

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

David Chacon
Oscar Dijort
Jacinto Castrillo

Laboratorio de sistema de control
EUPVG-UPC
2001-02

Índice	2
Capitulo I: Definición	3
Capitulo II: La supervisión de procesos	4
Capitulo III: Sistemas SCADA y Conceptos	6
3.1) El Sistemas SCADA	6
3.1.1) SCADA, Una primer idea	6
3.1.2) Introducción a los SCADA	7
3.1.3) Prestaciones, Requisitos y módulos de un SCADA	9
3.2) Conceptos asociados a sistemas SCADA	10
3.2.1) La MTU - Master Terminal Unit	10
3.2.2) Harware y Software	11
3.2.3) Adquisición de datos	12
3.2.4) Trending - Graficación de tendencias	14
3.2.5) Tiempo real.....	16
3.2.6) Procesamiento de alarmas	16
3.2.7) Comunicaciones y tarjetas de expansión	17
3.2.8) La estructura abierta	17
3.3) Diferentes sistemas SCADA	18
3.3.1) Principales sistemas en el mercado	18
3.3.2) Tabla comparativa de los sistemas SCADA	24
Capitulo IV: Labview	26
4.1) Introducción	26
4.2) Idea de Labview	26
4.3) El panel frontal y el diagrama de bloques	27
Capitulo V: Nuevos diseños y aplicaciones	29
5.1) Nuevos diseños	29
5.2) Sintonia de los diseños	30
5.3) Pruebas realizadas	31
5.4) Archivos de excel	32
Capitulo VI: Conclusiones	33
Capitulo VII: Documentos y Anexos al proyecto	33
7.1) Documentos	34
7.2) Anexos del proyecto	34
Capitulo VIII: ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO	35

Capítulo I: Definición

La supervisión es el hecho de controlar a distancia los procesos industriales, de forma remoto y computerizada un usuario o una máquina controla los diferentes procesos que se dan en una fábrica.

La principal función de la supervisión es la centralización del control de procesos fuera del área de control o fuera de la máquina a controlar. En la supervisión actúan tanto las personas como las máquinas. De esta separación del control hombre-máquina podemos ver las dos diferencias claras de la supervisión, la supervisión activa o control manual donde el hombre a través de una pantalla simulador controla los procesos en mayor o menor grado de estar realizando, también está la supervisión pasiva o automática, es decir el computador o PC a través de su aplicación controla las variables del sistema y solo avisa a la persona cuando encuentra un error.

Tan importante como la supervisión son las jerarquías de control que se establecen en una red industrial de procesos, también existen en el mercado diferentes sistemas para el control. Estos sistemas destacamos los sistemas SCADA que explicaremos más adelante justo después de una breve introducción a la supervisión.

Capítulo II: La supervisión de procesos.

La industria posee cada vez procesos productivos más automatizados, complejos y en los que coexiste una gran diversidad de elementos: autómatas, ordenadores, accionamientos neumáticos, robots, etc. Además los sistemas de producción fuertemente centralizados y poco flexibles que se utilizaban hace varias décadas ya no son admisibles. Esto dio lugar hace unos años a la aparición de los sistemas de producción flexibles que proporcionan respuestas rápidas al mercado fuertemente cambiante en el que están inmersas las empresas. A medida que aumenta la flexibilidad de los sistemas de producción, aumenta la complejidad del sistema de control necesario para gobernarle.

Esto ha dado lugar a la aparición de los sistemas de control "inteligentes" basados en conceptos de: descentralización, autonomía, monitorización, cooperación y colaboración. Todo este aumento de complejidad lleva a que el personal de mantenimiento cada vez se encuentra con más dificultades a la hora de intervenir, necesitando un personal cada vez más preparado técnicamente y sobre todo en un proceso de formación continuo, debido a los cambios frecuentes que sufren los procesos productivos. Además, debido a la modificación constante del proceso productivo, en periodos muy cortos, se hace necesario un sistema que garantice la fiabilidad, idoneidad y normalización de esas modificaciones, de acuerdo a unas normas acordadas.

Con esta línea de investigación se pretende desarrollar e implantar herramientas dirigidas a los responsables de mantenimiento de las empresas, de tal forma que se pueda intervenir rápidamente en caso de avería y con una mínima formación del personal. Potenciar el campo del control y supervisión de sistemas complejos basados en Redes y Buses de Campo. Interesándose de forma especial por aquellas configuraciones que "mezclan" distintas tecnologías y que requieren que el diálogo entre todos los participantes sea lo más transparente posible para explotar al máximo las posibilidades de todo el conjunto, tanto desde el punto de vista de Fabricación como desde el punto de vista de Supervisión, ayuda al Mantenimiento y Gestión.

Planteamiento del problema

Tenemos en la industria actual sistemas productivos muy complejos controlados por autómatas. Estos procesos están continuamente siendo modificados, y por consiguiente los programas de los autómatas. Esto da lugar a que en situaciones de avería el personal de mantenimiento sea capaz de identificar correctamente la situación del puesto de producción y trasladársela correctamente al autómata, siendo una tarea compleja y que ocasiona paradas de importancia.

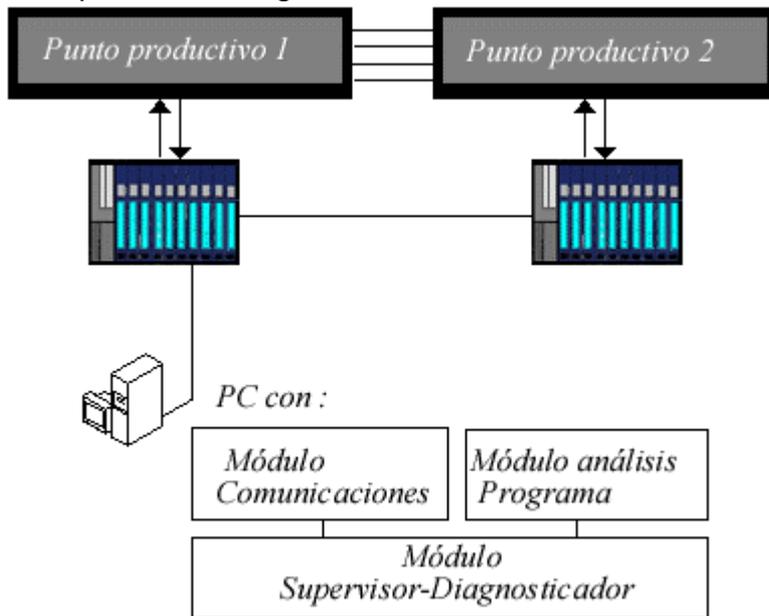
Sistema Supervisor-diagnosticador

Elementos que lo componen:

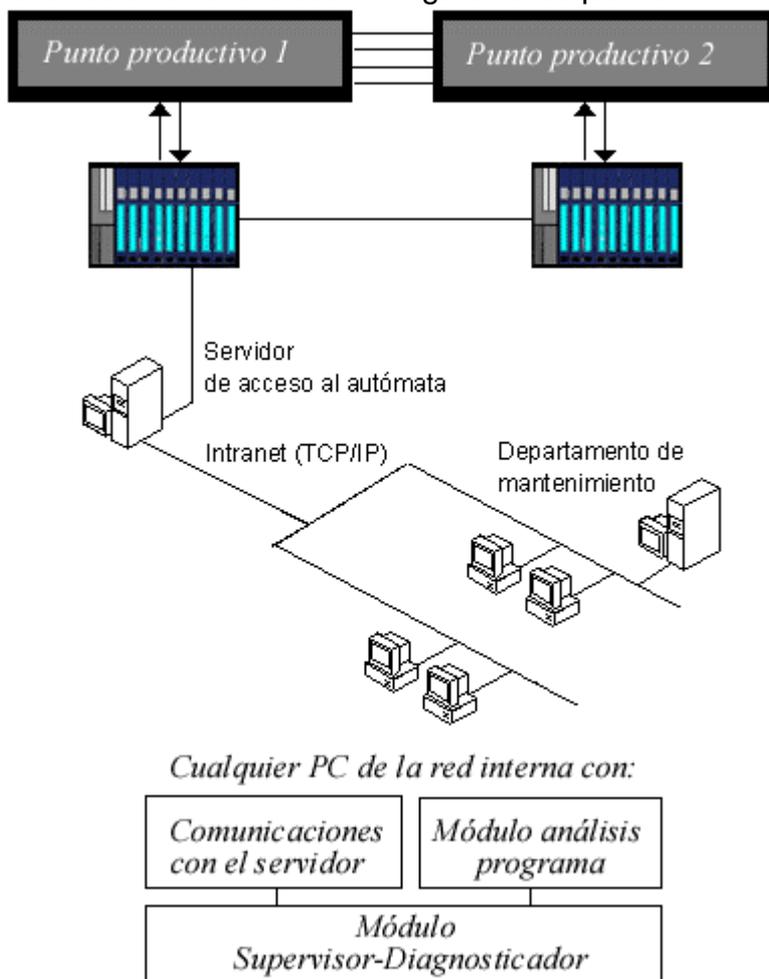
- **Módulo de carga del programa.** Será el encargado de interpretar el programa del autómata. Construir el árbol de decisión que será con el que trabaje la herramienta. Dependiente del autómata. Dependiente del autómata.
- **Módulo de comunicaciones,** será el encargado de extraer la información del estado en el que se encuentra el autómata.
- **Módulo-Herramienta Supervisor-Diagnosticador basado en PC.** Genérica, independiente del autómata. Es el que implementa todas las reglas de decisión y

diagnóstico, además de incluir una "interface" amigable e intuitiva para el operario de mantenimiento.

El esquema es el siguiente:



La generalización de la herramienta y el permitir poder ser usada desde un punto cualquiera de la factoría lleva a usar el siguiente esquema:



Capítulo III: Sistemas SCADA y Conceptos

3.1) El Sistemas SCADA:

3.1.1) SCADA, Una primer idea:

SCADA es un acrónimo por Supervisory Control And Data Acquisition (control y adquisición de datos de supervisión). Los sistemas SCADA utilizan el computador y las 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, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Los primeros SCADA eran simplemente sistemas de telemetría que proporcionaban reportes periódicos de las condiciones de campo vigilando las señales que representaban medidas y/o condiciones de estado en ubicaciones de campo remotas. Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación alguna. La visión del operador en el proceso estaba basada en los contadores y las lámparas detrás de paneles llenos de indicadores. Mientras la tecnología se desarrollaba, los ordenadores asumieron el papel de manejar la recolección de datos, disponiendo comandos de control, y una nueva función - presentación de la información sobre una pantalla de CRT. Los ordenadores agregaron la capacidad de programar el sistema para realizar funciones de control más complejas.

Los primeros sistemas automatizados SCADA fueron altamente modificados con programas de aplicación específicos para atender a requisitos de algún proyecto particular. Como ingenieros de varias industrias asistieron al diseño de estos sistemas, su percepción de SCADA adquirió las características de su propia industria. Proveedores de sistemas de software SCADA, deseando reutilizar su trabajo previo sobre los nuevos proyectos, perpetuaron esta imagen de industria-específicos por su propia visión de los ambientes de control con los cuales tenían experiencia. Solamente cuando nuevos proyectos requirieron funciones y aplicaciones adicionales, hizo que los desarrolladores de sistemas SCADA tuvieran la oportunidad de desarrollar experiencia en otras industrias.

Hoy, los proveedores de SCADA están diseñando sistemas que son pensados para resolver las necesidades de muchas industrias con módulos de software industria-específicos disponibles para proporcionar las capacidades requeridas comúnmente. No es inusual encontrar software SCADA comercialmente disponible adaptado para procesamiento de papel y celulosa, industrias de aceite y gas, hidroeléctricas, gerenciamiento y provisión de agua, control de fluidos, etc. Puesto que los proveedores de SCADA aún tienen tendencia en favor de algunas industria sobre otras, los compradores de estos sistemas a menudo dependen del proveedor para una comprensiva solución a su requisito, y generalmente procurar seleccionar un vendedor que pueda ofrecer una completa solución con un producto estándar que esté apuntado hacia las necesidades específicas del usuario final. Si selecciona a un vendedor con experiencia limitada en la industria del comprador, el comprador debe estar preparado para asistir al esfuerzo de ingeniería necesario para desarrollar el conocimiento adicional de la industria requerido por el vendedor para poner con éxito el sistema en ejecución.

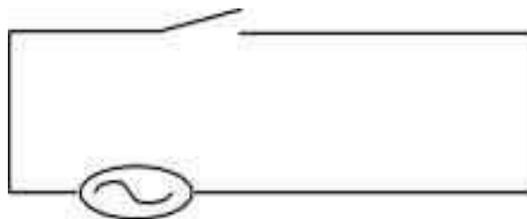
La mayoría de los sistemas SCADA que son instalados hoy se está convirtiendo en una parte integral de la estructura de gerenciamiento de la información corporativa. Estos

sistemas ya no son vistos por la gerencia simplemente como herramientas operacionales, sino como un recurso importante de información. En este papel continúan sirviendo como centro de responsabilidad operacional, pero también proporcionan datos a los sistemas y usuarios fuera del ambiente del centro de control que dependen de la información oportuna en la cual basan sus decisiones económicas cotidianas. La mayoría de los vendedores principales de SCADA han reconocido esta tendencia, y están desarrollando rápidamente métodos eficientes para hacer disponibles los datos, mientras protegen la seguridad y funcionamiento del sistema SCADA. La arquitectura de los sistemas de hoy integra a menudo muchos ambientes de control diferentes, tales como tuberías de gas y aceite, en un solo centro de control.

Para alcanzar un nivel aceptable de tolerancia de fallas con estos sistemas, es común tener ordenadores SCADA redundantes operando en paralelo en el centro primario del control, y un sistema de reserva del mismo situado en un área geográficamente distante. Esta arquitectura proporciona la transferencia automática de la responsabilidad del control de cualquier ordenador que pueda llegar a ser inasequible por cualquier razón, a una computadora de reserva en línea, sin interrupción significativa de las operaciones.

3.1.2) Introducción a los SCADA.

Supongamos tener un circuito eléctrico simple que consiste en un interruptor y una luz. Similar a este:



Este circuito permite que un operador mire la luz y sepa si el interruptor está abierto o cerrado. El interruptor puede indicar que un motor está trabajando o parado, o si una puerta está abierta o cerrada, o aún si ha habido un incidente o el equipo está trabajando.

Hasta ahora no hay nada especial sobre esto. Pero ahora imagínese que el interruptor y la lámpara están separados 100 kilómetros. Obviamente no podríamos tener un circuito eléctrico tan grande, y ahora será un problema que involucrará equipamiento de comunicaciones.

Ahora complique un poco más el problema. Imagínese que tengamos 2000 de tales circuitos. No podríamos producir 2000 circuitos de comunicación. Sin embargo alguien encontró que podríamos utilizar un solo circuito de comunicación compartiéndolo. Primero enviamos el estado (abierto | cerrado o 0/1) del primer circuito. Luego enviamos el estado del segundo circuito, etcétera. Necesitamos indicar a qué circuito se aplica el estado cuando enviamos los datos.

El operador en el otro extremo todavía tiene un problema: tiene que monitorear los 2000 circuitos. Para simplificar su tarea podríamos utilizar una computadora. La computadora vigilaría todos los circuitos, y le diría al operador cuándo necesita prestarle atención a un circuito determinado. La computadora será informada cuál es el estado normal del circuito y cuál es un estado de "alarma". Vigila todos los circuitos, e informa al operador cuando cualquier circuito entra en alarma comparando con estos valores.

Algunos circuitos pueden contener datos "analógicos", por ejemplo, un número que representa el nivel de agua en un tanque. En estos casos la computadora será informada de los valores de niveles máximo y mínimo que deban ser considerados normales. Cuando el valor cae fuera de este rango, la computadora considerará esto como una alarma, y el operador será informado.

Podríamos también utilizar la computadora para presentar la información de una manera gráfica (un cuadro vale mil palabras. Podría mostrar una válvula en color rojo cuando está cerrada, o verde cuando está abierta, etcétera).

Un sistema SCADA real es aún más complejo. Hay más de un sitio. Algunos tienen 30.000 a 50.000 "puntos" que normalmente proporcionan tanto información "analógica" como digital o de estado (por ejemplo, números tales como el nivel del líquido en un tanque). Pueden enviar un valor de estado (por ejemplo, encender una bomba) tanto como recibirlo (bomba encendida). Y la potencia de la computadora se puede utilizar para realizar un complejo secuenciamiento de operaciones, por ejemplo: ABRA una válvula, después ENCIENDA una bomba, pero solamente si la presión es mayor de 50.

La computadora se puede utilizar para resumir y visualizar los datos que está procesando. Las tendencias (gráficos) de valores analógicos en un cierto plazo son muy comunes. Recoger los datos y resumirlos en informes para los operadores y la gerencia son características normales de un sistema SCADA.

Definición General

SCADA (supervisory control and data acquisition): Un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o master (generalmente llamada Estación Principal, Master Terminal Unit o MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo (generalmente llamadas estaciones remotas, Remote Terminal Units, o RTU's); y una colección de software estándar y/o a medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque algunos elementos de control a lazo cerrado y/o de comunicaciones de corta distancia pueden también estar presentes.

Sistemas similares a SCADA son vistos rutinariamente en fábricas, plantas de tratamiento, etc. Éstos son llamados a menudo como Sistemas de Control Distribuidos (DCS - Distributed Control Systems). Tienen funciones similares a los sistemas SCADA, pero las unidades de colección o de control de datos de campo se establecen generalmente dentro de un área confinada. Las comunicaciones pueden ser vía una red de área local (LAN), y serán normalmente confiables y de alta velocidad. Un sistema DCS emplea generalmente cantidades significativas de control a lazo cerrado.

Un sistema SCADA por otra parte, generalmente cubre áreas geográficas más grandes, y normalmente depende de una variedad de sistemas de comunicación menos confiables que una LAN. El control a lazo cerrado en esta situación será menos deseable.

Entonces, qué es SCADA? Se utiliza para vigilar y para controlar la planta industrial o el equipamiento. El control puede ser automático, o iniciado por comandos de operador. La adquisición de datos es lograda en primer lugar por los RTU's que exploran las entradas de información de campo conectadas con ellos (pueden también ser usados PLC's - Programmable Logic Controllers). Esto se hace generalmente a intervalos muy cortos. La MTU entonces explorará los RTU's generalmente con una frecuencia menor. Los datos se procesarán para detectar condiciones de alarma, y si una alarma estuviera presente, sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas.

Los datos pueden ser de tres tipos principales:

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

La interfaz primaria al operador es un display que muestra una representación de la planta o del equipamiento en forma gráfica. Los datos vivos (dispositivos) se muestran como dibujos o esquemas en primer plano (foreground) sobre un fondo estático (background).

Mientras los datos cambian en campo, el foreground es actualizado (una válvula se puede mostrar como abierta o cerrada, etc.). Los datos analógicos se pueden mostrar como números, o gráficamente (esquema de un tanque con su nivel de líquido almacenado). El sistema puede tener muchos de tales displays, y el operador puede seleccionar los más relevantes en cualquier momento.

3.1.3) Prestaciones, Requisitos y modulos de un SCADA

Prestaciones:

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

Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.

Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.

Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómata, bajo ciertas condiciones.

Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores (tipo PC, por ejemplo), con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc.

Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general (como C, Pascal, o Basic), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

Requisitos:

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según la necesidades cambiantes de la empresa. Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).

Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Módulos de un SCADA:

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar. **Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de control y

supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráfico almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete. **Módulo de proceso:** ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas. **Gestión y archivo de datos:** se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

3.2) Conceptos asociados a sistemas SCADA

3.2.1) La MTU - Master Terminal Unit

Funciones

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

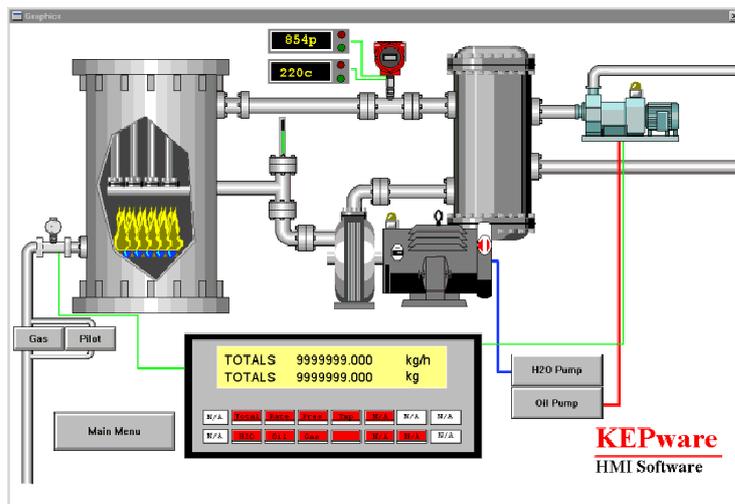
Las funciones principales de una MTU de SCADA son:

- **Adquisición de datos.** Recolección de datos de los RTU's.
- **Trending.** Salvar los datos en una base de datos, y ponerlos a disposición de los operadores en forma de gráficos.
- **Procesamiento de Alarmas.** Analizar los datos recogidos de los RTU's para ver si han ocurrido condiciones anormales, y alertar a personal de operaciones sobre las mismas.
- **Control.** Control a Lazo Cerrado, e iniciados por operador.
- **Visualizaciones.** Gráficos del equipamiento actualizado para reflejar datos del campo.

- **Informes.** La mayoría de los sistemas SCADA tienen un ordenador dedicado a la producción de reportes conectado en red (LAN o similar) con el principal.
- **Mantenimiento del Sistema Mirror,** es decir, mantener un sistema idéntico con la capacidad segura de asumir el control inmediatamente si el principal falla.
- **Interfaces con otros sistemas.** Transferencia de datos hacia y desde otros sistemas corporativos para, por ejemplo, el procesamiento de órdenes de trabajo, de compra, la actualización de bases de datos, etc.
- **Seguridad.** Control de acceso a los distintos componentes del sistema.
- **Administración de la red.** Monitoreo de la red de comunicaciones.
- **Administración de la Base de datos.** Agregar nuevas estaciones, puntos, gráficos, puntos de cambio de alarmas, y en general, reconfigurar el sistema.
- **Aplicaciones especiales.** Casi todos los sistemas SCADA tendrá cierto software de aplicación especial, asociado generalmente al monitoreo y al control de la planta.
- **Sistemas expertos, sistemas de modelado.** Los más avanzados pueden incluir sistemas expertos incorporados, o capacidad de modelado de datos.

3.2.2) Hardware y software

La MTU de SCADA se puede correr en la mayoría de las plataformas. Los sistemas tendieron históricamente a ser propietarios y muy especializados, y donde fueron utilizados sistemas operativos de fines generales, tendieron a ser modificados pesadamente. Esto era debido a que los requisitos de SCADA superaban los límites de la tecnología disponible y,



por razones de performance, tendieron a proporcionar sistemas gráficos por encargo, a usar bases de datos en tiempo real (con gran parte de la base de datos en memoria), y a menudo el hardware debió ser modificado para estos requisitos particulares.

La serie Digital Equipment Corporation PDP11 y el sistema operativo RSX11M eran quizás la plataforma más común en los SCADA de los años 70 y principios de los 80. Posteriormente, Unix comenzó a ser el sistema operativo de más frecuente elección. Mientras la potencia de la PC aumentaba, los sistemas Intel llegaron a ser muy comunes, aunque las plataformas DEC Alfa, y otras estaciones de trabajo de fines elevados estén aún en uso. En épocas recientes Windows NT ha alcanzado alta aceptación dentro de la comunidad SCADA, aunque los sistemas muy grandes siguen siendo probablemente estaciones de trabajo Unix (QNX o Solaris) más veloces en sus respuestas.

Actualmente la industria se está desarrollando claramente hacia estándares abiertos: ODBC, INTEL PCs, sistemas estándares de gráficos, e interconectividad a sistemas de computación corrientes. En años recientes ha aparecido en el mercado un importante número de sistemas SCADA sobre plataformas INTEL PC, ya que éstas están aumentando rápidamente su capacidad y performance. Ejemplos de ellos son Citect, FIX de Intellution, KEPware y Wonderware.

El hecho es que las tareas automatizadas de control, visualización y computación pueden ser efectuadas por PLCs (conectados en red mediante los módulos adecuados) mejor que con sistemas exclusivos de control basados en PC. Lo que finalmente es práctico, no obstante, depende de un gran número de factores y la mayoría deben ser considerados individualmente para cada proyecto de automatización.

Así, por ejemplo, los actuales conocimientos y preferencias del usuario pueden jugar un mayor papel que la pura potencia del ordenador. Los factores cruciales, no obstante, son los atributos de capacidad en tiempo real y las propiedades de seguridad que hasta ahora han sido fuertemente asociadas con el PLC, aunque el PC también puede disponer de la característica de capacidad en tiempo real. Un sistema de control es inconcebible sin capacidad en tiempo real. Es común en sistemas de control por ordenador tener que elegir, según las características del sistema a supervisar, entre el PLC o el PC. Se debe elegir aquel hardware que mejor se adapte a las necesidades del sistema a supervisar.

Los controladores lógicos programables, en la mayoría de los casos, están diseñados específicamente para ser empleados en ambientes industriales exigentes y han sido continuamente desarrollados de forma que sus sistemas operativos en tiempo real representan su mayor virtud. Ellos son y seguirán siendo, no obstante, la primera elección para todo control de tareas críticas o extremas por su rendimiento y simpleza, en los que un PC podría estar simplemente "sobrecargado" debido al trabajo que le pueden suponer otras tareas de ámbito común, como la gestión y visualización de datos, accesos a periféricos, bases de datos, etc...

Si, además del control de tareas, se necesita un procesamiento de datos, trabajo en red o visualización (una aplicación SCADA), un sistema basado en PC debe ser tomado en consideración.

En cuanto a sistemas operativos, Windows NT, por ejemplo, no es estrictamente un sistema operativo en tiempo real como el de un PLC, pero puede actuar de forma suficientemente rápida para aplicaciones "suaves" en tiempo real, gracias a su arquitectura de micro-kernel.

3.2.3) Adquisición de datos

La función de adquisición de datos de un sistema SCADA es obviamente una función preponderante. Hay un número de características asociadas a la adquisición de datos.

Interrogación, informes por excepción, y transmisiones iniciadas por RTU's.

Los primeros sistemas SCADA tenían RTU's *bobos* y el sistema central debía utilizar un sistema de interrogación (polling) para tener acceso a sus datos. El Master controlaba

todas las comunicaciones, y un RTU *nunca hablaba a menos que fuera interrogado*. El Master *preguntaba* así a cada RTU alternadamente, pidiendo que le envíen sus datos.

El RTU haría lo necesario para recuperar los últimos datos de sus instrumentos (además de la conversión de señales analógicas a digitales) y después contestaría a la petición del Master. Al ser controladas las comunicaciones por el Master, éste registraba los datos con la hora de recepción, muchas veces muy distinta a la hora en que fueron generados.

Algunas variaciones en esto se han introducido para mejorar la eficacia de comunicaciones. El Master podía solicitar solamente algunos de los datos de un RTU en cada encuesta principal, y extraería los datos menos importantes en una segunda encuesta disparada con una frecuencia más baja.

Con RTU's más inteligentes, se podían explorar independientemente sus entradas de información, sobre una base continua, e incluso agrupar por hora los datos. El Master entonces preguntaría al RTU si tiene cualquier cosa para informar. Si nada hubiera cambiado desde la vez última, el RTU respondería *sin novedad*, y el Master se movería al RTU siguiente. Para asegurarse de que un cierto acontecimiento no fue saltado, ocasionalmente el Master haría una encuesta completa como un *chequeo de salud*.

Está claro lo que implica cuando una entrada de información digital ha cambiado, pero el uso del informe por excepción con valores analógicos significa que un cierto cambio del umbral está definido (típicamente 1-2%), y sobre éste se ha producido algún cambio.

El informe por excepción puede reducir dramáticamente el tráfico de comunicaciones, siempre y cuando los datos estén cambiando en forma relativamente lenta. Cuando se están midiendo parámetros altamente volátiles puede aumentar drásticamente el tráfico. En este caso una solución es poner estos parámetros volátiles en una encuesta rutinaria, sacrificando una cierta exactitud en la hora de registro en pos de la reducción del tráfico.

El acercamiento más sofisticado es permitir que el RTU reporte por excepción sin la encuesta previa por parte del Master. Esto significa que el sistema de comunicaciones no se está utilizando para las repetidas encuestas con *sin novedad* siendo la respuesta más frecuente. Esto permite que un sistema típico controle muchos más RTU's con la misma anchura de banda de comunicaciones. Como los asuntos asociados con parámetros altamente volátiles todavía existen, un *chequeo de salud* en background sigue siendo necesario, de otro modo un RTU podría salir de servicio y el sistema nunca se daría por enterado.

Para utilizar esta técnica, el protocolo de comunicación debe tener la capacidad de proporcionar las direcciones de destino del mensaje, y de la fuente del mismo.

Este sistema también implica que dos RTU's pueden transmitir simultáneamente, interfiriendo uno con otro. Un sistema SCADA normalmente repetirá la transmisión si no recibe un acuse de recibo dentro de cierto tiempo. Si interfieren dos RTU's transmitiendo simultáneamente, y, luego si ambos poseen el mismo tiempo de reenvío, interferirán otra vez. Por esta razón, el acercamiento típico es repetir el envío después de un período aleatoriamente seleccionado.

El uso de timeouts al azar puede no ser suficiente cuando por ejemplo ha habido un apagón extenso. Incluso con recomprobaciones al azar, puede haber tanto tráfico que el RTU todavía no podrá conseguir realizar la transmisión. Por esta razón una mejora que es deseable es que después de 5 intentos, el período de recomprobación se fije en por ejemplo 1 minuto.

Manejo de fallas de comunicaciones

Un sistema SCADA debe ser muy confiable. Los sistemas de comunicación para los sistemas SCADA se han desarrollado para manejar comunicaciones pobres de una manera predecible. Esto es especialmente importante donde está implicado el control - podría ser desastroso si las fallas de comunicaciones causaran que el sistema SCADA haga funcionar inadvertidamente el sector incorrecto de la planta.

Los sistemas SCADA hacen uso típicamente de las técnicas tradicionales de la paridad, del chequeo de sumas polinómicas, códigos de Hamming y demás. Sin embargo no confían simplemente en estas técnicas. La operatoria normal para un sistema SCADA es esperar siempre que cada transmisión sea reconocida. El sistema de interrogación que emplea tiene seguridad incorporada, en la que cada estación externa está controlada y debe periódicamente responder. Si no responde, entonces un número predeterminado de recomprobaciones será procurado. Las fallas eventualmente repetidas harán que el RTU en cuestión sea marcado como "fuera de servicio" (en un sistema de interrogación una falla de comunicación bloquea la red por un período de tiempo relativamente largo, y una vez que se haya detectado una falla, no hay motivo para volver a revisar).

La exactitud de la transmisión de un SCADA se ha mirado tradicionalmente como tan importante que la aplicación SCADA toma directamente la responsabilidad sobre ella. Esto se produce en contraste con protocolos de comunicación más generales donde la responsabilidad de transmitir datos confiablemente se deja a los mismos protocolos. A medida que se utilicen protocolos de comunicación más sofisticados, y los proveedores de SCADA comiencen a tomar confianza con ellos, entonces la responsabilidad de manejar errores será transferida al protocolo.

Los protocolos de comunicación

Se han desarrollado técnicas para la transmisión confiable sobre medios pobres, y es así que muchas compañías alcanzaron una ventaja competitiva respecto de sus competidoras simplemente debido al mérito técnico de sus protocolos. Estos protocolos por lo tanto tendieron a ser propietarios, y celosamente guardados.

Esto no representaba un problema al instalar el sistema, aunque sí cuando eran requeridas extensiones. Lo obvio y casi absolutamente necesario era acudir de nuevo al proveedor original. No era generalmente factible considerar el uso de un protocolo distinto, pues eran generalmente mutuamente excluyentes. Los progresos recientes han considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos". IEC870/5, DNP3, MMS son algunos de éstos.

Los mejores de estos protocolos son los multicapa completamente "encapsulados", y los sistemas SCADA que utilizan éstos pueden confiar en ellos para garantizar la salida de un mensaje y el arribo a destino. Un número de compañías ofrece los códigos fuente de estos protocolos, y otras ofrecen conjuntos de datos de prueba para testear la implementación del mismo. Por medio de estos progresos está llegando a ser factible, por lo menos a este nivel, considerar la interoperabilidad del equipamiento de diversos fabricantes.

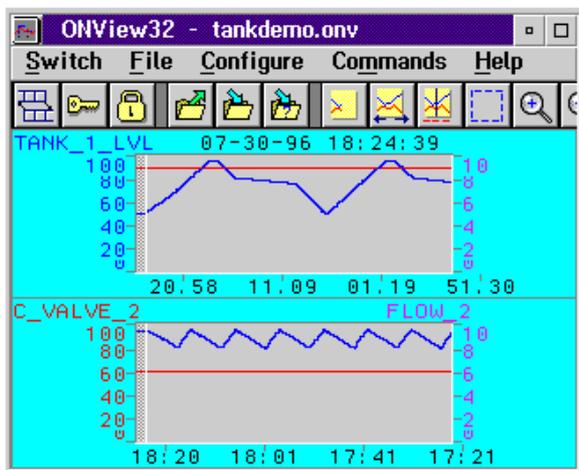
3.2.4) Trending - Graficación de tendencias

El recurso de trending es una función base incluida en cada sistema SCADA. La computadora se puede utilizar para resumir y exhibir los datos que está procesando. Las tendencias (gráficos) de valores analógicos sobre el tiempo son muy comunes. Recoger los

datos y resumirlos en informes para los operadores y gerencia son características normales de un sistema SCADA.

Características

El recurso de trending incluye elementos tales como diagramas X-Y, la capacidad de re-escalar la tendencia mientras es mostrada, la capacidad de visualizar coordenadas para seleccionar una característica en la tendencia y visualizar los valores asociados a ella, histogramas, múltiples valores independientes en una tendencia, y gráficos de información de estado.



El sistema de trending trabaja normalmente creando un archivo para cada tendencia con "casilleros" para los valores de datos que se renovarían en una frecuencia especificada (máximo ratio de trending). A medida que se adquieren los datos de campo, se ubican en los archivos de tendencia, quedando disponibles para su posterior análisis. Hay normalmente un límite superior a la cantidad de datos que puedan ser guardados (ejemplo un año de datos).

superior a la cantidad de datos que puedan ser guardados (ejemplo un año de datos).

Particularidades del Almacenaje de datos

El uso de archivos de tendencia con casilleros para los datos, renovados en los intervalos especificados, puede causar dificultades cuando se usa la característica de Reporte por Excepción. Los problemas pueden ser aún mayores cuando se incluyen en el sistema "dial-up" RTU's por las posibles desconexiones. El sistema SCADA debe tener la capacidad de llenar los archivos de tendencia en estas circunstancias. Un set SCADA no está preparado para hacer esto automáticamente, y se debe tener sumo cuidado al configurar y especificar las características de trending para lograrlo.

Algunos sistemas no permiten que todas las variables sean afectadas al trending de datos. Cuando se desee ver una tendencia para un valor actualmente no configurado para trending, debe entonces ser afectado al trending de datos, y luego habrá que esperar hasta que se hayan salvado suficientes datos para que el gráfico sea consistente y aporte los datos de tendencia. Esto no es útil si estamos procurando encontrar fallas.

Qué especificar

Lo siguiente es indicativo de una especificación típica para el trending de datos.

1. Se deberán proporcionar la capacidad de trending de variables en tiempo real, históricas, análogas y de estado, en función del tiempo y diagramas de una variable contra otras variables (por ejemplo, lectura de cabezales contra flujo para analizar la eficiencia de una bomba).
2. Las bases de tiempo para cada tendencia deberán ser configurables a partir de una muestra por minuto a una muestra por semana (u otros valores que puedan ser deseables especificar).
3. Serán proporcionados histogramas, gráficos de barra y X-Y, gráficos de Y-T, etc.
4. Por lo menos cuatro puntos independientes serán configurables para cada pantalla de visualización de tendencias para trending simultáneo.

5. Será posible vía un puntero o una línea seleccionar una muestra individual y hacer que el sistema exhiba el valor para esa muestra.
6. También será posible, o en la configuración o durante la visualización, asignar mayor o menor magnitud a la escala vertical para cada punto (por ejemplo en vez de 0-100%, hacer un zoom sobre 20-50%).
7. Al ver tendencias, será posible aumentar o disminuir el rango de tiempo de los datos disponibles.
8. La configuración de las tendencias, incluyendo la asignación de los puntos de trending, y la selección de los períodos que se visualizarán para cada punto, serán opciones de menú.
9. Cuando la recuperación de datos de campo se vea demorada por alguna razón, por ejemplo, debido a fallas de comunicación, o debido al uso de las técnicas de Reportes por Excepción, los datos serán salvados retrospectivamente en los archivos de tendencia.

La interrogación, el informe por Excepción, y transmisiones iniciadas por RTU's.

Obviamente los datos no se pueden almacenar en los archivos de tendencia con mayor exactitud o frecuencia de las que son adquiridos de campo. Un sistema de interrogación simple por lo tanto salva los datos condicionado por la frecuencia de interrogación. No obstante es más normal ahora que un sistema de interrogación utilice las técnicas de Reportes por Excepción, en las cuales los valores no se transmiten del campo a menos que haya un cambio significativo. Para un valor analógico esto puede ser un porcentaje especificado del valor a escala completa. Por lo tanto la tendencia mostrará una línea plana, mientras que pudo haber habido un cambio pequeño.

En Sistemas donde los RTU's inician la transmisión, ante un cambio significativo, tienen una característica similar. Los sistemas que utilizan "dial-up" RTU's típicamente transmitirán los datos una vez al día. El RTU puede iniciar una transmisión, pero normalmente sólo en una condición de alarma. El sistema debe poder "rellenar" estos datos retrasados. Una situación similar se presenta cuando las comunicaciones se pierden por alguna razón con un RTU enlazado por radio. Cuando se restablecen las comunicaciones, una "reserva" de datos llegará y sucederá lo mismo.

3.2.5) Tiempo real

La capacidad en tiempo real se refiere a la capacidad del ordenador en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo especificado en un 100% de los casos. Además si se habla de "tiempo real" el sistema debe responder en tiempos concretos también en un 100% de los casos. Si, de otra forma, los tiempos concretos de reacción pueden superarse en ciertos casos, como en sistemas no críticos, hablamos de "tiempo real suave".

3.2.6) Procesamiento de alarmas

La característica del procesamiento de alarmas se ha asociado siempre a las funciones de las áreas de control de la planta. La computadora procesa todos los datos como vienen del campo, y considera si la variable ha entrado en alarma. Para los valores digitales, uno de los estados (0 o 1) se puede señalar como estado de alarma. Para valores analógicos es normal que se definan límites de alarmas tal que si el valor cae fuera de estos límites, considerarlo como en alarma.

Las alarmas se clasifican normalmente en varios niveles de prioridad, con la prioridad más alta siendo a menudo reservada para las alarmas de seguridad. Esto permite que el operador seleccione una lista de las alarmas más importantes.

Cuando un punto entra en alarma, debe ser validada por el operador. Un código es asociado a veces por el operador en ese momento para explicar la razón de la alarma. Esto ayuda en el análisis posterior de los datos. Es común tener cierto anuncio audible de la alarma, alguna señal sonora en la sala de operaciones.

Un problema común para los sistemas SCADA es la "inundación" de alarmas. Cuando ocurre un trastorno importante del proceso, a menudo un evento de alarma causa otro y así sucesivamente. A menudo en el entusiasmo inicial, los límites de alarma se especifican firmemente, y aún en valores que no son realmente importantes. La inundación de alarmas resultante puede abrumar al personal de operaciones, y ocultar la causa inicial del problema.

Características

Los recursos de alarmas incluyen la capacidad de identificar al personal de operaciones por su login, y exhibir solamente las alarmas relevantes a su área de responsabilidad, y de suprimir alarmas, por ejemplo, cuando la planta está bajo mantenimiento. Algunos sistemas sofisticados pueden resolver la inundación de alarmas identificando secuencias de causas y efectos.

La interrogación, el informe por Excepción, y transmisiones iniciadas por RTU's.

Cuando los sistemas SCADA no interrogan regularmente todos los sitios, sino que por el contrario confían en la transmisión iniciada por el RTU, si se detectara una condición de error o un cambio significativo en un valor, existe la posibilidad de que el RTU o las comunicaciones puedan fallar, y el evento pase desapercibido. Para solucionar esto, se dispara un "chequeo de salud" en background, en el cual cada RTU es interrogado con una frecuencia determinada por el tiempo que se considere prudente en que una alarma no sea detectada.

3.2. 7) Comunicaciones y tarjetas de expansión

Comunicaciones

La característica distintiva de los sistemas SCADA es su capacidad de comunicación. Como ya se ha dicho, comparado a los DCS (Distributed Control Systems - sistemas de control distribuido) considerados a menudo dentro de una planta o de una fábrica, un sistema SCADA cubre generalmente áreas geográficas más grandes, y utiliza muchos medios de comunicaciones diversos (y a menudo relativamente no fiables). Un aspecto importante de la tecnología de SCADA es la capacidad de garantizar confiablemente la salida de datos al usar estos medios. Los sistemas SCADA utilizaron inicialmente enlaces de

comunicación lentos. Cálculos cuidadosos debieron ser hechos para evaluar los volúmenes de datos probables esperados, y asegurar que la red de comunicaciones fuera capaz de resolver las demandas.

Tarjetas de expansión

Como el sistema operativo sólo puede proporcionar respuestas suaves en tiempo real lo más simple es emplear extensiones hardware para las tareas críticas (placas de expansión PC) y soluciones software para el resto de tareas. Esto nos lleva a una compatibilidad con futuros sistemas operativos y una solución totalmente factible actualmente. Estas tarjetas de expansión asumen las tareas críticas en tiempo real que el ordenador (PC) no puede atender, se está hablando de tarjetas que incorporan DSPs (Procesadores de Señales Digitales) o microcontroladores y que aportan una ayuda a la anterior "sobrecarga" mencionada para los ordenadores (PC).

3.2.8) La estructura abierta

Aún no se ha establecido un estándar para poseer extensiones compatibles en tiempo real de sistemas operativos. De una forma estrictamente determinante, los sistemas estándar actuales deben ser modificados de forma general, así que la principal ventaja de un sistema basado en PC - su estructura abierta – puede llegar a ser un inconveniente. No obstante, la estructura abierta, permite a la empresa o el desarrollador más libertad en la elección de la herramienta adecuada para el análisis, diseño y programación del sistema SCADA. La solución comienza a ser propietaria nuevamente (cada empresa ofrece su solución) y la conversión a futuras generaciones de sistemas operativos lo hace más difícil.

3.3) Diferentes sistemas SCADA.

3.3.1) Principales sistemas en el mercado.

PROVEEDOR:USDATA

Producto: Factory Link 7

Esta solución SCADA para recolectar información crítica de los procesos de la planta fue diseñada específicamente para MS Windows 2000 bajo la plataforma multicapa de DNA. Utiliza la tecnología estándar de objetos para la importación de datos externos, con lo que se reduce el costo de propiedad de los sistemas.

Muchas de las funcionalidades típicas en un ambiente de manufactura ya se encuentran preconstruidas y almacenadas en una biblioteca para que el usuario desarrolle aplicaciones en tiempo récord. La recolección y distribución de datos se realiza mediante la tecnología OPC de cliente y servidor, por lo que se le caracteriza como uno de los sistemas de automatización en tiempo real con mayor apertura (sistemas abiertos). Es el sistema que distribuye la firma Schneider como producto para sus autómatas

PROVEEDOR: Advantech

Producto: Paradym-31

Provee un ambiente gráfico de programación compatible con MS Windows, que permite construir programas de control en tiempo real, tales como los tradicionales Controladores Lógicos Programables (PLCs).

Utilizado en conjunto con el módulo de control ADAM-5510, este software es capaz de brindar una solución completa de automatización. Por ser compatible con la norma IEC 1131-3 se reduce significativamente el costo de programación y entrenamiento. El usuario puede construir sus propias funciones lógicas y generar reportes automatizados especiales.

PROVEEDOR: AlterSys Inc.**Producto:** Virgo 2000

Software de control modular, robusto y flexible que se puede ejecutar en una PC para generar un PLC virtual. Como una PC es mucho más poderosa que un simple PLC, es posible generar varios controladores virtuales en una misma computadora. El producto se beneficia de las funciones provistas por el sistema operativo QNX y de Windows NT (el primero para operaciones de tiempo real y el segundo para desarrollo e interfase de usuario).

Provee funciones libres de fallas que se necesitan en sistemas de control para misiones críticas. En su funcionamiento se integran opciones que normalmente se encuentran en sistemas PLC, control supervisorio y adquisición de datos (SCADA) y sistemas de control distribuido (DCS).

PROVEEDOR: eMation**Producto:** WizFactory

Solución completa para información y automatización, combina el control discreto y el continuo con SCADA e internet. Entre sus componentes se encuentra Wizcon para Windows e internet, que es una herramienta poderosa para canalizar información en tiempo real e histórica de la planta. Provee funciones completas de SCADA y HMI, las cuales se pueden también visualizar a través de la red de redes mediante un navegador convencional.

Otro componente es WizPLC, solución que permite emular en cualquier PC el comportamiento lógico de un PLC. Por su parte, WizDCS emula el comportamiento de un DCS en una PC. Finalmente, WizReport facilita la generación de reportes basados en los datos producidos por todas las aplicaciones anteriores.

PROVEEDOR: GE Fanuc**Producto:** Cimplicity

Proporciona información confiable y en tiempo real de los diversos procesos de producción y manufactura de la planta, e incluye tecnología de punta, tal como ODBC, OPC, ActiveX, OLE, COM, DCOM, etcétera. En las instalaciones de General Electric en todo el mundo, este producto se utiliza como una norma corporativa para monitorear los procesos de mejora basados en Six Sigma. Comprende funciones avanzadas para operaciones de MMI (interfase hombre/ máquina) y SCADA.

Aprovecha todas las funciones cliente/servidor disponibles en la tecnología de Microsoft Windows. El método de programación es orientado a objetos y muy parecido a Visual Basic Scripting. Tiene capacidad para crear, administrar y ejecutar recetas (proceso de "batch") con base en la norma ISA S88.01. Mediante este producto es posible conectar los datos de la planta desde el piso hasta los sistemas corporativos de toma de decisiones. Incluye funciones que le permiten conectarse a bases de datos relacionales, tales como Microsoft

Access y SQL Server, así como con Oracle. También tiene conectividad con ERPs populares, como es el caso de SAP. Finalmente, dispone de algunas herramientas de visualización para beneficiarse del ambiente de internet/intranet

PROVEEDOR: Iconics

Producto: Genesis32

Desde un inicio se diseñó para beneficiarse de las nuevas tecnologías orientadas a objetos, tales como la arquitectura DNA de Microsoft 95/98/2000, que incluye VBA, COM, DCOM, ActiveX, etcétera. Al mismo tiempo, en el corazón del producto se encuentra ubicada la tecnología moderna de OPC. Es un producto de rendimiento óptimo cuando se utiliza para construir aplicaciones de control y automatización que requieran visualización, control supervisorio, adquisición de datos, sistemas avanzados de alarmas, SPC/SQC (control estadístico de procesos y calidad), sistemas de reportes y administración de recetas en procesos de bache.

Las aplicaciones desarrolladas con este producto se integran fácilmente con otros sistemas de nivel superior, tales como MES (sistemas de ejecución para manufactura) y MRP (planeación de materiales). Asimismo, gracias a OPC, es muy sencillo establecer interfaces con aplicaciones de escritorio y de bases de datos, como MS Office, MS SQL, Oracle, MS Access, MS Excel e internet.

PROVEEDOR: Intellution

Producto: Intellution Dynamics

Es una familia de software para automatización que constituye una de las soluciones más poderosas disponibles en la industria. Cuenta con diversos componentes de software de alto desempeño que proveen soluciones de automatización para HMI, SCADA, procesos de bache, PLCs virtuales y aplicaciones de internet.

IFIX es un sistema de MMI y SCADA que brinda completa visualización del proceso, almacenamiento y administración de datos de proceso y control supervisorio. IBatch consiste en una solución orientada a procesos bache muy típicos de la industria química, farmacéutica, de bebidas y alimentos. IWebServer es una solución que habilita la visualización remota de los procesos mediante internet.

PROVEEDOR: National Instruments

Producto: LabView

Ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se pueden crear fácilmente interfaces de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación. Para especificar las funciones sólo se requiere construir diagramas de bloque. Se tiene acceso a una paleta de controles de la cual se pueden escoger desplegados numéricos, medidores, termómetros, tanques, gráficas, etcétera, e incluirlas en cualquiera de los proyectos de control que se estén diseñando.

Se basa en un modelo de programación de flujo de datos denominado G, que libera a los programadores de la rigidez de las arquitecturas basadas en texto. Es también, a decir de NI, el único sistema de programación gráfica que tiene un compilador que genera código optimizado, cuya velocidad de ejecución es comparable al lenguaje C. Los desarrollos construidos son plenamente compatibles con las normas VISA, GPIB, VXI y la alianza de sistemas VXI Plug & Play. Para facilitar aún más la operación de este producto se cuenta con la inclusión de una herramienta asistente capaz de detectar automáticamente cualquier instrumento conectado a la computadora, instalando los drivers apropiados y facilitando la

comunicación con el instrumento al instante.

Aunque en un principio fue creado para construir instrumentación virtual –osciloscopios, generadores de función, voltímetros, etcétera–, gracias a la amplia disponibilidad de tarjetas de adquisición de datos y a la facilidad de construir aplicaciones en un ambiente gráfico, las últimas versiones se han utilizado ampliamente para desarrollar aplicaciones en el control de procesos. Recientemente, NI introdujo la versión de LabView 6i, que es la combinación de las funciones tradicionales del producto combinadas con algunas herramientas para el ambiente de internet. Es el caso del LabView Player, un agregado que facilita ejecutar las aplicaciones por la red sin necesidad de contar con el producto LabView completo.

Producto: Lookout 4.5

Proporciona Control ActiveX para aplicaciones industriales, y los usuarios pueden aprovechar cualquier producto con control ActiveX disponible –ya sea de NI o de terceros– para construir dichas aplicaciones.

La más reciente versión del software HMI/SCADA orientado a objetos y de fácil uso es un contenedor ActiveX para integrar y controlar objetos, y desarrollar las aplicaciones de manera sencilla y rápida. Otra muy importante característica es su integración plena con las funciones de internet, como es la creación de reportes HTML, envío de correos electrónicos y exportar algunos procesos a través de la web para no solamente monitorear, sino controlar algunos procesos en forma remota.

PROVEEDOR: Nematron

Producto: HMI/SCADA Paragon

Software poderoso y flexible, permite construir aplicaciones para una completa visualización del operador, MMI, supervisión de control y adquisición de datos (SCADA).

Debido a que las funciones para reparación de errores se encuentran integradas en los módulos de control, HMI y SCADA, todas ellas comparten una sola base de datos, facilitando así la programación y localización de errores. La misma base de datos creada para el sistema de control se usa para configurar entradas y salidas, pantallas de operador, adquisición de datos y otras aplicaciones. Se programa utilizando diagramas de flujo eficientes e intuitivos integrados al popular lenguaje de escalera. Soporta las normas abiertas como OPC, ActiveX, COM/DCOM, etcétera, e incluye capacidades avanzadas de diagnóstico, por lo que se facilita el mantenimiento y la capacitación del personal técnico.

PROVEEDOR: Opto 22

Producto: FactoryFloor Software

Se trata de una serie integrada de productos de software para control industrial que resuelve la mayoría de las necesidades de automatización de la planta. OptoControl es un ambiente de desarrollo gráfico e intuitivo que combina control analógico, control digital, comunicaciones seriales y de red. OptoDisplay provee funciones completas para MMI con capacidad multimedia. OptoServer es el servidor de datos para clientes OPC y DDE en ambiente Microsoft Windows. OptoConnect proporciona una interfase bidireccional entre los sistemas de datos y los sistemas de control, con extensión hacia Microsoft SQL Server y bases de datos de Microsoft Access.

PROVEEDOR: Rockwell Automation

Producto: RSView32

Este software MMI para monitorear y controlar máquinas automatizadas y procesos está

diseñado para operar en el ambiente de MS Windows 2000 con soporte para idioma español. Es completamente compatible con contenedores OLE para ActiveX, lo que facilita la inclusión de controles de este tipo suministrados por terceros. Incluye VBA, Visual Basic para aplicaciones como parte integrante de sus funciones, de modo que posibilita maneras ilimitadas de personalizar los proyectos.

Su compatibilidad con la tecnología cliente/servidor OPC le permite comunicarse con una amplia variedad de dispositivos de hardware. El producto se complementa con RSView32 Active Display System y RSView32 WebServer (el primero para ver y controlar los proyectos RSView32 desde localidades remotas y el segundo para que cualquier usuario autorizado pueda acceder a gráficas, etiquetas y alarmas mediante el uso de un navegador de internet convencional).

Producto: RSBatch

Mediante este software se pueden configurar modelos de procedimientos para ejecutar secuencias de control de bache (tanda) e integrar acciones de control e información de producción con otras selecciones de software complementario.

Compatible con la norma internacional S88.01 de ISA y con casi cualquier dispositivo de control de diversos fabricantes, incluyendo los SLCs, PLC-5s y ControlLogix de Allen-Bradley. Tiene arquitectura abierta, por lo que se facilita su integración con una gran variedad de productos HMI, ERP y MRP. La administración de procesos de bache mediante este producto hace posible la reutilización de código, recetas y lógica entre procesos que tienen procedimientos similares.

PROVEEDOR: Siemens

Producto: HYBEX (Hybrid Expert System)

Herramienta de simulación que permite realizar cambios virtuales en la planta y observar sus resultados sin ningún riesgo. Está específicamente orientada a procesos de laminado en plantas siderúrgicas y se puede utilizar en cualquiera de las etapas del ciclo de vida de la planta, desde construcciones nuevas hasta plantas en procesos de optimización y modernización.

Producto: WinCC HMI Ver. 5.0

Para integrar software en la manufactura se requiere usar normas abiertas que puedan enlazar fuertemente la información del piso de la planta y el sistema de negocios a través de ella. WinCC HMI, software de 32 bits integrado completamente con Microsoft Windows NT, combina las características estándar (gráficos, alarmas, administración de recetas, etcétera) con otras avanzadas (reportes, referencias entre proyectos, diagnóstico de proceso, soporte multilingüe y redundancia completa). Además, mejora su funcionalidad mediante la integración de bases de datos con MES/ERP, internet y tecnologías de cliente delgado.

Producto: Web Control Center (webCC)

Permite que una gran variedad de información desde varias áreas de la planta se despliegue simultáneamente en una sola interfase de usuario. Así, se facilita el control corporativo y la operación y monitoreo de las instalaciones de proceso y plantas de producción. Mediante un navegador de internet basado en Java se tiene acceso simultáneo a diversos sistemas de control central, tales como SiiX-IS, WinCC, Sicalis PMC y Simatic PCS 7. Bases de datos y videos se integran desde la red y pueden enviarse correos electrónicos en cualquier momento. Los datos maestros de sistemas SAP y otros pueden consultarse desde cualquier parte del mundo haciendo realidad el concepto de compañía virtual.

Producto: SIMATIC WinAC ODK (Open Developer Kit)

Herramienta de software para extender las funciones de WinAC que ofrece una serie de interfases abiertas de alta velocidad para integrar datos de procesos en tiempo real con otras aplicaciones de software. Estas interfases, tales como Actives y OPC, están diseñadas para proveer a las aplicaciones del usuario una manera asíncrona de acceder a los datos del proceso. Permite que el código escrito por el usuario (C, C++, Visual Basic, Java) o aplicaciones de terceros se ejecuten como parte del ciclo de barrido del software WinAC.

Producto: SIMATIC WinAC (Windows Automation Center)

Mediante esta solución integrada para control, HMI, redes y procesamiento de datos –todos en la misma plataforma– es posible emular el funcionamiento de un PLC en una PC (la parte de control permite que se utilice una PC para emular a un PLC). Esta solución se configura, programa y mantiene con Simatic Step 7, el ambiente estándar de desarrollo para los PLCs de Siemens. Las funciones de computación y visualización proveen todas las interfases que se necesitan para ver el proceso y modificarlo mediante aplicaciones estándar, tales como Microsoft Excel, Visual Basic o cualquier otro paquete estándar HMI.

Producto: SIMATIC PLCSim

Herramienta de software que permite ejecutar programas de Simatic Step 7 en una PC. Así, se pueden depurar con mayor facilidad los programas antes de ingresarlos a los PLCs, facilitando el proceso de liberación de los sistemas de automatización. También funciona con sistemas Simatic WinCC, lo que permite verificar previamente los programas HMI.

Producto: SIMATIC Protocol

Herramienta de software que permite a los operadores visualizar e interactuar con los equipos a través de MMI. Comparte un ambiente de configuración común que permite el transporte de aplicaciones entre un amplio rango de plataformas de hardware, incluyendo Windows CE, Windows 95/98 y NT, así como con la línea de consolas de operador de SIMATIC.

PROVEEDOR: TA-Engineering Products

Producto: Aimax

Muy robusto y poderoso en la categoría de MMI, este software opera en la plataforma Microsoft Windows y es capaz de almacenar e integrar datos de múltiples fuentes gracias a la disponibilidad de interfaces para una amplia gama de, PLCs, controladores y dispositivos de entrada/salida. Provee diversas funciones, tales como adquisición de datos, alarmas, gráficas, archivos históricos, etcétera.

Es muy fácil de configurar utilizando interfases estándar de Microsoft Windows basadas en Win32 API y arquitectura de componentes (COM, MFC, OPC). Se cuenta con una librería de cientos de símbolos preconstruidos que facilitan la elaboración de gráficos dinámicos. Conserva compatibilidad plena con la mayoría de los fabricantes de PLCs (Allen-Bradley, Modicon y Siemens, entre otros) y cuenta con una base de datos relacional propietaria que le proporciona un desempeño mejorado y una gran flexibilidad para el manejo de los datos.

PROVEEDOR: Wonderware

Producto: FactorySuite 2000

Consiste en un conjunto de aplicaciones de software industrial orientado hacia las aplicaciones de control y MMI. Los principales componentes de la suite son:

Intouch. Provee una perspectiva integrada de todos los recursos de control e información de la planta. De esta manera, los ingenieros, supervisores, gerentes y operadores pueden

visualizar e interactuar con los procesos mediante representaciones gráficas de los mismos.

IndustrialSQL Server. Es una base de datos en tiempo real de alto rendimiento que tiene el propósito de hospedar todos los datos de proceso que se generan en la planta. Combina la fortaleza y la flexibilidad de una base relacional convencional con las particularidades de un sistema de tiempo real. Así, la información correspondiente a los procesos de la planta y la de negocios se integran con facilidad.

InControl. Es un sistema de control de arquitectura abierta que permite diseñar, crear, probar y ejecutar programas de aplicación para controlar los procesos. Mediante esta herramienta se pueden crear soluciones de automatización utilizando una variedad de lenguajes gráficos y de texto. Es compatible con un número muy amplio de interfases para dispositivos de entrada/salida, motores, sensores y muchos otros equipos típicos de la planta.

In Track. Permite a los ingenieros modelar y trazar los recursos críticos de la planta, tales como órdenes de trabajo, materiales, especificaciones de producto, instrucciones de trabajo, equipo y recursos humanos, así como datos de proceso y análisis. Posibilita a los usuarios implementar aplicaciones cliente/servidor que les ayuden a controlar y mejorar sus operaciones de manufactura de manera efectiva.

InBatch. Este administrador de procesos de bache está diseñado para automatizar y proveer una historia completa de los procesos de este tipo. Compatible con la norma S88.01 de ISA para procesos de bache, ayuda a crear recetas con facilidad y rapidez, y luego, simular su ejecución a través de un modelo de proceso, sin necesidad de escribir una sola línea de código.

Producto: SuiteVoyager 1.0

Este producto es resultado de la reciente estrategia ACT de Wonderware. Desde tal perspectiva, este fabricante tiene el compromiso de desarrollar soluciones de software que ayuden a las empresas a integrar fácilmente los datos en tiempo real que se producen en los procesos de manufactura de la planta con los sistemas de negocios de la misma.

La SuiteVoyager 1.0 permite a los usuarios crear un portal para visualizar la información de la planta que proviene de los módulos de InTouch, I/O Servers e IndustrialSQL mediante el uso de una conexión sencilla a internet y el empleo de un navegador convencional, tal como Internet Explorer. También a través de esta solución, los ingenieros tendrán un acceso en línea a documentos técnicos y de mantenimiento. Es compatible con la reciente tecnología XML de internet.

3.3.2) Tabla comparativa de los sistemas SCADA

	PC	Sistema Operativo	Español	Librerías	Visual Basic VBA	Cliente-Servidor OPC	Control por Internet	Destacable
--	----	-------------------	---------	-----------	------------------	----------------------	----------------------	------------

Rockwell Automation RSView32	Pentium 200Mhz 64Mb Ram	Windows 2000 y anteriores	SI	No destacable	Si	Si	Si	Gran número de tarjetas.
Intellution IFIX	Pentium II 300Mhz 96Mb Ram	Windows 2000 y NT	No	No destacable	Si	Si	Si	Ideal procesos químicos.
Iconics Genesis 32	Pentium 200 Mhz 64 Ram	Windows 95 98 2000	No	No destacable	Si	Si	Si	Compatibilidad e interfaces con Office ,Sql ,etc..
Nematron HMI/SCADA Paragon	Pentium II 300 96 Mb Ram	Windows NT	No	No destacable	No	Si	No	Flexible. Una única base de datos.
TA- Engineering Products Aimax	Pentium II 300 96 Mb Ram	Windows NT	No	Destacables gráficos dinámicos.		Si		Compatible con mayoría PLC's.

Capítulo IV: Labview

4.1) Introducción

LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA.

Incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos, GPIB y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la conectividad con otros programas, por ejemplo de cálculo, y en especial MatLAB.

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

También ofrece la ventaja de "debugging" en cualquier punto de la aplicación. Permite la posibilidad de poner "break points", ejecución paso a paso, ejecución hasta un punto determinado y se puede observar como los datos van tomando valores a medida que se va ejecutando la aplicación. Además también lleva incorporado generadores de señales para poder hacer un simulador.

4.2) Idea de Labview

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Existen dos conceptos básicos en LabVIEW: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo, El diagrama de bloques es el conexionado de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de

datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW. También es posible programar módulos para LabVIEW en lenguajes como C y C++, estos módulos son conocidos como Sub-VIs y no se diferencian a los VI creados con LabVIEW salvo por el interfaz del lenguaje en el que han sido programados. Además estos Sub-VIs son muy útiles por ejemplo en el campo de cálculos numéricos complejos que no se encuentran incluidos en las librerías de LabVIEW.

4.3) El panel frontal y el diagrama de bloques

Se podría decir que en cualquier VI existen dos caras bien diferenciadas: El Panel Frontal y el Diagrama de Bloques.

El Panel Frontal es la cara que el usuario del sistema está viendo cuando se está monitorizando o controlando el sistema, o sea, el interfaz del usuario. Este contiene controles e indicadores y existe una gran variedad de ellos, pero además incluso se pueden diseñar controles e indicadores personalizados, lo cual permite tener una amplia gama de dichos controles e indicadores.

Un control puede tomar muchas formas, y muchas de estas formas el dibujo real usado en instrumentos reales. Otros son estrictamente conceptos digitales o analógicos. Pero todos los controles tienen una forma visual que indican al usuario cual es el estado de dicho control en el instrumento real. Es muy importante en un sistema SCADA que el usuario no tenga que interpretar nada, sino que todo le sea claro y conciso, las interpretaciones pueden dar lugar a falsas actuaciones y, por consiguiente, podrían existir lamentables errores. Además, dos usuarios podrían interpretar de manera diferente cualquier evento.

El Diagrama de Bloques del VI sería la cara oculta del Panel Frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver. En ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose mucho a un diagrama de esquema eléctrico. Esta cara es mucho menos conceptual que el Panel Frontal y para el usuario sería muy difícil entenderla.

Todos los módulos están interconectados, mediante líneas de conexión, por donde circulan los diferentes datos o valores del VI., de esta manera se logra que el VI funcione como un conjunto de elementos, módulos y sub-módulos.

Capítulo V: Nuevos diseños y aplicaciones.

5.1) Nuevos diseños:

1) Primer diseño:

Nº de repeticiones: 20

Litros iniciales T1: 140 l.

Litros iniciales T2: 0

Litros iniciales T3: 0

Litros en el tanque superior: 860 l.

Capacidad tanque inferior: 1000 l.

2) Segundo diseño:

Nº de repeticiones: 20
Litros iniciales T1: 92.5 l.
Litros iniciales T2: 140 l.
Litros iniciales T3: 140 l.

Litros en el tanque superior: 627.5 l.
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

3) Tercer diseño:

Nº de repeticiones: 20
Litros iniciales T1: 140 l.
Litros iniciales T2: 140 l.
Litros iniciales T3: 0

Litros en el tanque superior: 720 l.
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

4) Cuarto diseño:

Nº de repeticiones: 20
Litros iniciales T1: 140 l.
Litros iniciales T2: 140 l.
Litros iniciales T3: 0

Litros en el tanque superior: 720 l.
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

Perturbación T3: 100 l.

Velocidad: 20 l./s. Tiempo de inicio: 11 s.

5) Quinto diseño:

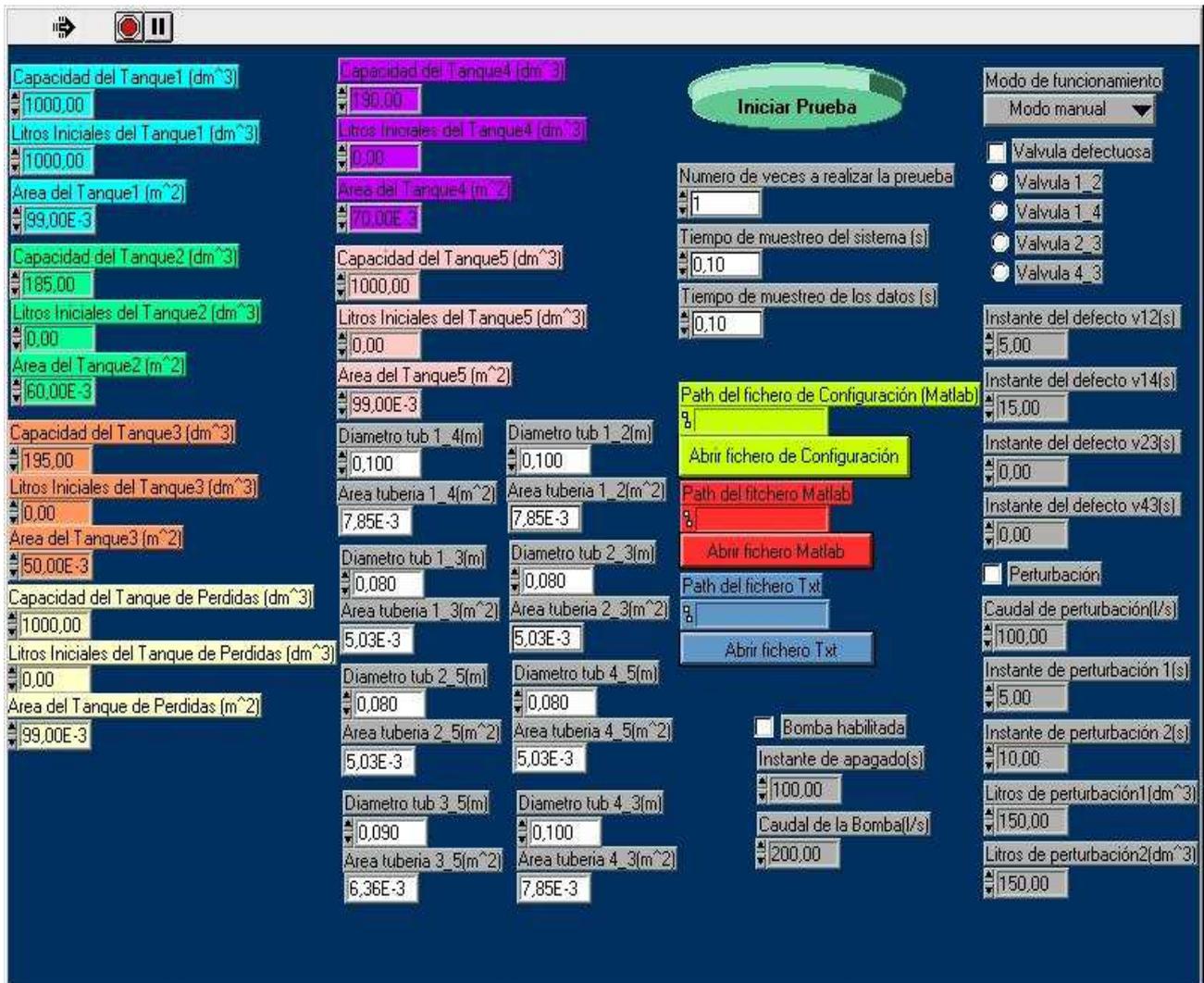
Nº de repeticiones: 20
Litros iniciales T1: 92.5 l.
Litros iniciales T2: 140 l.
Litros iniciales T3: 140 l.

Litros en el tanque superior: 627.5 l.
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

Perturbación T3: 100 l.

Velocidad: 20 l./s. Tiempo inicial: 9 s.

5.2) Sintonía de los diseños:



Tras realizar realizar diferentes pruebas con cada diseño el resultado acabo así:

Para el primer diseños lo descartamos por se demasiado simple en el tanque que tenemos situado más a la derecha aún estando en un nivel crítico no afecta gravemente al sistema con lo que de los 10 intentos que realizamos tuvimos un acierto del 90 %.

Para el segundo diseños tuvimos muchos problemas con los tanques y el control de las válvulas sobre todo en el tanque central al descargar los tanques laterales, descartamos este al cometer tantos errores.

Para el tercer diseño tuvimos menos problemas que para el anterior por lo que finalmente decidimos rebajar el nivel al tanque 1, sintonizando finalmente lo que sería la **prueba 1**.

Prueba 1:

Nº de repeticiones: 20

Litros iniciales T1: 92.5 l.
Litros iniciales T2: 140 l.
Litros iniciales T3: 0

Litros en el tanque superior: 767.5 l.
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

Para el cuarto diseño tuvimos también tantos problemas como para el segundo, la perturbación nos hacía perder el control que tenías en el tanque 3 o tanque de la derecha. Descartamos este directamente.

Para el quinto diseño la cosa se complicó todavía más. No realizamos muchas pruebas, rápidamente vimos que la perturbación y la cantidad inicial de los tanques era incontrolable.

De las dos pruebas anteriores sintonizadas, más ya tener escogida la prueba 1 finalmente decidimos optar por esta sintonía:

Prueba 2:

Nº de repeticiones: 20

Litros iniciales T1: 92.5 l.

Litros iniciales T2: 140 l.

Litros iniciales T3: 0 l.

Litros en el tanque superior: 767.5 l.

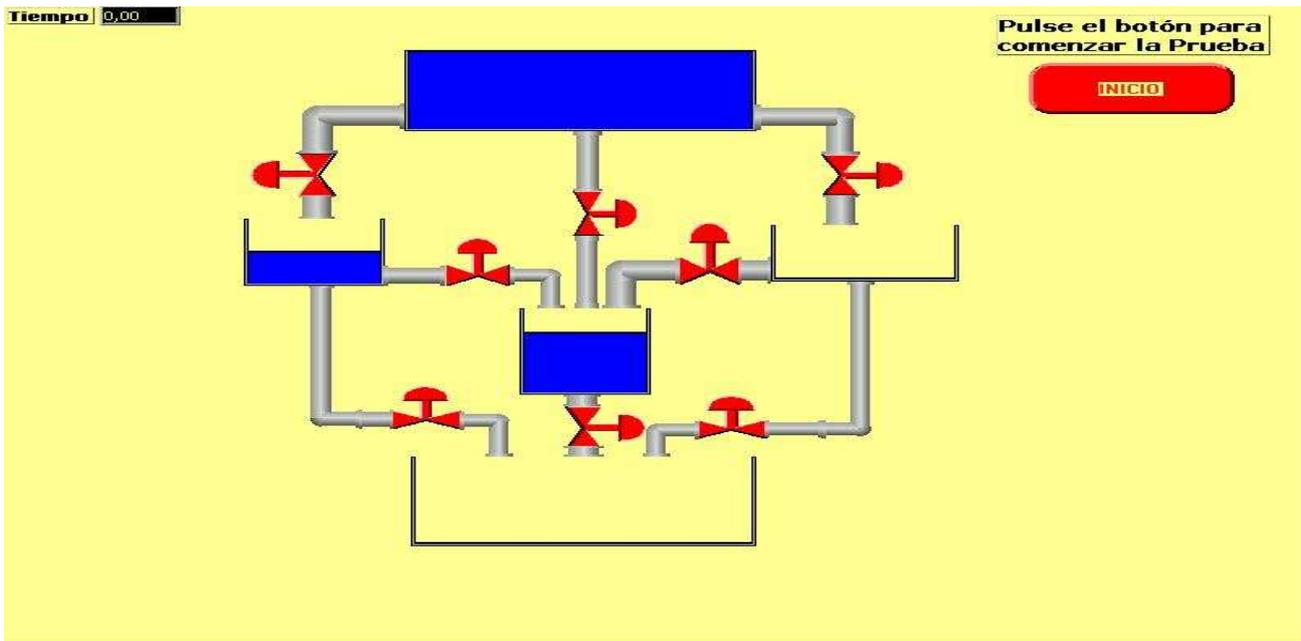
Capacidad tanque inferior: 1000 l.

Perturbación T3: 100 l.

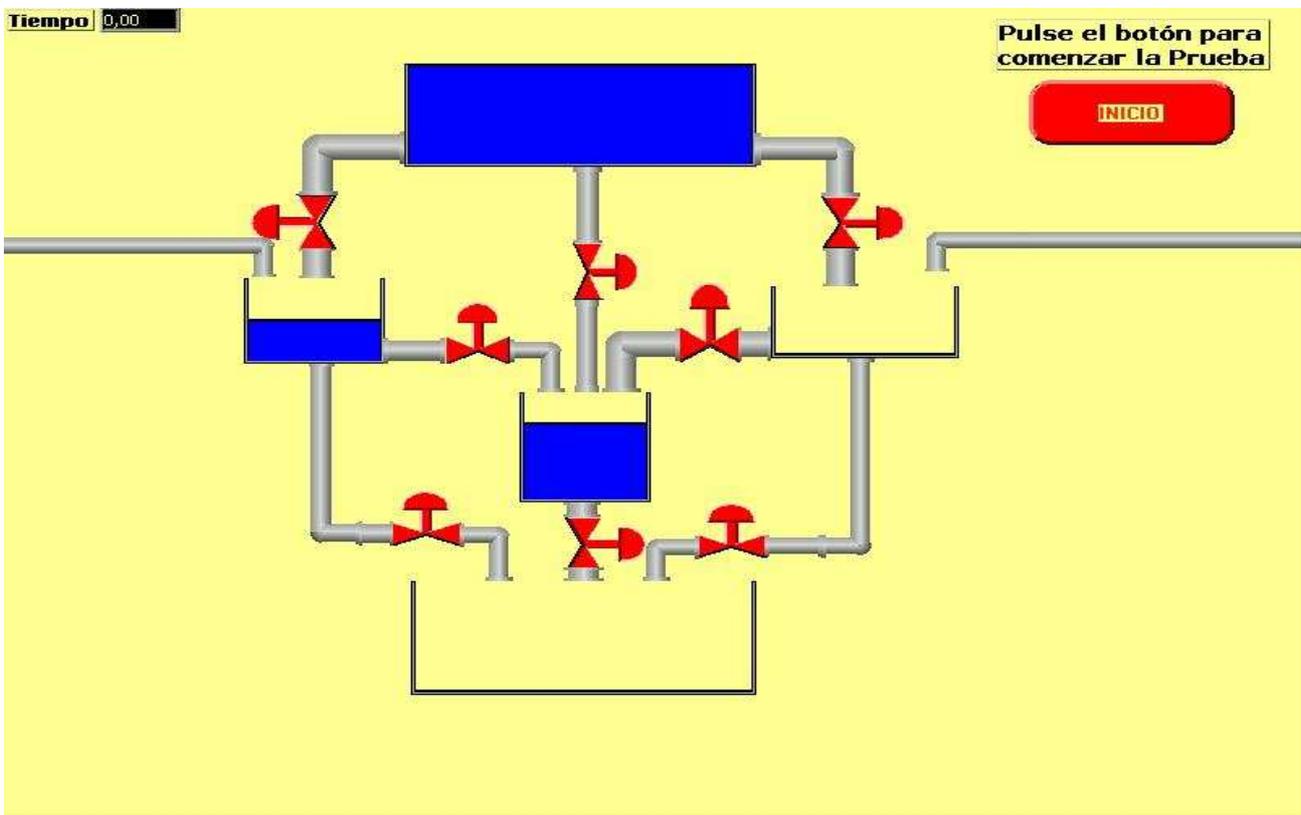
Velocidad: 20 l./s. Tiempo inicial: 9 s.

5.3) Pruebas realizadas

Prueba 1:



Prueba 2:



5.4) Archivos de excel:

Dentro del CD que se adjunta con la memoria encontramos una carpeta "Pruebas", aquí dentro tenemos dos carpetas más llamadas "Prueba1" y "Pruebas 2" dentro de estas carpetas tenemos los datos de cada una de la pruebas.

Tenemos 5 archivos .zip en pruebas 1 con cada nombre de las personas que han realizado la prueba, en este archivo .zip tenemos 3 archivos más con los detalles de la pruebas generados por el programa de tanques.

Tenemos 3 archivos .zip en pruebas 2 con cada nombre de las personas que han realizado la prueba, en este archivo .zip tenemos 3 archivos más con los detalles de la pruebas generados por el programa de tanques.

En cada carpeta tenemos 1 archivo de excel con datos estadísticos varios sobre la prueba de cada persona.

[D:\La Supervisión\Pruebas\Prueba1\Prueba1.xls](D:\La_Supervisión\Pruebas\Prueba1\Prueba1.xls)

[D:\La Supervisión\Pruebas\Prueba2\Prueba2.xls](D:\La_Supervisión\Pruebas\Prueba2\Prueba2.xls)

Nota: Si no funcionan los Link abrir archivos por exploracion.

Capítulo VI: Conclusiones

Desde lo del desarrollo industrial la supervisión de la producción ha sido una de las ideas que más han se ha trabajado por los diferentes departamento de una empresa.

La supervisión inicialmente era sinónimo del control de la producción se inicio realizando formación técnica al personal que trabaja en las diferentes industrias. Posteriormente cuando nos acercamos a los tiempos modernos este similitud entre supervisión y control se distancia, sobre todo con la llegada de la robotización o computerización de la industria ahora el control de la producción en primer plano lo realiza 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.

Para lograr una fácil interactividad entre el hombre y la máquina se generan aplicaciones informáticas para este propósito, en nuestro proyecto nos hemos encontrado un simulador para controlar la descarga y distribución de un sistema de 5 tanques de agua con varias entradas de agua y un deposito de salida.

En el sistema de tanques existían dos posibilidades para actuar con el sistema. El control manual, la persona era la encargada de realizar directamente el control sobre los tanques y el control automático, el programa también tenia la posibilidad de realizar el control automático/ manual este opción mucho más compleja se inicia el proceso con un control automático con lo que las persona adquiriría el papel de supervisor, en cualquier momento si el sistema entraba en alerta se podía pasar al control manual y realizar entonces por la persona el control directo. En las pruebas realizadas hemos utilizando únicamente el control manual.

De las pruebas realizadas a las diferentes personas hemos extraído varias tendencias, en concepto de conocimiento la prueba 1 realizada por un mayor numero de persona que la prueba 2 nos permite crear alguna idea tendencia del comportamiento general en el control manual.

Las tendencias que hemos creído ver son las siguientes:

- 1) **Actitud hacia la prueba:** Durante la prueba y sobre todo antes de estas hemos podido ver como la aptitud que adoptaban las personas era crucial para la resolución correcta de la misma, de esta forma una persona que se interesaba por la misma tiene un % más de pruebas realizadas OK, que no una persona que no mostraba ningún interés. Extrapolando esta idea vemos que la actitud que adoptamos es tan importante o más que todo el entorno o aplicación que desarrollemos para que la persona supervise el proceso.
- 2) **Actitud hacia el error:** Esta reacción en la que vemos en ciertos puntos de ambas pruebas, pero especial en la Prueba 1 donde en la los puntos 3 y 5 de la gráfica de "Peores tiempos" en la que la totalidad de las personas hicieron esa ejecución con error y en la siguiente ejecución la tendencia es ha bajar los tiempos.

3) **En el ámbito de resolución de las pruebas:** Las pruebas han sido sencillas y la tendencia general del grupo en ambas ha sido a mejorar tiempos y efectividad en las mismas, en las últimas pruebas (15 a 20) las personas ya controlaban de forma correcta el sistema cometiendo errores solos por intentar nuevas opciones para el control.

En general, la ambición de mejorar el tiempo, se veía reflejada, en la aparición de nuevos errores, que anteriormente no sucedían; aunque en los primeros intentos, primaba el reducir las pérdidas a cero, sin importar el tiempo.

Capitulo VII: Documentos y Anexos al proyecto

7.1) Documentos

Carpeta “Ideade”: Varios archivos en PDF localizados por la red para tener una idea sobre los conceptos más importantes del proyecto: Supervisión, control, SCADA, Labview...

Carpeta “EjSCADA”: Varios ejemplos en PDF con aplicaciones industriales reales de sistemas SCADA.

Carpeta “Demos”: Demos del Prosimax 1.35, Mediss 2.0 y Winss5.0

Carpeta “Ejprosimax”: Ejercicios de prosimax y Mediss resueltos.

Carpeta “Manualde”: Manual de prosimax, Winss5.0 y Ifix.

7.2) Anexos del proyecto

Carpeta “Dibujos Tanques”: Archivos de los dibujos del programa de tanques que están incluidos en la memoria.

Carpeta “Prueba1” y “Prueba2”: Archivo de Excel con los datos de dicha pruebas más archivos ZIP de cada persona que realiza la prueba.

Carpeta “Anexos”: Manual de Labview en ingles PDF. Archivo Powerpoint con las graficas de los archivos de excel

Capítulo VIII: ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO

[1] USER'S MANUAL PCL812-PG
PC-Lab Card Products

[2] CONJUNTO DE MANUALES DE LABVIEW
NATIONAL INSTRUMENTS

[3] COMPUTER SYSTEMS FOR AUTOMATION AND CONTROL
Gustaff Olsson
Gianguido Piani
Ed. M. J. GRIMBLE

[4] AUTOMATAS PROGRAMABLES
Josep Balcells
José Luis Romeral
SERIE MUNDO ELECTRONICO, MARCOMBO EDITORES.

[5] SISTEMAS OPERATIVOS: CONCEPTOS FUNDAMENTALES
James L. Peterson
Abraham Silberschatz
Ed. REVERTÉ