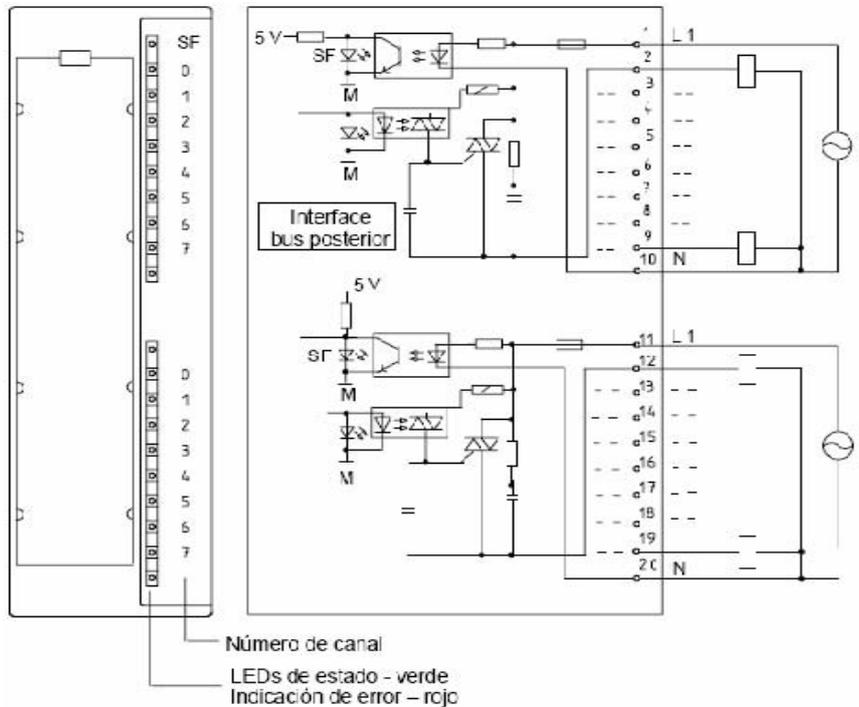


Fig. 10. Módulo de salida digital.

**Estados, alarmas y diagnóstico.**

Señalización de estado.....un led verde por canal.

**Alarmas.**

Alarma de diagnóstico.....no.

**Funciones de diagnóstico.**

Indicador fallo colectivo.....Led rojo.

**Datos para la selección de un actuador.**

**Tensión de salida.**

Con señal "1".....mín. L+(-0,8 V)

### **Corriente de salida.**

Con señal "1" Valor nominal

1(A) Margen admisible para 0°C a 40°C

10 (mA) a (1A) Margen admisible para 0°C a 60°C

10 (mA) a (0,5A) Corriente de choque admisible (por grupo).....máx. 20A (con 2 semiondas).

Con señal "0" (intensidad residual).....máx. 2mA

### **Conexión en paralelo de 2 salidas.**

Para mando redundante de una carga.....(solo salidas del mismo grupo)

Para elevación de potencia.....no.

Activación de una entrada digital.....posible.

### **Frecuencia de conmutación.**

Para carga óhmica.....máx. 10Hz

Para carga inductiva, según CEI947-5-1,AC 15

Para carga de lámparas.....máx. 1Hz

Para programar el PLC es necesario configurarle la comunicación para la interfaz con el PC además de los diferentes tipos de módulos a usar en la entrada o salida de datos con la periferia.

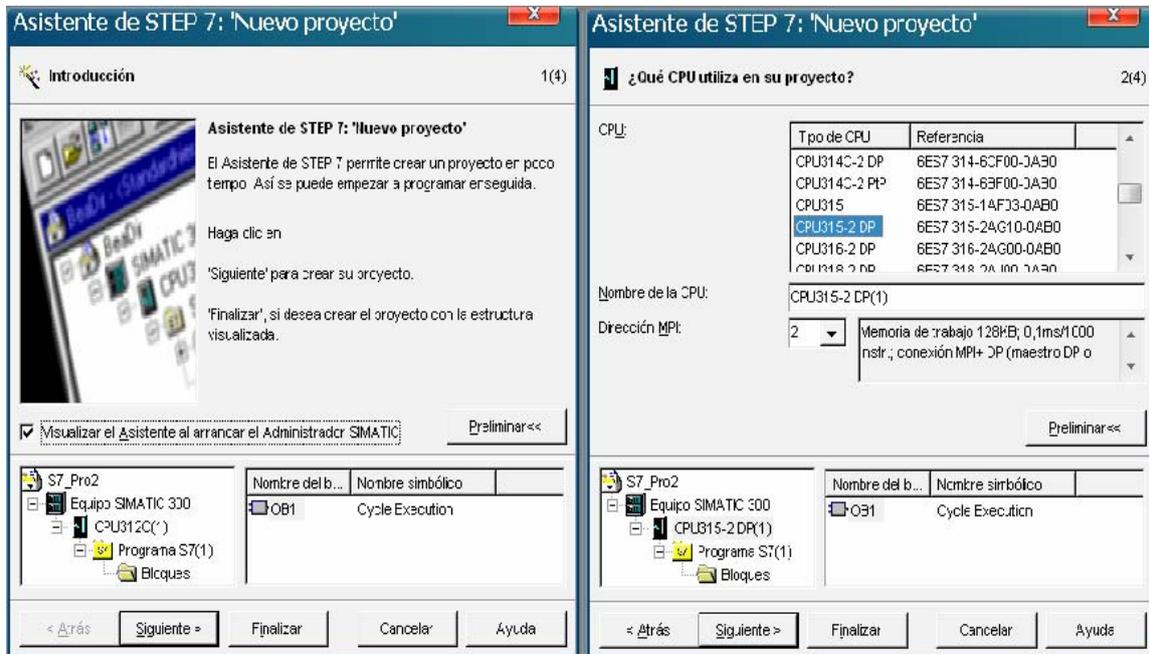


Fig. 11 Ventana STEP 7 para programar el PLC.

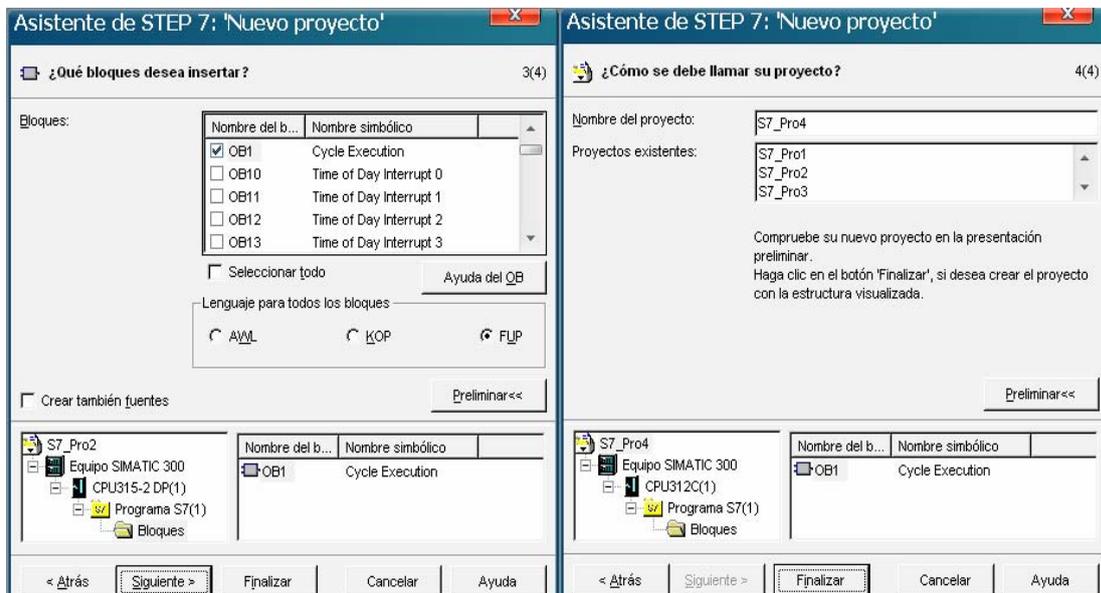


Fig. 12 STEP 7 para programar el PLC.

Una vez configurado nuestro proyecto procedemos a configurar la interface de programación.

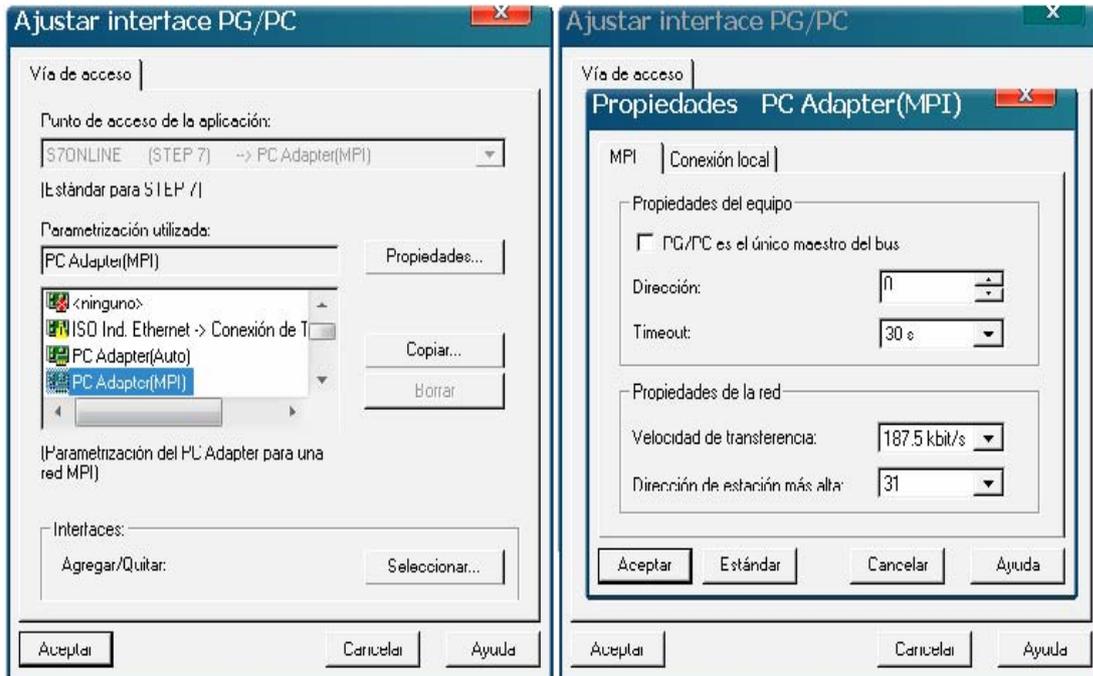


Fig. 13 STEP 7 para ajustar la interfase al PLC.

Declaración de bloques programados en el PLC.

BLOQUES DE ORGANIZACIÓN (OB).

### **Modo de funcionamiento del OB1:**

El OB 1 presenta la prioridad más baja de todos los OBs sometidos a vigilancia en lo que respecta a su tiempo de ejecución. Con excepción del OB 90, todos los demás OBs pueden interrumpir la ejecución del OB 1. Los eventos siguientes dan lugar a que el sistema operativo llame al OB 1:

Datos locales de OB1.

Variable	Tipo de datos	Descripción
OB1_EV_CLASS	BYTE	Clase de evento e identificadores: B#16#11: activo
OB1_SCAN_1	BYTE	B#16#01: Conclusión del re arranque completo (arranque en caliente).
		B#16#02: Conclusión del re arranque.
		B#16#03: Conclusión del ciclo libre.
		B#16#04: Conclusión del  arranque en frío.
		B#16#05: Primer ciclo del OB1 de la nueva CPU maestra tras la conmutación del maestro de reserva y el STOP de la antigua CPU maestra.
OB1_PRIORITY	BYTE	Prioridad: 1
OB1_OB_NUMBR	BYTE	Número de OB (01).
OB1_RESERVED_1	BYTE	Reservado.
OB1_RESERVED_2	BYTE	Reservado.
OB1_PREV_CYCLE	INT	Tiempo de ejecución del ciclo anterior (ms).
OB1_MIN_CYCLE	INT	Tiempo de ciclo mínimo (ms) desde el último arranque.
OB1_MAX_CYCLE	INT	Tiempo de ciclo máximo (ms) desde el último arranque.
OB1_DATE_TIME	DATE_AND_TIME	Fecha y hora a las que se solicitó el OB.

Tabla. 4 La tabla siguiente contiene las variables temporales (TEMP) del OB 1.

### **Modo de funcionamiento del OB80:**

El sistema operativo de la CPU llamará al OB 80 cuando en la ejecución de un OB surja uno de los siguientes errores: se ha excedido el tiempo de ciclo, error de acuse en el procesamiento de un OB, adelanto de la hora (salto horario) para el arranque de un OB, regreso a RUN después de CiR. Si surge por ejemplo un evento de arranque de un OB de alarma cíclica antes de haber concluido la ejecución anterior de este mismo OB, el sistema operativo llama entonces al OB 80. Si el OB 80 no ha sido programado, la CPU pasa al estado operativo STOP.

Con ayuda de las SFCs 39 a 42 puede bloquearse o retardarse y habilitarse de nuevo el OB de error de tiempo.

Datos locales del OB 80 de error de tiempo.

<b>Variable</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Descripción</b>
OB80_EV_CLASS	BYTE	Clase de evento e identificadores: B#16#35
OB80_FLT_ID	BYTE	Código de error (valores posibles: B#16#01, B#16#02, B#16#05, B#16#06, B#16#07, B#16#08, B#16#09, B#16#0A, B#16#0B)
OB80_PRIORITY	BYTE	Prioridad: el OB se ejecuta en RUN con la prioridad 26 y, en caso de rebase por exceso del búfer de petición, con la prioridad 28
OB80_OB_NUMBR	BYTE	Número de OB (80).
OB80_RESERVED_1	BYTE	Reservado.
OB80_RESERVED_2	BYTE	Reservado.
OB80_ERROR_INFO	WORD	Información de error: depende del código de error.
OB80_ERR_EV_CLASS	BYTE	Clase del evento que ha activado el error.
OB80_ERR_EV_NUM	BYTE	Número del evento que ha activado el error.
OB80_OB_PRIORITY	BYTE	Información de error: depende del código de error.
OB80_OB_NUM	BYTE	Información de error: depende del código de error.
OB80_DATE_TIME	DATE_AND_TIME	Fecha y hora a las que se solicitó el OB.

Tabla. 5 La tabla siguiente contiene las variables temporales (TEMP) del OB de error de tiempo.

### **Modo de funcionamiento del OB87:**

El sistema operativo de la CPU llama al OB 87 cuando se produce un evento activado por un error de comunicación.

Si no ha programado el OB 87 y aparece un evento de arranque para el OB 87, la CPU se comportará como sigue:

Una CPU S7-300 cambiará al estado operativo STOP.

Datos locales del OB 87 de error de comunicación.

Variable	Tipo de datos	Descripción
OB87_EV_CLASS	BYTE	Clase de evento e identificadores: B#16#35
OB87_FLT_ID	BYTE	Código de error
		(valores posibles: B#16#D2, B#16#D3, B#16#D4, B#16#D5, B#16#E1, B#16#E2, B#16#E3, B#16#E4, B#16#E5, B#16#E6)
OB87_PRIORITY	BYTE	Prioridad; parametrizable con STEP 7 (HW Config)
OB87_OB_NUMBR	BYTE	Número de OB (87)
OB87_RESERVED_1	BYTE	Reservado
OB87_RESERVED_2	BYTE	Reservado
OB87_RESERVED_3	WORD	En función del código de error
OB87_RESERVED_4	DWORD	En función del código de error
OB87_DATE_TIME	DATE_AND_TIME	Fecha y hora a las que se solicitó el OB

Tabla 6. Variables temporales (TEMP) del OB de error de comunicación.

### **Modo de funcionamiento del OB121:**

El sistema operativo de la CPU llama al OB 121 cuando aparece un evento activado por un error durante la ejecución del programa. Así por ejemplo, si dentro del programa se llama a un bloque que no fue cargado en la CPU, el OB 121 será invocado.

### **Modo de funcionamiento del OB 121 de error de programación.**

El OB 121 funciona en la misma prioridad que el bloque que ha sido interrumpido. Si no está programado el OB 121, la CPU pasará de RUN a STOP.

S7 dispone de las SFCs siguientes que permiten enmascarar y desenmascarar eventos de arranque del OB 121, mientras se ejecuta el programa:

### **Modo de funcionamiento del OB122:**

El sistema operativo de la CPU llama al OB 122 cuando aparece un error al acceder a datos de un módulo. Cuando por ejemplo, la CPU reconoce un error de lectura al acceder a datos de un módulo de señales, el sistema operativo llama entonces al OB 122.

### Modo de funcionamiento del OB 122 de error de acceso a la periferia.

El OB 122 funciona en la misma prioridad que el bloque interrumpido. Si el OB 122 no está programado, la CPU cambiará el estado operativo de RUN a STOP.

Variable	Tipo de datos	Descripción
OB122_EV_CLASS	BYTE	Clase de evento e identificadores: B#16#29
OB122_SW_FLT	BYTE	Código de error.
		B#16#42: error de acceso a la periferia, en lectura.
		B#16#43: error de acceso a la periferia, en escritura.
OB122_PRIORITY	BYTE	Prioridad:
		Prioridad del OB en el que ha aparecido el error.
OB122_OB_NUMBR	BYTE	Número de OB (122)
OB122_BLK_TYPE	BYTE	Tipo de bloque en el que ha aparecido el error (B#16#88: OB, B#16#8C: FC, B#16#8E: FB) (en los S7-300 aquí no se registran valores válidos)
OB122_MEM_AREA	BYTE	Área de memoria y tipo de acceso:
		• Bits 7 a 4: tipo de acceso.
		-0: Acceso a bit.
		-1: Acceso a byte.
		-2: Acceso a palabra.
		-3: Acceso a palabra doble.
		• Bits 3 a 0: área de memoria.
		-0: Área de periferia.
-1: Imagen del proceso de las entradas.		
-2: Imagen del proceso de las salidas.		
OB122_MEM_ADDR	WORD	Dirección en la memoria en la que ha aparecido el error.
OB122_BLK_NUM	WORD	Número del bloque con el comando MC7 causante del error (en los S7-300 aquí no se registran valores válidos).
OB122_PRG_ADDR	WORD	Dirección relativa del comando MC7 causante del error (en los S7-300 aquí no se registran valores válidos).
OB122_DATE_TIME	DATE_AND_TIME	Fecha y hora a las que se solicitó el OB.

Tabla. 7 La tabla siguiente contiene las variables temporales (TEMP) del OB de error de acceso a la periferia.

Programa realizado en STEP 7 para realizar el control automático correspondiente al tanque 1 en la planta de Lavadero. " Moa Níquel SA. "

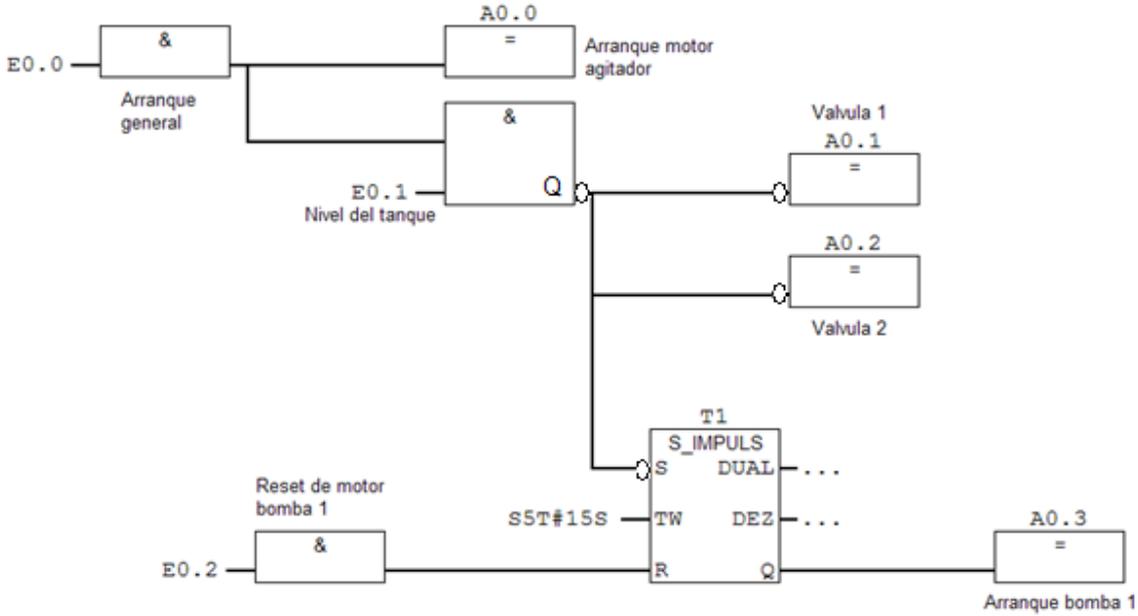


Fig. 14. Programación Tanque 1

Programa realizado en STEP 7 para realizar el control automático correspondiente al tanque 2 en la planta de Lavadero. " Moa Níquel SA. "

Todos los tanques a continuación de este tienen que llevar la misma programación puesto que es una regulación continua y en ellos se realiza el mismo proceso.

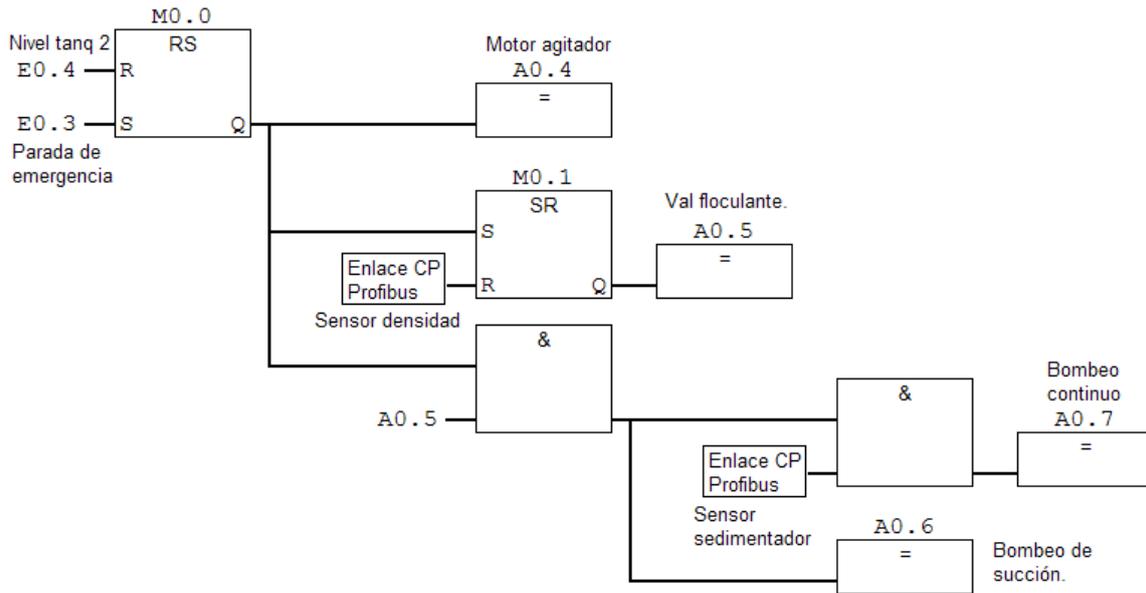


Fig. 15. Programación Tanque 2.

## **2.7 Conclusiones parciales.**

Desde el desarrollo industrial, la supervisión gráfica de la producción ha sido una de las ideas en la que más se ha trabajado por los diferentes departamentos de una empresa. La supervisión inicialmente era sinónimo del control de la producción, Esta se inició realizando formación técnica al personal que trabaja en las diferentes industrias. Posteriormente cuando nos acercamos a los tiempos modernos esta similitud entre supervisión y control se distancia, sobre todo con la llegada de la automatización.

En la industria, ahora el control de la producción en primer plano lo realizan las máquinas enviando al hombre al concepto actual de supervisión. El hombre ya no controla de forma directa la máquina sino que supervisa que esta no entre en error, en fallo o en estado crítico. En ese momento es cuando se pasa a lo que ya definimos como el control manual, en ese momento el hombre realiza realmente el control directo sobre la máquina.

## **Capítulo III: Comunicación de los sistemas SCADA.**

### **3.1 Generalidades.**

Uno de los puntos más preocupantes hoy en día a la hora de seleccionar la instrumentación de control de una planta o proceso es su encarecido costo. Esto conlleva a seleccionar los Instrumentos de control con mayor fiabilidad y reducidos costes tanto del equipamiento como de su mantenimiento periódico. Una vez ajustados precio y calidad se debe garantizar el mayor tiempo de explotación del mismo para obtener las mayores ganancias posibles, esto se debe a que realizando un cambio de tecnología anual los costos de producción se elevarían a raíz de este.

### 3.2 COSTOS DE LA INSTALACIÓN.

Cuando se quiere automatizar un proceso industrial de gran magnitud se debe conocer los costos de producción así como el de los autómatas y sus transductores para realizar posteriormente la valoración técnica económica.

<b>Costo de la instalación.</b>			
Equipos y personal	Cantidad	Precio en Franco Canadiense	Precio en CUC
PC	1	1200	1300
CPU del PLC	1	4885	4900
Tarjeta profibus	1	2000	2030
Tarjeta DI	1	263	279
Tarjeta DO	3	401	420
Rail	1	41	50
Conector de 20(PLC)		32	38
Conector de 40(PLC)		51	59
Conector de Bus		69	75
PS 24		213	240
Cable de señal analógico. (PLC)	1(m)		0.23
Cable de señal para tarjeta profibus.	1(m)		2.93
Cable eléct. # 16	1(m)	-	0.39
Interruptor automático.	4	-	53.04
Sensor de nivel	1	-	100
Licencia de programa STEP 7 V5.4		-	-
Licencia de programa CITECT (llave).	1	-	2000
Ing. de montaje automático.	2	-	71
Obrero operador	1	-	50
Obrero supervisor	1	-	52
Tanques	3	-	-
Botones pulsadores			6.65
Electro válvulas			
UPS para PLC	3	-	100

Tabla 8. Precio de la instrumentación.

Es necesario cuando se quiere implementar el control automático de proceso que todos los componentes del sistema estén calculados lo mejor posible para que a la hora de realizar el montaje no existan complicaciones por parte del equipo o sea que esté fuera de rango o mal calibrado puesto que si se incurre en uno de estos las pérdidas podrían ser alentadoras.

### **3.3 Impacto social.**

Este proyecto más que un gran impacto económico tiene como objetivo proyectarse en el aprendizaje de los futuros ingenieros así como ampliar sus conocimientos en el mundo del control automático como aplicación de mayor peso en la industria en desarrollo, además de comprender cuán necesario es mejorar tiempos, efectividad y la sustitución de la mano de obra.

Desde el inicio mismo del desarrollo del Control Automatizado, uno de los principios básicos de la automatización de sistemas y procesos radica en la comunicación que debe existir entre el hombre y una máquina, un equipo o una computadora, ésta interface hombre – máquina forma una parte importante e integral de los procesos modernos industriales.

Para ello fueron desarrollándose diferentes técnicas para la interconexión de equipos y para el control de procesos mediante buses, de modo que la forma en que el usuario se comunica con una aplicación para solicitar los recursos del sistema constituye la interfaz del mismo.

La interfaz en los procesos de automatización y control de sistemas es particularmente importante para establecer una comunicación amigable y lo más cómoda posible entre el usuario de la computadora y la aplicación o proceso, permitiendo de manera simple la toma de información del sistema e interactuar con el mismo.

## CONCLUSIONES

- 1- En el departamento de los especialistas en automática de la Empresa “Comandante Pedro Sotro Alba MOA NÍQUEL.SA” se realizaron las pruebas físicas verificándose que los datos mostrados en la tesis (programa CITECT, programa STEP 7, Bloque declarado para la regulación) son verídicos y compilan en sus respectivos programas.
- 2- Se realizó una prueba verificándose por qué el regulador continuo es más eficiente que los demás contenidos en el programa Step 7.
- 3- Se pudo llegar a la conclusión de que el proceso que esta siendo supervisado y monitoreado en tiempo real facilita la corrección del error por parte del hombre y garantiza un mejor estudio del comportamiento del mismo así como las tendencias históricas.

## RECOMENDACIONES

1- Que el presente trabajo constituya un material didáctico de consulta donde los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica del ISMM y profesores interesados en el tema puedan desarrollar y ampliar sus conocimientos acerca del mundo del control automático.

2- Este proyecto da paso a posibles investigaciones científicas por parte del personal universitario.

3- Se recomienda no variar el código de programa puesto que este se diseñó en (Ladder logic) lógica de escalera.

## **Bibliografía:**

Ogata, Katsuhiko: Ingeniería de control moderna, Tomo 1. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana

Kuo, Benjamín C: Automatic Control Systems, Seventh Edition, Prentice Hall, 1995.

Aguado Behar, Alberto: Temas de Identificación y Control Adaptable, Instituto de Cibernética, Matemática y Física, 2000.

Smith, Carlos A; Corripio, Armando B: Principles and Practice of Automatic Process Control, 1997

Costa, Ángel: Principios Fundamentales de Accionamiento Eléctrico. Editorial Pueblo y Educación, 1989.

Sitio de internet SIEMENS <http://automatizacion.bligoo.com>