

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**



**Estudio de una red de comunicación para el  
Monitoreo de los Sistemas de Muestreo con  
relación al balance Divisional. Teniente-Codelco**

Tesis para optar al título de Ingeniero  
(E) en Electricidad

PROFESOR PATROCINANTE:  
Sr. Julio Zarecht Ortega

**Jaime Mauricio Tolosa Aravena**  
Valdivia 2007

## COMISIÓN DE TITULACIÓN

Profesor Patrocinante:

Sr. Julio Zarecht Ortega

---

Profesores Informantes:

Néstor Fierro Morineaud

---

Pedro Rey Clericus

---

Fecha Examen de Titulación

*DEDICATORIA*

*A mi esposa Marcela*

*Y mis hijos Alejandro y Francisca*

## INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
CAPITULO I	9
1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS A INCORPORAR AL MONITOREO	9
1.1 QUE ES UN SISTEMA DE MUESTREO	9
1.2 ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MUESTREO	12
1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	14
CAPITULO II	18
2 PLANTEAMIENTO DE UNA SOLUCION	18
2.1 RED DE SISTEMAS DE MUESTREO	18
2.2 SUPERVISION REMOTA	19
2.3 SOFTWARE DE SUPERVISION	21
2.4 ESTANDARIZACIÓN DEL CONTROL	24
2.4.1 PLC	24
2.4.2 SOFTWARE DE PROGRAMACION	27
CAPITULO III	29
3 EQUIPOS DE COMUNICACIÓN	29
3.1 CONVERTIDOR DE MEDIO ETHERNET-FIBRA OPTICA	29
3.2 EQUIPO RADIO ENLACE ETHERNET	30
3.3 RESUMEN - COSTOS EN EQUIPO	32
CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFIA	34
ANEXO	35

## RESUMEN

Los Sistemas de Muestreo son un conjunto de equipos que se disponen a lo largo de la línea de producción para extraer una muestra representativa del flujo de material que avanza en el proceso de obtención del cobre. Esta muestra es retirada cada cierto intervalo de tiempo para su análisis en los laboratorios de control de calidad de la División El Teniente. El dato del análisis es vital para el ajuste de los procesos y recursos empleados en el desarrollo del producto de cada Planta y en conjunto con otros resultados, forma parte de las variables del Balance Divisional. Este último, valor importante a la hora de definir las estrategias de competitividad en el mercado mundial y resultado de los aportes económicos al Estado.

De hace un tiempo ya se ha venido discutiendo la manera de incorporar estos sistemas a una gestión de supervisión permanente, para monitorear su funcionamiento y prestar atención inmediata ante un suceso de falla, aumentando la disponibilidad operativa de estos equipos y disminuyendo el impacto que provoca no controlar la calidad del proceso.

La geografía de alta montaña, las grandes distancias que separan el emplazamiento de estos sistemas y la disparidad de instrumentación en el control automático, dificultan la integración de una red de comunicación.

Este trabajo plantea una solución de Supervisión en red de los equipos que forman parte de los Sistemas de Muestreo que inciden en el balance Divisional. Para esto se requiere conocer en que consiste un sistema de muestreo y su modo de funcionamiento. Otro factor importante será la estandarización de los sistemas de control de cada uno de los muestreadores y evaluar el costo en equipamiento que implican las modificaciones para el enlace de las comunicaciones.

## ABSTRACT

The Sampling schemes are a set of equipment that is arranged throughout the line of production to extract a representative sample of the material flow that advances in the process of obtaining of copper. This sample is retired each certain time interval for its analysis in the laboratories of control of quality of the Division El Teniente. The data of the analysis is vital for the adjustment of the processes and resources used in the development of the product of each Planta and altogether with other results, comprise of the variables of the Divisional Balance. This last one, important value at the time of defining the strategies of competitiveness in the world-wide market and result of the economic contributions to the State.

From a time ago already one has come discussing the way to incorporate these systems to a management of permanent supervision, to monitorean his operation and to pay immediate attention before a fault event, increasing the operative availability of these equipment and diminishing the impact that causes not to control the quality of the process.

The geography of high mountain, the great distances that separate the location of these systems and the disparity of instrumentation in the automatic control, makes difficult the integration of a communications network.

This work raises a solution of Supervision in network of the equipment that comprises of the Sampling schemes which they affect the Divisional balance. For this it is required to know in which it consists a sampling scheme and its way of operation. Another important factor will be the standardization of the systems of control of each one of the mestreadores and to evaluate the cost in equipment that the modifications for the connection of the communications imply.

## INTRODUCCIÓN

Codelco comienza con la promulgación de la reforma constitucional que nacionalizó el cobre el 11 de julio de 1971. La creación de la Corporación Nacional del Cobre de Chile como se la conoce en la actualidad fue formalizada por decreto el 1 de abril de 1976.

Desde comienzos del siglo XXI, Codelco comenzó a definir su estrategia basada en una visión de futuro que implica consolidar su liderazgo como productor de cobre en el mundo a través de medidas que permitan desarrollar su potencial de negocios, maximizar su valor económico y su aporte al Estado.

Gran parte de esas metas fueron expresadas en el marco del Proyecto Común de Empresa (PCE), en ejecución desde el año 2000, que involucra a todos los trabajadores de la Corporación, pues privilegia un estilo de gestión basado en la cooperación, el convencimiento, la participación y el trabajo en equipo.

Esa programación estratégica trazó la visión de la Empresa. "Codelco, líder mundial en competitividad, desplegando todo el potencial de su gente y de sus negocios" Además estableció un compromiso con su dueño representado por todos los chilenos: duplicar su valor económico en el período 2000-2006.

Para conocer el valor de desarrollo, Codelco incorporó a sus procesos los sistemas de Gestión de Calidad ISO 9001-2000, Gestión Ambiental ISO 14000 y OSHAS 18000. Impulsó el desarrollo de la Metrología como factor del aseguramiento de las lecturas de los datos de sus procesos.

Instrumentos de medición, y su disponibilidad operativa son factores relevantes a la hora de definir un valor verdadero en materia de productividad. Y el balance es sin duda, el número que determinará el curso estratégico futuro.

En División El Teniente los sistemas que permiten obtener datos para el balance están dispuestos en distintos puntos de la larga cadena de procesamiento. Estos son los Sistemas de Pesaje y los Sistemas de Muestreo. El primero lleva la cuenta de cantidad y el segundo representa su calidad.

Hoy los Sistemas de Muestreo son equipos que están aislados y sin operarios, siendo visitados esporádicamente para retirar la muestra. Constituidos una parte de control y otra mecánica, esta última con una alta estadística de falla en sus partes móviles por lo agresivo del material, dejando los sistemas fuera de servicio por largos periodos.

Planteamientos de confiabilidad en el servicio dan sustento a la innovación de estos sistemas. La idea básica desarrollada se concentra en la definición de los equipos necesarios para el logro futuro en la implementación de la monitorización permanente de los sistemas de muestreo por red.

### **Objetivo General**

Establecer una solución de Supervisión de los equipos que forman parte de los Sistemas de Muestreo que inciden en el balance Divisional. Para esto se requiere conocer en que consiste un sistema de muestreo, y su importancia para justificar el desarrollo. Otro factor importante será la estandarización de los sistemas de control de cada uno de los muestreadotes y resolver los medios de enlace de comunicación para incorporarlos a la red Ethernet de la División.

### **Objetivos Específicos**

Definir las tecnologías de enlace físico para establecer la comunicación entre los distintos sistemas de Muestreo y la red Ethernet de División El Teniente.

Permitir a mantenedores, supervisar el funcionamiento de los equipos a distancia en un centro de monitoreo.

Estandarizar los equipos de control de los Sistemas de Muestreo, para facilitar la comunicación vía Ethernet y mantener homogéneos los insumos por repuestos.

Definir equipamiento de comunicaciones.

## CAPITULO I

### 1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS A INCORPORAR AL MONITOREO

#### 1.1 QUE ES UN SISTEMA DE MUESTREO

Un sistema de muestreo es un conjunto de equipos que operan de forma automática cuyo objetivo es obtener una muestra representativa de un flujo de mineral seco o húmedo y de una amplia gama de tamaños granulométricos.

##### **Cortador Primario**

Están constituidos por un cortador primario y dos reductores, en algunos hasta tres.

**Cortador Primario:** Este elemento está diseñado para tomar la muestra, cortando la totalidad del flujo en ángulo recto con respecto a él, mientras está en movimiento y en caída libre. Con esto se evita el efecto negativo de variables tales como: la segregación del mineral en las correas transportadoras o el asentamiento de las partículas en pulpas minerales.

El diseño mecánico estándar de un muestreador primario considera el uso de un carro portacuchara (simple o doble, según sea el grado de robustez requerido para la aplicación específica), provisto de 4, 6 u 8 ruedas de acero montadas sobre rodamientos sellados.

El desplazamiento del carro se efectúa sobre uno ó dos rieles guía, mediante una cadena de transmisión extremadamente robusta, que se desliza sobre varios piñones de apoyo. La cadena es impulsada por un piñón motriz, el que a su vez es accionado por un grupo motoreductor. En los extremos están los límites de carrera que forman parte del control para la inicialización del movimiento y conteo del programa del Plc.

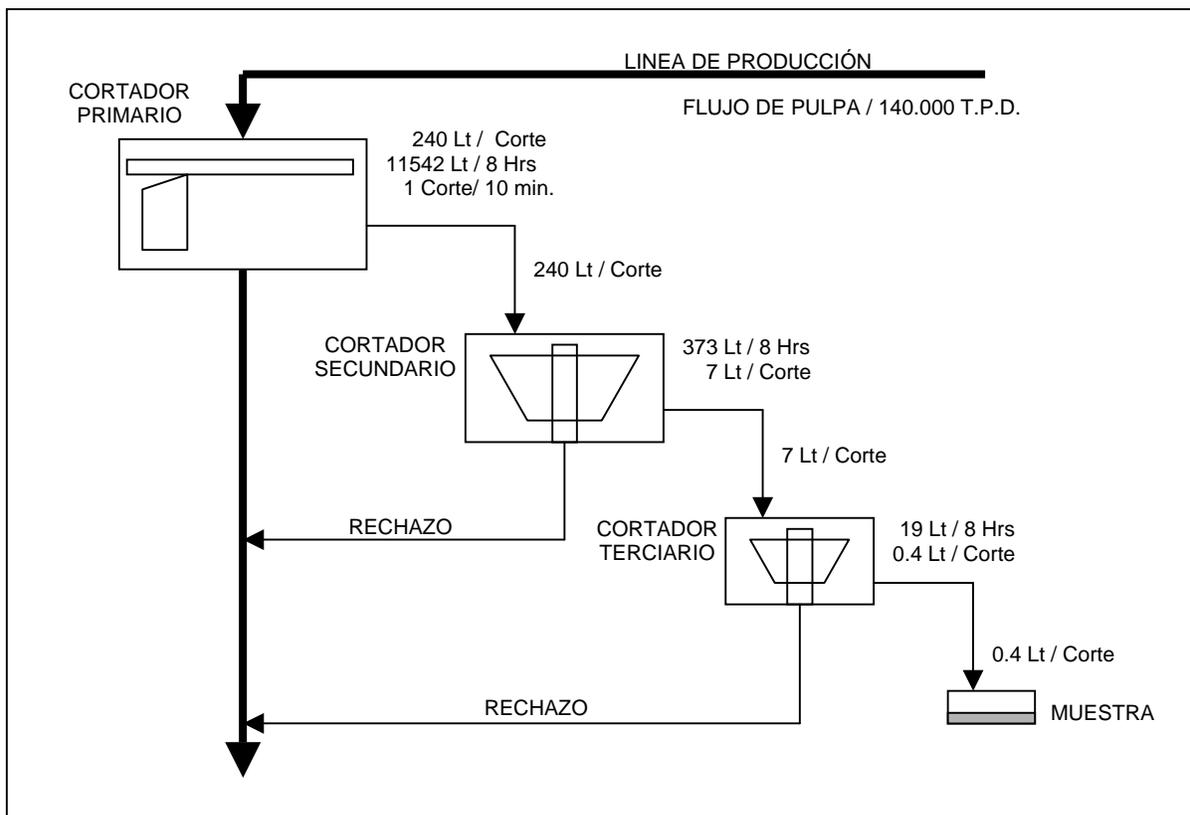
##### **Reductor Primario ó Vezin Secundario**

Su función es la de reducir de forma homogénea la muestra obtenida en el primer cortador, para ello se ubica perpendicular al flujo, el que es conducido en caída libre en una tubería. El flujo de mineral es capturado por cucharas dispuestas en forma radial a un eje que gira impulsado por un grupo motoreductor. El flujo que no es capturado por las cucharas es conducido nuevamente al proceso.

### Reductor Secundario ó Vezin Terciario

De igual manera que Vezin Secundario, y con menor capacidad de captura de flujo de mineral. La muestra es depositada en un contenedor para ser llevada a los laboratorios de análisis de mineral con el fin de determinar su ley.

La figura muestra un diagrama en bloque del proceso de Muestreo en Canal de Relaves.



La Figura N° 1 representa un SM para pulpa, se observa la canal de conducción del mineral, el cortador primario transversal al flujo con su riel, carro y porta cuchara. Más abajo esta el primer Vezin que captura el flujo por gravedad, tomado por el primario.

La Figura N° 2 representa un SM para mineral seco, se observa el término de la correa transportadora, donde se ubica el cortador primario con su riel y cuchara de captura, la descarga es conducida al siguiente equipo reductor.

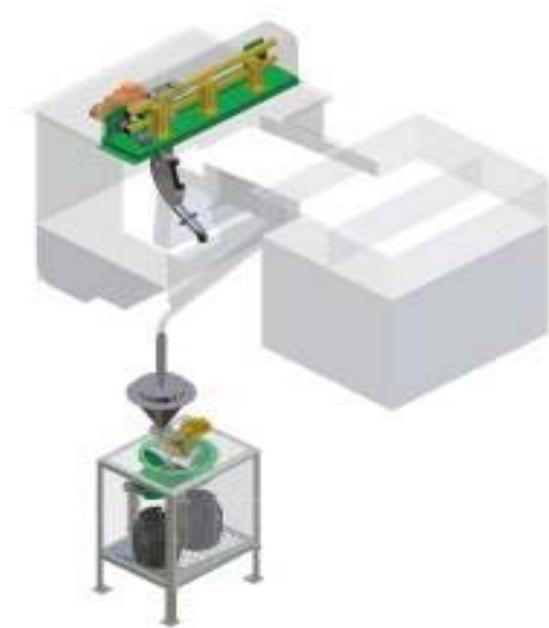


FIG N° 1

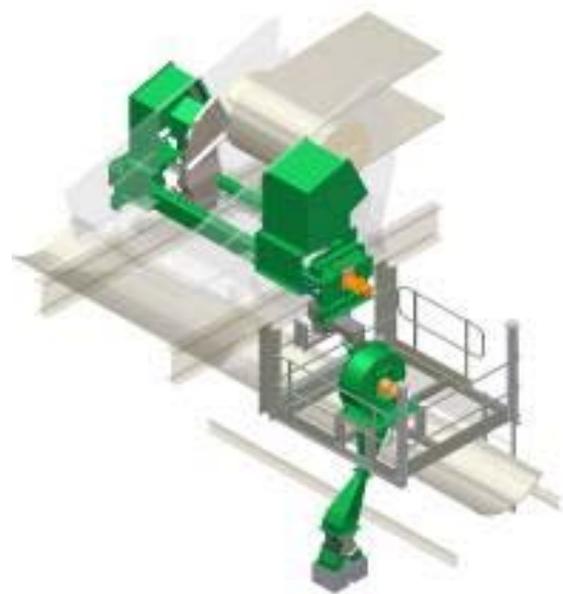


FIG N° 2

## 1.2 ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MUESTREO

Los sistemas actualmente operativos son los siguientes:

- 1.- **SISTEMA DE MUESTREO SIFÓN CACHAPOAL**
- 2.- **SISTEMA DE MUESTREO CORREA 213**
- 3.- **SISTEMA DE MUESTREO MOLINO UNITARIO**
- 4.- **SISTEMA DE MUESTREO CORREA 212**
- 5.- **SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO SEWELL**
- 6.- **SISTEMA DE MUESTREO CABEZA SAG 1**
- 7.- **SISTEMA DE MUESTREO CABEZA SAG 2**
- 8.- **SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO FINAL SAG**
- 9.- **SISTEMA DE MUESTREO COLA GENERAL SAG**
- 10.- **SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO P5**

### DESCRIPCION

A continuación, en cada uno realizaremos una descripción característica de su control y ubicación, para ir conociendo en detalle las dificultades que se deben sortear para los enlaces a la red.

#### **SISTEMA DE MUESTREO SIFÓN CACHAPOAL**

Ubicado a 35 Km. de Colón, muestrea el relave de la División, su control es por Plc marca Allen Bradley (Rockwell Automation), Modelo MicroLogic 1000.

A un Km. de distancia aproximado se encuentra una antena de transmisión de microondas para la telemetría de medidores de nivel de la canal de relave. Esta antena está dirigida al centro de control de Relaves en Rancagua.

#### **SISTEMA DE MUESTREO CORREA 213**

Ubicado en Planta de Molienda Convencional - Colón, en sector de chute alimentación correa 213, muestrea mineral seco. Su control es por Plc marca Telemecanique (Schneider Electric). modelo Compac.

El punto de red más cercano está a unos 50 mts en sala de muestreo.

**SISTEMA DE MUESTREO MOLINO UNITARIO**

Pertenece al proceso de Planta Molienda Unitaria - Colón. Ubicado en sector Río Colorado, fuera de la planta y cercano a oficinas de administración (200 mt). Su control es por Plc marca Allen Bradley (Rockwell Automation), Modelo MicroLogic 1000.

**SISTEMA DE MUESTREO CORREA 212**

Ubicado en sector torre 2 a 600 mts del panel de control, Planta Preparación Carga - Caletones, muestrea mineral húmedo, concentrado de cobre. Es controlado por Plc marca Telemecanique (Schneider Electric). Modelo Quantum.

**SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO SEWELL**

Ubicado en Sewell, a 2800 mts snm. Es controlado por Plc marca Telemecanique (Schneider Electric). Modelo Momentum. A 80 mts punto de red mas cercano en sala de muestreo.

**SISTEMA DE MUESTREO CABEZA SAG 1**

Ubicado en Planta Molienda Sag – Colón. Es controlado por timer y a unos 500 mts del punto de red más cercano en sala de control.

**SISTEMA DE MUESTREO CABEZA SAG 2**

Ubicado en Planta Molienda Sag – Colón. Es controlado por timer y a unos 500 mts del punto de red más cercano en sala de control. Los SM Cabeza Sag 1 y 2 están juntos dentro de la Planta.

**SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO FINAL SAG**

Ubicado en Planta Molienda Sag – Colón. Es controlado por timer y a unos 300 mts del punto de red más cercano en sala de control.

**SISTEMA DE MUESTREO COLA GENERAL SAG**

Ubicado fuera de Planta Molienda Sag – Colón. Es controlado por timer y a unos 600 mts del punto de red más cercano en sala de control.

### SISTEMA DE MUESTREO CONCENTRADO P5

Ubicado fuera de Planta Molibdeno – Colón, a unos 600 mts en línea recta. Es controlado por timer.

Para mostrar de mejor manera el actual estado de funcionamiento de acuerdo a lo anterior completamos el cuadro siguiente.

Nº	SISTEMA DE MUESTREO	CONTROL			DISTANCIA A PTO DE RED	
	Nombre	equipo	marca	modelo	metros	descripción
1	SIFÓN CACHAPOAL	Plc	Allen Bradley	MicroLogic 1000	1000	Exterior hasta antena microonda
2	CORREA 213	Plc	Telemecanique	Compac	50	Interior Planta
3	MOLINO UNITARIO	Plc	Allen Bradley	MicroLogic 1000	200	Exterior Planta
4	CORREA 212	Plc	Telemecanique	Quantum	600	Interior Planta
5	CONCENTRADO SEWELL	Plc	Telemecanique	Momentum	80	Interior Planta
6	CABEZA SAG 1	Timer	Relé	Relé	500	Interior Planta
7	CABEZA SAG 2	Timer	Relé	Relé	500	Interior Planta
8	CONCENTRADO FINAL SAG	Timer	Relé	Relé	300	Interior Planta
9	COLA GENERAL SAG	Timer	Relé	Relé	600	Exterior Planta
10	CONCENTRADO P5	Timer	Relé	Relé	600	Exterior Planta

### 1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La división El Teniente, a ochenta kilómetros al sur de Santiago, emplazada en la alta montaña a 2.500 metros sobre el nivel del mar, centra sus operaciones en la explotación de la mina subterránea de cobre más grande del mundo. Produce 437.393 toneladas métricas finas anuales de cobre en la forma de lingotes refinados a fuego (RAF), y cátodos de cobre al año. Como resultado del procesamiento del mineral también se obtienen 5.249 toneladas métricas de molibdeno.

Se compone de un variado N° de Plantas de proceso y centros industriales, los principales Sewell, Colón y Caletones.

## SEWELL

El vocablo **cobre**, del latín cyprum o cuprum, define a un metal de color rojo pardo, brillante, maleable y dúctil, que tiene como características ser el más tenaz después del hierro, más pesado que el níquel y más duro que el oro y la plata. La química le ha dado el símbolo **Cu** y el número atómico **29**.

Gran parte de las reservas de cobre del mundo se encuentran en Chile (Cordillera de Los Andes).

El Teniente es la mina subterránea de cobre más grande del mundo y su yacimiento tiene reservas para ser explotado por cien años más. La Mina está conformada principalmente por sulfuros de cobre.

La fase de extracción de El Teniente se desarrolla en una decena de áreas. En las capas superiores, dada la riqueza del mineral secundario -roca blanda y de fácil fragmentación- la extracción se lleva a cabo por el método block caving (hundimiento de bloques), en que el mineral cae por gravedad desde el nivel de hundimiento al de producción. En los sectores profundos, de roca primaria -más dura y de menor ley- el método extractivo es altamente mecanizado y se usan jumbos, cargadores LHD y martillos picadores hidráulicos.



La capacidad anual de producción de la Mina es de 35 millones de toneladas de mineral -con una ley promedio de 1,15 %- lo que ha llevado a que en casi cien años de explotación se hayan excavado más de 2.200 kilómetros de túneles, equivalentes a la distancia entre las ciudades de Rancagua y Arica.

División El Teniente apunta a ser la mina de cobre más competitiva del mundo. A ello apunta el avance tecnológico alcanzado a lo largo del tiempo y, lo más importante, el desarrollo de su recurso humano. Los trabajadores son su capital más importante y su principal activo para alcanzar el liderazgo mundial en la industria del cobre.

### **COLON**

La fase de concentración se realiza en las instalaciones de Colón y Sewell. La fase de concentración consiste en la reducción del tamaño del mineral, que se realiza en las etapas de chancado y molienda (molinos SAG y líneas de molienda convencional), y la posterior separación de las partículas de cobre y molibdeno, que se ejecuta a través de un proceso de flotación.

Gracias al Plan de Desarrollo El Teniente ya se encuentra en operación la primera fase de ampliación de molienda SAG de 24 mil a 65 mil tpd, con un rendimiento sobre la capacidad de diseño; y su segunda fase, correspondiente a la ampliación de la molienda convencional de 54 mil a 66 mil tpd, tiene su puesta en marcha prevista para mediados de 2006.

La concentración de mineral exige una cantidad de agua industrial que supera los 1.000 litros por segundo. Para satisfacer dicha demanda, El Teniente utiliza dos sistemas: la captación de aguas superficiales a través de bocatomas, redes de conducción y equipos de bombeo, y una aducción desde el río Blanco hasta Colón

### **CALETONES**

La etapa de fundición se realiza en Caletones, faena industrial que actualmente tiene una capacidad de procesamiento.

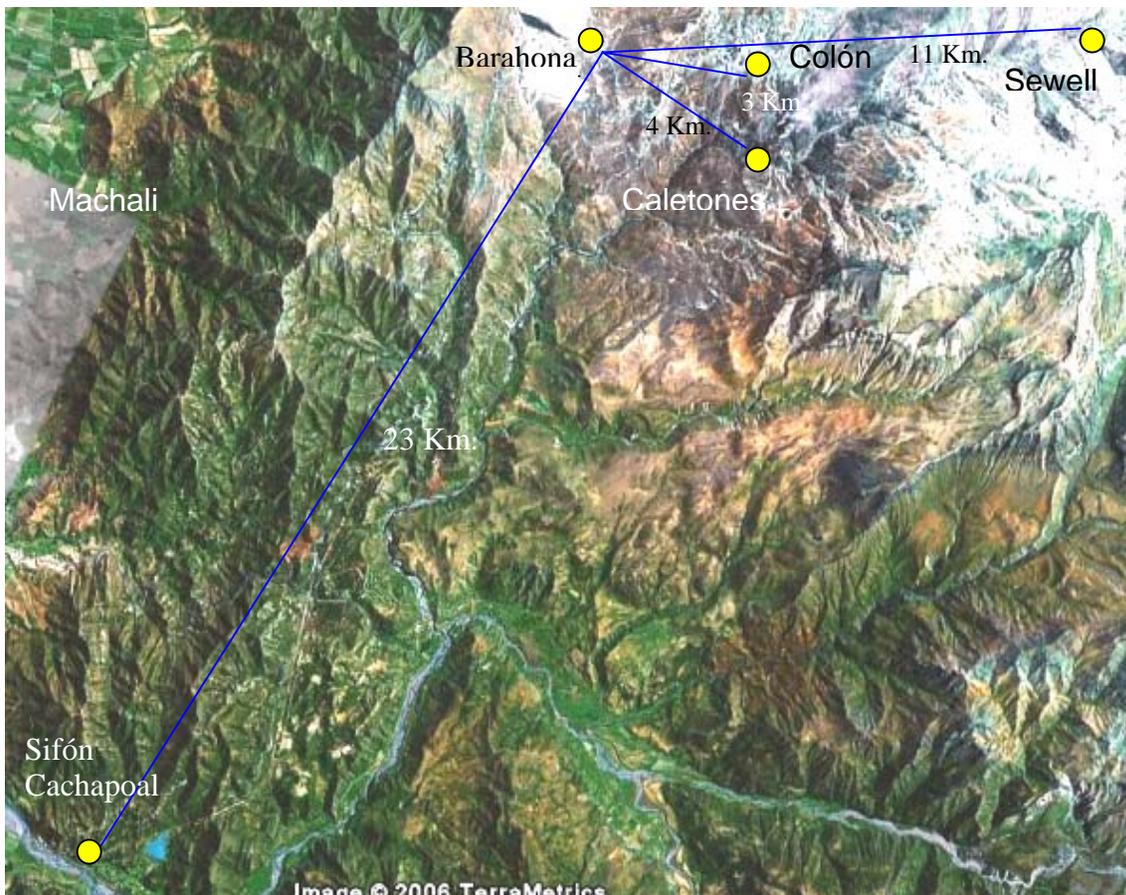
En Caletones se efectúa el tratamiento del concentrado (con un 32 % de pureza) en operaciones pirometalúrgicas que permiten obtener el cobre metálico. La fusión se ejecuta en Convertidores Teniente, convertidores convencionales (Pierce Smith) y hornos de limpieza de escorias.

La tecnología estrella desarrollada en Caletones es el Convertidor Teniente: un reactor gigante que fusiona mineral en forma continua, incrementando los niveles de producción y reduciendo

costos de energía, por el uso de oxígeno inyectado en lugar de combustible. El equipo se remonta a 1977 y ha sido instalado en varias fundiciones de Chile (Chuquicamata, Potrerillos, Ventanas y Paipote) y comercializado a industrias extranjeras de Perú, México, Zambia y Tailandia.

Por otra parte, en la fundición Caletones se dio inicio al proyecto de restitución de la capacidad de operación de la planta de limpieza de gases N°1, y a otros proyectos menores, que permitirán sustentar una tasa de fusión de 1.250 mil toneladas por año de concentrados.

Dado que el desarrollo integral de la empresa pasa por su compromiso con la sustentabilidad ambiental, El Teniente invirtió 270 millones de dólares en el Plan de Descontaminación de Caletones. Gracias a esta iniciativa, desde enero de 2003, El Teniente cumple con la norma de calidad del aire vigente en el país.



La figura muestra las distancias entre los distintos sistemas de muestreo.



## 2.2 SUPERVISIÓN REMOTA

Tener la posibilidad de conocer a cada momento la condición o estado de funcionamiento de los Sistemas de Muestreo en forma remota, es una solución que hoy permite el avance tecnológico de las comunicaciones y los sistemas computacionales.

El tratamiento automático de la información con la ayuda de procesadores cada vez mas poderosos, dan origen a herramientas de software de supervisión y control para la gestión de archivos de datos, generación de reportes de alarmas, mantener los datos en archivos históricos, análisis estadísticos de estos, etc. Me refiero a un control supervisorio y de adquisición de datos, llamado en la Industria SCADA.

Un SCADA es una aplicación basada en PC's que se comunica con los PLC's del proceso para adquirir información, variar algunos parámetros de este, escribir directamente a la memoria del PLC y ver en pantalla un esquema o diagrama animado, o inclusive ver gráficas en movimiento, como una correa transportadora, o un motor en funcionamiento.

Nuestro sistema SCADA consiste en una computadora comunicándose con la red de PLC's a través de la red Ethernet. Las comunicaciones son realizadas usando un Driver de comunicación que hable el mismo protocolo de comunicación que los PLC's.

Con la introducción de Ethernet a este nivel, podemos aprovechar la infraestructura ya existente en la División y usar tecnologías de red estandarizadas y económicas, de modo que todas las computadora con software SCADA se pueden conectar con cualquiera de estos PLC's y solo deberá seleccionar el Driver adecuado par establecer la comunicación.

Su nombre deriva del inglés: Supervisory Control And Data Acquisition, y se utiliza en forma general para identificar sistemas centralizados de control e instrumentación. La toma de datos se lleva a cabo mediante adquisidores (usualmente PLCs), que recorren secuencialmente un conjunto de sensores. Esto se realiza usualmente a alta velocidad.

Una computadora ejecuta el software del sistema, barriendo el conjunto de PLCs, normalmente a una velocidad menor.

Los datos son almacenados y procesados para detectar alarmas o condiciones particulares. En caso de existir una condición de alarma, se visualiza y, eventualmente, el sistema puede generar una respuesta automática.

Los datos recibidos pueden ser de 3 tipos: analógicos (números reales), que se muestran en gráficos de tendencias; digitales (on/off) que pueden tener asociadas alarmas; y pulsos (por ejemplo revoluciones de un motor), que normalmente se cuentan o acumulan.

La interfaz principal con el operador es un display gráfico (mímico) que muestra una representación de la planta o el equipo controlado en forma esquemática.

Los datos “vivos” se visualizan como imágenes sobre un fondo estático. A medida que los datos cambian, estas imágenes se actualizan.

Por ejemplo una válvula se puede ver abierta o cerrada.

Los datos analógicos pueden verse como números o gráficamente.

Un sistema puede contener muchas pantallas, pudiendo el operador seleccionar cualquiera de ellas en cualquier momento.

Una aplicación SCADA consta de un conjunto de elementos que deben ser integrados en forma armónica para llevar a cabo la tarea central de control.

### **Diseño e ingeniería.**

La primera parte de todo proyecto es la definición del problema, el análisis de los elementos existentes y la evaluación de los componentes necesarios para la puesta en marcha o la modernización de la aplicación SCADA.

### **Sensado, medición y accionamiento.**

De acuerdo a los requisitos del sistema, se determinan los sensores y actuadores necesarios, sus características y el acondicionamiento de las señales requeridas. Existen en la actualidad numerosas alternativas para cada función y rango de uso.

### **Adquisición y actuación local.**

El procesamiento local de las señales se lleva a cabo mediante PLCs o adquirentes, los cuales pueden, adicionalmente, llevar a cabo tareas de activación manual o automática. La actividad de los PLCs puede supervisarse localmente, mediante paneles gráficos, teclados y otros dispositivos, o interconectarse para integrar el SCADA centralizado para prestaciones avanzadas.

**Comunicaciones.**

Los sistemas logran su integración final mediante la intercomunicación entre los diversos adquirentes y la computadora en la que se ejecuta la aplicación SCADA. Esta computadora puede a la vez pertenecer a una red, dentro de la cual será posible acceder a los datos generados por el sistema. Los métodos de comunicación pueden ser: cableado de red estándar (UTP), fibra óptica, redes inalámbricas locales, radioenlaces, microondas, telefonía, internet, etc.

**Funciones:**

Interfaz hombre/máquina: tanto desde la operación local (mediante paneles o displays), como en la aplicación mediante PCs, el énfasis del sistema SCADA está puesto en la forma de interacción entre el operador o usuario y el equipo bajo control.

**Adquisición:**

Todo el sistema se alimenta con datos obtenidos de las variables de campo. Los datos pueden ser visualizados en forma gráfica o numérica. Es posible consultar el estado actual de cualquier parámetro y compararlo con mediciones anteriores.

**2.3 SOFTWARE DE SUPERVISIÓN****INTOUCH**

InTouch de Wonderware es un software desarrollado para supervisión de procesos que permite remotamente incidir sobre un proceso. En esta etapa no ha sido pensado para albergar el control, sin embargo, la plataforma está ya construida para su desarrollo futuro.

Con más de diez años de funcionamiento, Wonderware InTouch HMI permanece como líder absoluto en la generación de aplicaciones de Supervisión y Control. Los grandes avances realizados en toda su trayectoria permiten a sus usuarios crear y mantener aplicaciones estándar a gran velocidad y su instalación inmediata en todos los puntos de una industria concreta, incrementando drásticamente los tiempos de desarrollo y, por tanto, la productividad y rendimiento de la empresa.

InTouch HMI para monitorización y control de procesos industriales ofrece una sobresaliente facilidad de uso, creación y configuración de gráficos. Permite a los usuarios la creación y puesta en marcha de aplicaciones para la captura de información a tiempo real mediante potentes asistentes y sus nuevos *SmartSymbols*. Las aplicaciones creadas con InTouch son lo suficientemente flexibles para cubrir las necesidades y permitir su ampliación para el acondicionamiento a futuros requerimientos, manteniendo todos los esfuerzos e inversiones realizadas en las primeras fases de desarrollo. Están preparadas para el acceso desde dispositivos móviles, Thin Clients, Estaciones de Red o a través de Internet. Además, el concepto abierto y ampliable de InTouch HMI ofrece una conectividad si igual al más amplio conjunto de dispositivos de automatización industriales.

Incluye características avanzadas de ayuda y ejecución de aplicaciones para mejorar el rendimiento y facilitar el trabajo de operadores en planta.

#### **Guía Dinámica al Operador**

Estas herramientas facilitan una guía e información y funciones adicionales al operador para que obtenga rápidamente sus requerimientos con una mejor comprensión de la aplicación.

#### **Gestión Inteligente de Alarmas**

Las herramientas de gestión de alarmas facilitan un mejor y más rápido trabajo con ellas, consiguiendo mejoras significativas de rendimiento.

#### **Facilidad de Uso**

Una de las claves en la selección de un software para la generación de aplicaciones HMI es su facilidad de uso. InTouch HMI facilita a los usuarios el desarrollo fácil y rápido de aplicaciones industriales para crear las vistas gráficas de sus procesos. Los usuarios pueden crear gráficos con el programa editor WindowMaker™, que incluye herramientas como gráficos estándar: imágenes bitmap, controles ActiveX, Symbol Factory (avanzada librería gráfica que contiene miles de imágenes preconfiguradas utilizadas en el mundo industrial), y ahora con los nuevos SmartSymbols. Todas ellas intuitivas y preparadas para un rápido y eficaz desarrollo de aplicaciones.

InTouch dispone de múltiples herramientas de dibujo, enlaces de conexión I/O de fácil configuración, un motor de generación de programas (Scripts) potente y amigable y un interface de un sólo click para sus operaciones fundamentales.

InTouch es utilizado actualmente en la supervisión y control de los recursos hídricos de la División.

El área de Instrumentación cuenta además con una licencia disponible de este producto que permitiría su instalación y desarrollo en la monitorización de los Sistemas de Muestreo.



## 2.4 ESTANDARIZACIÓN DEL CONTROL

Hoy la electricidad, la automatización y las tecnologías de comunicación están convergiendo, los fabricantes incorporan su mejor desarrollo para satisfacer las demandas de integración, seguridad y flexibilidad.

La estandarización del control Plc de los SM, se fundamenta en las soluciones de comunicación incorporadas a estos equipos que ofrece el mercado. Y facilitar la tarea de mantenedores, haciendo más eficiente el trabajo de estos por contar con un único programa y satisfaciendo la demanda de insumos en repuestos.

El desarrollo de la experiencia en la mantención de SM y el soporte técnico entregado por proveedores, define utilizar un concepto modular innovador, fácilmente adaptable a los cambios tecnológicos.

### 2.4.1 PLC

El sistema Modicon TSX Momentum, incluye 4 componentes fácilmente ensamblables, que se conectan entre si en diversas combinaciones para crear sistemas o subsistemas de control versátiles.

Los 4 componentes son:

- Bases de E/S.

- Adaptadores de comunicación para múltiples protocolos.

- Adaptadores procesador.

- Adaptadores opcionales.



## **Bases de E/S**

Las bases de E/S Modicon TSX Momentum se integran fácilmente a los sistemas de control existentes, gracias a sus adaptadores de comunicación, procesadores, adaptadores opcionales y diversas bases de entradas/ salidas E/S analógicas, E/S discretas en tensiones de 24 VDC, 11 OVAC y 220 VAC, bases con salidas a relé, bases con E/S combinadas, bases con funciones específicas (contaje, control de motores paso a paso), etc. Todas ellas con sistema de borneras extraíbles.



## **Adaptadores de comunicación**

El Sistema Modicon TSX Momentum está diseñado para independizar las comunicaciones de la base de E/S creando un sistema de E/S realmente abierto.

Al montar sobre la base de E/S Modicon TSX Momentum un adaptador de comunicación, obtenemos una base E/S que se conecta directamente con cualquier campo y respondiendo al administrador de la red.

Las E/S Modicon TSX Momentum pueden ser utilizadas en distintos tipos de arquitecturas; sistemas de control centralizados, distribuidos, sistemas basados en PC, como complemento para controladores programables de diferentes proveedores y como complemento de otros procesadores Modicon TSX Momentum.

## **Procesadores**

Cuando se necesita una inteligencia local distribuida en el punto de control, Modicon TSX Momentum es la respuesta adecuada.

Los adaptadores procesadores Modicom TSX Momentum M1 equipados con CPU, RAM y memoria Flash, son compatibles con los PLC Quantum Compact y 984 de Modicon y se

conectan en las bases de E/S Modicom TSX Momentum igual que los adaptadores de comunicación.

### **Adaptadores opcionales**

El adaptador opcional va acompañado siempre de un procesador que le proporciona nuevas capacidades de red, reloj calendario y batería de seguridad para la de datos. El adaptador opcional también se conecta la base de E/S, en la parte superior.

### **Adaptadores y Procesadores con puerto Ethernet**

La familia TSX Momentum se integra a la plataforma Transparent Factory a través de los adaptadores de comunicación Ethernet y los procesadores (CPUs) con puerto de comunicación Ethernet y páginas WEB embebidas (incorporadas).

### **Adaptadores de comunicación Ethernet**

Los adaptadores de comunicación 170 ENT 110 00y 170 ENT 110 01 permiten la conexión a la red Ethernet de la familia completa de bases de entradas y salidas TSX Momentum. Esta conectividad posibilita la comunicación con todos los dispositivos de control compatibles con Ethernet TCP/IP (PLCs, controles de movimiento, PCs industriales, etc) lo que convierte a la familia TSX Momentum en un poderoso sistema de entradas/salidas distribuidas dialogando en un protocolo universal y abierto (servicio I/O Scanning).

El sistema de direccionamiento IP permite un número ilimitado de bases de E/S TSX Momentum conectadas a la red. Utilizando hubs, routers, bridges, switches, la performance y longitud de la red Ethernet puede ser adecuadamente ajustada a las necesidades de casi cualquier aplicación de control.

El adaptador de comunicación Ethernet utiliza la estructura estandarizada de mensajes y comandos de control de Modbus sobre el protocolo TCP/I P, lo cual simplifica la implementación de control y al mismo tiempo posibilita que la información pueda estar disponible en una red estandarizada y mundialmente aceptada como Ethernet.

### **Descripción:**

Los adaptadores de comunicación Ethernet modelo 170 ENT 110 0. cuentan con:

Conector RJ 45 normalizado para la conexión a la red 10base T ó 100base TX según el modelo.

Espacio para etiqueta.

LEDs indicadores del estado comunicador.

### **Procesadores M1 E**

Los procesadores M1 E, ofrecen control en tiempo real y acceso abierto a la información a través de su puerto de comunicación Ethernet, acorde a la filosofía de la plataforma Transparent Factory.

#### **Sus principales beneficios:**

Conectividad a Ethernet con el protocolo Modbus TC/IP.

Control de Entradas/Salidas remotas de alta performance sobre Ethernet (I/O Scanning)

Páginas WEB embebidas (incorporadas) que permiten acceder desde un explorador de Internet (browser) a siguientes herramientas:

Pantallas de estado de la CPU

Estado de las Entradas/Salidas

Estadísticas de la red Ethernet

Página de soporte

## **2.4.2 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN**

### **CONCEPT**

Las plataformas de automatismos Modicon TSX de las series MOMENTUM y QUANTUM utilizan el software de programación CONCEPT, según las opciones de aplicación y hardware seleccionados.

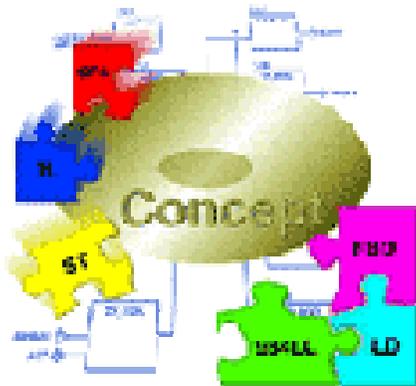
El CONCEPT es una herramienta de programación basada en Microsoft Windowsâ que facilita un único entorno de desarrollo.

En general ofrece la solución a todas las necesidades, debido a su arquitectura modular y escalable que permite configurar una instalación ajustando estrictamente su arquitectura.

Es un software que responde a todas las necesidades del control industrial, cumpliendo las regulaciones del estándar internacional IEC-1131, destacando sus aportaciones como:

- La facilidad de configuración y mantenimiento.
- Permite una gran flexibilidad de arquitecturas y módulos.
- Ha sido experimentado en todos los campos de aplicación con absoluta fiabilidad, incluso en condiciones muy exigentes.
- Ofrece una conectividad abierta para una amplia variedad de redes.

Nuestro departamento cuenta con licencias de este producto por lo que no se requiere su adquisición.



## CAPITULO III

### 3 EQUIPOS DE COMUNICACIÓN

Para los enlaces por fibra óptica y radioenlace ethernet, existe una amplia gama de fabricantes y marcas, como ejemplo se presentan los siguientes:

#### 3.1 CONVERTIDOR DE MEDIO ETHERNET-FIBRA OPTICA

##### RS TF14-I

Convertidor de medio diseñado para efectuar la conversión de 10Base-T a 10Base-FL.

Instalación Plug and Play.

El conmutador de enlace ascendente en el puerto RJ45 permite la selección manual del crossover.

Los led permiten conocer de un vistazo el diagnóstico y el estado de la red.

La versión de fibra óptica proporciona modos transparentes de operación Half y Full duplex.



### 3.2 EQUIPO RADIO ENLACE ETHERNET

Xstream-PKG-E.

Rendimiento de Gran Alcance para ambientes interiores/zonas urbanas hasta 1500' (450 m)

Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores: hasta 7 millas (11 Km.)

con antena dipolo 2.1 dB

Receiver Sensitivity: -110 dBm (@9600 bps)

Outdoor line-of-sight Range:

up to 20 miles (32 km)

w/ high-gain antenna

Trabajo en Red y Seguridad Avanzadas

Reintentos, reconocimientos y acuse de recibos para un despacho confiable de paquetes de datos

7 Canales de Saltos de Frecuencia – cada uno con direcciones disponibles de 65k

Permite varios modos avanzados de Trabajo en Red

Si es necesaria una funcionalidad mas avanzada, los módems soportan un amplio conjunto de comandos.

## **XStream-PKG™ RF Modems**

900 MHz - 2.4 GHz - Radio Módems Independientes, fabricados por MaxStream, Inc.

### Rendimiento de Gran Alcance

Alcance para ambientes interiores/zonas urbanas:	hasta 1500' (450 m)
Alcance en Línea de Visión para ambientes exteriores:	hasta 7 millas (11 km) con antena dipolo 2.1 dB
Outdoor line-of-sight Range:	up to 20 miles (32 km) w/ high-gain antenna
Receiver Sensitivity:	-110 dBm (@9600 bps)



### Trabajo en Red y Seguridad Avanzadas

- 7 Canales de Saltos de Frecuencia – cada uno con direcciones disponibles de 65k
- Reintentos, reconocimientos y acuse de recibos para un despacho confiable de paquetes de datos
- Permite varios modos avanzados de Trabajo en Red

### Facilidad de Uso

No es necesario efectuar configuraciones en la parte externa de la caja para realizar la operación de RF. Simplemente, alimente los datos hacia dentro del MODEM y éstos, serán enviados al otro Terminal del enlace inalámbrico.

Si es necesaria una funcionalidad mas avanzada, los módems soportan un amplio conjunto de comandos.

### Interfases Disponibles

	<b>XStream-PKG-R™</b> RS-232/485		<b>XStream-PKG-E™</b> Ethernet
	<b>XStream-PKG-L™</b> USB		<b>XStream-PKG-T™</b> Telefónica

## ***XStream-PKG™ 900 MHz & 2.4 GHz RF Modems***

Especificaciones		XStream-PKG-R™ (RS-232/485)	XStream-PKG-U™ (USB)	XStream-PKG-E™ (Ethernet)	XStream-PKG-T™ (Telefónica)	
Rendimiento	Alcance en ambientes interiores/urbanas urbanas (con una antena dipolo de 2.1 dBi)	900 MHz	hasta 1500' (450 m)			
		2.4 GHz	hasta 600' (180 m)			
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores (con una antena dipolo de 2.1 dBi)	900 MHz	hasta 7 millas (11 km)			
		2.4 GHz	hasta 3 millas (5 km)			
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes abiertos (con una antena dipolo de alta ganancia)	900 MHz	hasta 20 millas (32 km)			
		2.4 GHz	hasta 10 millas (16 km)			
	Potencia de Salida en Transmisión	900 MHz	100 mW (20 dBm)			
		2.4 GHz	50 mW (17 dBm)			
	Sensibilidad del Receptor	900 MHz	-110 dBm (@9,600 bps Velocidad de Proceso y Transferencia de Datos), -107 dBm (@19,200 bps)			
		2.4 GHz	-105 dBm (@9,600 bps Velocidad de Proceso y Transferencia de Datos), -102 dBm (@19,200 bps)			
	Régimen de datos de la Interfase (software seleccionable)	10 - 57600 bps (incluyendo regimenes no estándares de baudios)				
	Velocidad del Proceso y Transferencia de Datos	9,600 or 19,200 bps				
	Régimen RF de datos	10,000 bps (@9,600 bps Velocidad de Proceso y Transferencia de Datos) or 20,000 bps (@19,200 bps)				

### 3.3 RESUMEN - COSTOS EN EQUIPO

La estandarización del control de los Sistemas de Muestreo y los equipos de enlace de comunicaciones para la incorporación a la red, están en el cuadro de costos referencial solicitados a la Empresa Bermat S.A.

PLC	Procesador 1xRS485, 1x Ethernet.	720.856	171CCC98030
	Adaptador común Modbus.	143.348	172JNN21032
	Adaptador I/O Bus, gener 3.	86.595	170INT11000
	cable I/O bus de 4.5"	26.792	170MC100700
	Base 16 Entrada Discreta, Vac.	235.433	170ADI54050
	Base 16 Salida 120 Vac	254.989	170ADO54050
	Base 8 Entradas Análogas	452.175	170AAI03000
	Base 16 Entrada y 16 Salida Vdc.	180.104	170ADM35010
	Set 3 conectores, tornillo	24.928	170XTS00100
	Fuente 110/220 Vac a 24 Vdc,2(A)	129.848	ABL7RE2402
	Conversor UTP a F.O. multimodo	145.775	TF14-I
	Radio-enlace IP	185.500	Xstream-PKG-E
	<b>Valor(\$)</b>		
<b>Modelo</b>			
			Total \$

Sifón Cachapoal	1	1	3	3	2	1	1		4	1		2	2.982.955
Correa 213	1	1	3	3	2	1	1		4	1			2.611.955
Molino Unitario	1	1	3	3	2	1	1		4	1			2.611.955
Correa 212	1	1	3	3	2	1	1		4	1	2		2.903.505
Sewell	1	1	2	2			1	1	2	1			1.902.961
Cabeza SAG1	1	1	2	2	1	1	1		3	1	2		2.529.757
Cabeza SAG2	1	1	2	2	1	1	1		3	1	2		2.529.757
Conc. SAG	1	1	2	2	1	1	1		3	1	2		2.529.757
Cola Gral SAG	1	1	2	2	1	1	1		3	1		2	2.609.207
Conc. Colón	1	1	2	2	1	1	1		3	1		2	2.609.207
												Total \$	<b>25.821.016</b>

## CONCLUSIONES

Los conceptos planteados en este documento entregan una idea y dirección a seguir en el desarrollo futuro de un proyecto de supervisión para los Sistemas de Muestreo. La integración en red, utilizando la Intranet Divisional es el camino más viable del punto de vista infraestructura y costos, debido a las grandes distancias que separa cada uno de los puntos de monitoreo. De este modo, con equipos de fácil adquisición en el mercado de las comunicaciones es posible el alcance de los enlaces requeridos, dando solución a la integración.

Las soluciones de enlace para el transporte de datos en cada caso, están determinados por la dificultad de acceso, las distancias y los costos. Las tecnologías de comunicación por fibra óptica domina en interiores de Plantas de proceso y para aquellos sectores más aislados, los radio enlaces IP.

No solo era necesario supervisar el normal funcionamiento de los sistemas, además, dada la frecuencia con que estos equipos quedan fuera de servicio por eventos de fallas, situación que tienen alta incidencia en el Balance Metalúrgico, se requería pensar en la estandarización del control por Plc con estándar de comunicación ethernet.

Lejos de ofrecer un trabajo exhaustivo y en profundidad sobre cada tema, lo que se Intenta es dejar clara la idea de una solución para aumentar el rendimiento de los equipos ó sistemas que recolectan datos para el balance Divisional, pero sobre todo, mostrar cómo en la actualidad, el avance tecnológico en la industria de las comunicaciones, se ha desarrollado para facilitar la integración de procesos que antes eran aislados a una gestión en red, gracias a equipos de enlace físico que hacen transparente su función.

## BIBLIOGRAFIA

Manual de Operación y Mantenimiento Sistema de Muestreo Relaves Cascada N° 1  
Codelco Chile – División El Teniente.

Manual de Operación y Mantenimiento Sistema de Muestreo Correa 213  
Codelco Chile – División El Teniente.

[www.schneider-electric.cl](http://www.schneider-electric.cl)

[www.latino.wonderware.com](http://www.latino.wonderware.com)

[www.rschile.cl](http://www.rschile.cl)

[www.maxstream.net](http://www.maxstream.net)

[www.bermat.cl](http://www.bermat.cl)

[www.tecpromin.cl](http://www.tecpromin.cl)

## **Anexo**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN SCADA**

El nombre **SCADA** significa: (Supervisory Control And Data Acquisition, Control Supervisor y Adquisición de datos).

Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con los instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel con el usuario (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos han ido surgiendo una serie de productos hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para éste tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, se realiza una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión.

El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios.

Los sistemas SCADA se utilizan en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural, subterráneos, generación energética (convencional y nuclear).

No todos los sistemas SCADA están limitados a procesos industriales sino que también se ha extendido su uso a instalaciones experimentales como la fusión nuclear o los colisionadores del CERN donde la alta capacidad de gestionar un número elevado de E/S, la adquisición y supervisión de esos datos; convierte a estos, en sistemas ideales en procesos que pueden tener canales entorno a los 100k o incluso cerca de 1M.

### **CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA SCADA**

Los sistemas SCADA, en su función de sistemas de control, dan una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas ofrecen: la de supervisión.

Sistemas de control hay muchos y muy variados y todos, bien aplicados, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferenciativa es la característica de control supervisado. De hecho, la parte de control viene definida y supeditada, por el proceso a controlar, y en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLCs, controladores lógicos, armarios de control...) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta los cuales pueden existir previamente a la implantación del sistema SCADA, el cual se instalará sobre y en función de estos sistemas de control. (Otros sistemas SCADA pueden requerir o aprovechar el hecho que implantamos un nuevo sistema de automatización en la planta para cambiar u optimizar los sistemas de control previos.)

En consecuencia, supervisamos el control de la planta y no solamente monitorizamos las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto es, podemos actuar y variar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que dan los sistemas SCADA.

Se puede definir la palabra supervisar como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo; de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto tenemos una toma de decisiones sobre las acciones de últimas de control por parte del supervisor, que en el caso de los sistemas SCADA, estas recaen sobre el operario.

Esto diferencia notablemente los sistemas SCADA de los sistemas clásicos de automatización donde las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta y dificulta mucho una variación en el proceso de control, ya que estos sistemas una vez implementados no permiten un control a tiempo real óptimo. La función de monitorización de estos sistemas se realiza sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en los sistemas SCADA, pero sólo ofrecen una función complementaria de monitorización: Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías (Definición Real Academia de la Lengua). Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos,

ofrecen una gestión de alarmas en formato rudimentarias mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y realizar un *reset*. En los sistemas SCADA, se utiliza un HMI interactivo el cual permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto otorga una gran flexibilidad a los sistemas SCADA. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un sistema SCADA no solamente señala los problemas, sino lo más importante, orienta en los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen cierta confusión en los profanos (frecuentemente alentada por los mismos fabricantes en su afán de diferenciar el producto o exaltar comercialmente el mismo). Ciertamente es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

- Adquisición y almacenado de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida, en forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas.
- Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión, de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.
- Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.

## **PRESTACIONES**

Las prestaciones que puede ofrecernos un sistema Scada eran impensables hace una década y son las siguientes:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del ordenador 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.
  - Creación de informes, avisos y documentación en general.
  - Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómeta (bajo unas ciertas condiciones).
  - Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador, y no sobre la del autómeta, menos especializado, etc.
- Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en el PC, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco o impresora, control de actuadores, etc.

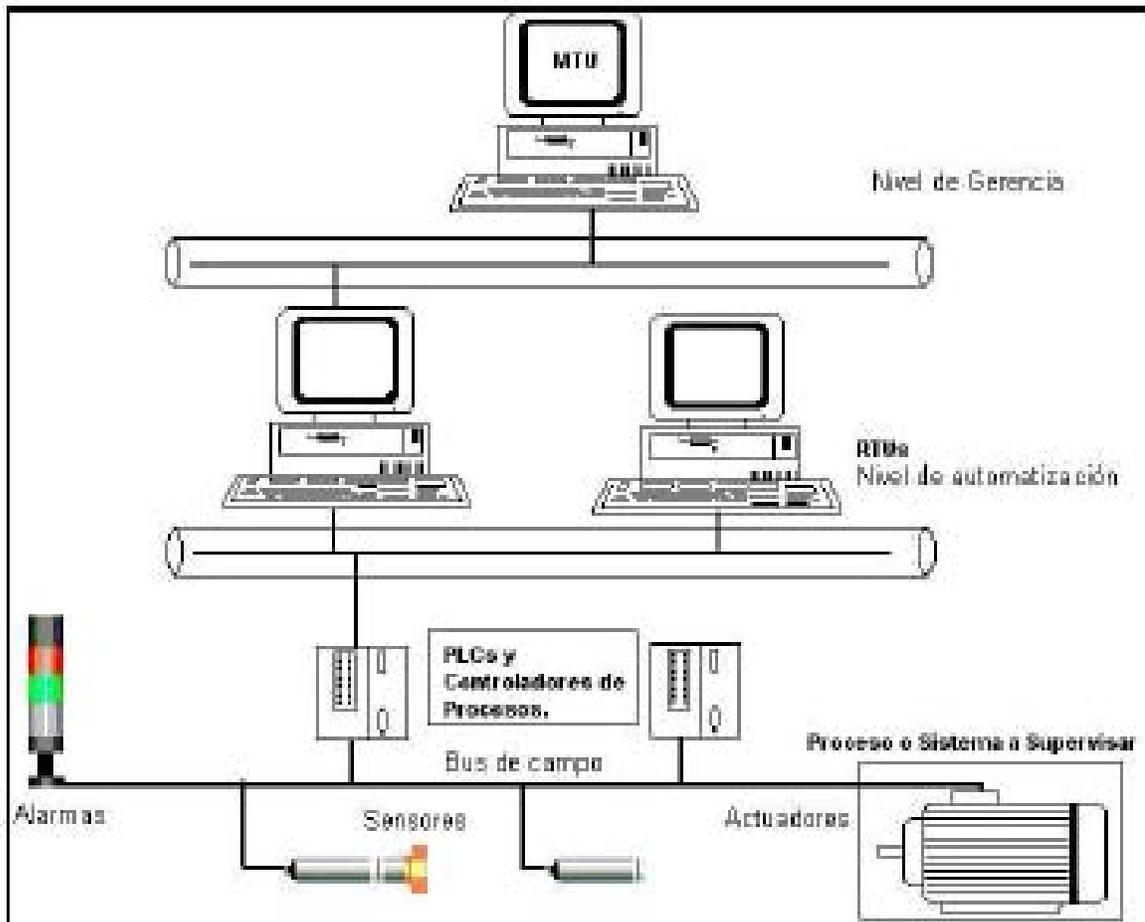
## **REQUISITOS**

Estos son algunos de los requisitos que debe cumplir un sistema Scada para sacarle el máximo provecho:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta ("drivers") y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión).
- Los programas deberán ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc.).

## **COMPONENTES DE HARDWARE.**

Un sistema SCADA, como aplicación de *software* industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada.



**Ordenador Central o MTU (*Master Terminal Unit*):** Se trata del ordenador principal del sistema el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones, bien sean otros ordenadores conectados (en sistemas complejos) a los instrumentos de campo o directamente sobre dichos instrumentos. Este ordenador suele ser un PC, el cual soporta el HMI.

De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación.

Las funciones principales de la MTU son:

- Interroga en forma periódica a las RTU's, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.

- Actúa como interfase al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, y la recolección y presentación de información historizada.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA. Por ejemplo, software para detección de pérdidas en un oleoducto.
- Ordenadores Remotos o RTUs (Remote Terminal Unit): Estos ordenadores están situados en los nodos estratégicos del sistema gestionando y controlando las subestaciones del sistema, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA.

Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización, a un nivel superior está el MTU y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.

Estos ordenadores no tienen porque ser PCs, ya que la necesidad de soportar un HMI no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser ordenadores industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos pueden haber subestaciones intermedias en formato HMI.

Una tendencia actual es la de dotar a los PLCs (en función de las E/S a gestionar) con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor y CPUs con mayor potencia de cálculo. Esta solución minimiza costes en sistemas donde las subestaciones no sean muy complejas sustituyendo el ordenador industrial mucho más costoso. Un ejemplo de esto son los nuevos PLCs (adaptables a su sistema SCADA Experion PKS(Power Knowledge System)) de Honeywell o los de Motorola MOSCAD, de implementación mucho más genérica.

Red de comunicación: Éste es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todos los softwares (así como los instrumentos de campo como PLCs) pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

Hoy en día, gracias a la estandarización de las comunicaciones con los dispositivos de campo, podemos implementar un sistema SCADA sobre prácticamente cualquier tipo de BUS. Podemos encontrar SCADAs sobre formatos estándares como los RS-232, RS-422 y RS-485 a partir de los cuales, y mediante un protocolo TCP/IP, podemos conectar el sistema sobre un bus en configuración DMS ya existente; pasando por todo tipo de buses de campo industriales,

hasta formas más modernas de comunicación como Bluetooth (Bus de Radio), Micro-Ondas, Satélite, Cable.

A parte del tipo de BUS, existen interfaces de comunicación especiales para la comunicación en un sistema SCADA como puede ser módems para estos sistemas que soportan los protocolos de comunicación SCADA y facilitan la implementación de la aplicación. Otra característica de las comunicaciones de un sistema SCADA es que la mayoría se implementan sobre sistemas WAN de comunicaciones, es decir, los distintos terminales RTU pueden estar deslocalizados geográficamente.

- Instrumentos de Campo: Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLCs, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas).

Una característica de los Sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor), modems, radios, minicomputadores, software de supervisión e interfase con el operador, software de detección de pérdidas, etc.

### **COMO ELEGIR UN SISTEMA SCADA**

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.

La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

## **IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA FUNCIONAL.**

Cuando una empresa decide implementar un sistema SCADA sobre su instalación hay 5 fases básicas a tener en cuenta para llevar a cabo el proceso:

Fase1: El diseño de la arquitectura del sistema. Esto incluye todas las consideraciones importantes sobre el sistema de comunicaciones de la empresa (Tipo de BUS de campo, distancias, número de E/S, Protocolo del sistema y Drivers). También se verán involucrados los tipos de dispositivos que no están presentes en la planta pero que serán necesarios para supervisar los parámetros deseados.

Fase2: Equipación de la empresa con los RTUs necesarios, comunicaciones, Equipos HMI y Hardware en general. Adquisición de un paquete software SCADA adecuado a la arquitectura y sistemas de la planta.

Fase3: La instalación del equipo de comunicación y el sistema PC.

Fase4: Programación, tanto del equipamiento de comunicaciones como de los equipos HMI y software SCADA.

Fase5: Testeo del sistema o puesta a punto, durante el cual los problemas de programación en comunicaciones como en el software SCADA son solucionados.

## **SOFTWARES SCADA Y PRINCIPALES PRODUCTOS COMERCIALES.**

Para obtener las características y prestaciones propias de un sistema SCADA, su software debe presentar las siguientes funciones:

- Manejo del soporte o canal de comunicación.
- Manejo de uno o varios protocolos de comunicación (Drive)
- Manejo y actualización de una Base de Datos
- Administración de alarmas (Eventos)
- Generación de archivos históricos.
- Interfaces con el operador (MMI - Man Machine Inteface)
- Capacidad de programación (Visual Basic, C)
- Transferencia dinámica de datos (DDE)
- Conexión a redes
- Debe tener capacidad para comunicarse con múltiples redes de instrumentos, aun siendo de distinta procedencia y fabricantes (Standard IEC 1131.3).

## **ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE UN SOFTWARE 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 aplicación según la disposición de pantallas requerida y los niveles de acceso para los distintos usuarios.

Dentro del módulo de configuración el usuario define las pantallas gráficas o de texto que va a utilizar, importándolas desde otra aplicación o generándolas desde el propio SCADA. Para ello, se incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de píxel (punto de pantalla) o utilizar elementos estándar disponibles, líneas, círculos, textos o figuras, con funciones de edición típicas como copiar, mover, borrar, etc.

También durante la configuración se seleccionan los drivers de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos, se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y los parámetros de la misma, etc.

En algunos sistemas es también en la configuración donde se indican las variables que después se van a visualizar, procesar o controlar, en forma de lista o tabla donde pueden definirse a ellas y facilitar la programación posterior.

Interfaz gráfico del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta.

El proceso a supervisar se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación de uso general (Paintbrush, DrawPerfect, AutoCAD, etc.) durante la configuración del paquete.

Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente a diferentes formas y colores, según los valores leídos en la planta o en respuesta a las acciones del operador.

Se tienen que tener en cuenta algunas consideraciones a la hora de diseñar las pantallas:

Las pantallas deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la lanta (sinópticos), las botoneras y entradas de mando (control) y las salidas de mensajes del sistema (estados, alarmas).

La representación del proceso se realizará preferentemente mediante sinópticos que se desarrollan de izquierda a derecha.

La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera o soporta, y las señales de control estarán agrupadas por funciones.

La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información.

Los colores serán usados de forma consistente en toda la aplicación: si rojo significa peligro o alarma, y verde se percibe como indicación de normalidad, éste será el significado dado a estos colores en cualquier parte de la aplicación.

Previendo dificultades en la observación del color debe añadirse alguna forma de redundancia, sobre todo en los mensajes de alarma y atención: textos adicionales, símbolos gráficos dinámicos, intermitencias, etc...

Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

Sobre cada pantalla se puede programar relaciones entre variables del ordenador o del autómeta que se ejecutan continuamente mientras la pantalla esté activa. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (C, Basic, etc.).

Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, principalmente autómetas, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión, como el control del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc.

Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser de los tipos siguientes:

Acciones de mando automáticas preprogramadas dependiendo de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas.

Maniobras o secuencias de acciones de mando.

Animación de figuras y dibujos,,asociando su forma, color, tamaño, etc., a valor actual de las variables.

Gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción (consignas de tiempo, de conteo, estados de variables, etc.) de forma preprogramada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de planta.

- Gestión y archivo de datos: Se encarga del almacenamiento y procesado ordenada de los datos, según formatos inteligibles para periféricos hardware (impresoras, registradores) o software (bases de datos, hojas de cálculo) del sistema, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Pueden seleccionarse datos de planta para ser capturados a intervalos periódicos, y almacenados con un cierto, como un registro histórico de actividad, o para ser procesados inmediatamente por alguna aplicación software para presentaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento.

Esto último se consigue con un intercambio de datos dinámico entre el SCADA y el resto de aplicaciones que corren bajo el mismo sistema operativo.

Por ejemplo, el protocolo DDE de Windows permite intercambio de datos en tiempo real. Para ello, el SCADA actúa como un servidor DDE que carga variables de planta y las deja en memoria para su uso por otras aplicaciones Windows, o las lee en memoria para su propio uso después de haber sido escritas por otras aplicaciones.

Una vez procesados, los datos se presentan en forma de gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., que permiten después analizar la evolución global del proceso.

### **INTERFACES DE COMUNICACIÓN.**

Es la que permite al PC MTU acceder a los dispositivos de campo, a través de los RTU. Así, la interfaz de comunicación enlazará el MTU con los distintos RTUs del sistema a través del BUS de campo.

La interfaz de comunicación consta de distintos elementos:

- La base del sistema de comunicación es el BUS de Campo que es el que transporta la información y las órdenes de control; éste vendrá definido en función del tamaño del sistema SCADA (número de E/S del sistema), distancias entre RTUs y/o disponibilidad del servicio público de comunicación (para sistemas SCADA de tipo red WAN en interconexión entre distintas plantas).
- Los Modems que conectan físicamente los RTUs y el MTU al BUS.
- El módulo de comunicaciones contiene los *drivers* de conexión con el resto de elementos digitales conectados, entendiendo el *driver* como un programa (software) que se encarga de la iniciación del enlace, aplicación de los formatos, ordenación de las transferencias, etc., en definitiva, de la gestión del protocolo de comunicación. Estos protocolos pueden ser abiertos (ModBus, FieldBus, Map, etc.), o propios de fabricante.

Estos drivers, propios del software SCADA, deben comunicarse con otros paquetes de software por medio de DDE (Dynamic Data Exchange) DLL (Dynamic Link Libraries) como canal de

comunicación, implementados por el sistema operativo, que permite que diversos paquetes de software envíen y reciban datos comunes. Por ejemplo se puede relacionar una celda de una hoja de cálculo con una variable del sistema y así variar puntos de consigna del proceso, o bien comunicación directa con los drivers de I/O de los dispositivos de campo.

Adicionalmente, y en los SCADA distribuidos en arquitecturas cliente-servidor, los módulos de comunicaciones son también los responsables del enlace entre los diferentes ordenadores de proceso que soportan la aplicación, enlace probablemente establecido sobre una red local DECnet, TCP/IP, IPX/SOX, NETBIOS, MAP/TOP, Novell, etc.

### **TECNOLOGÍAS DE INTEGRACIÓN MICROSOFT (Drivers Específicos)**

- COM/DCOM

COM (Component Object Model) permite que una aplicación utilice funcionalidades de otra aplicación residente en la misma computadora, ello se hace incorporando a la aplicación principal objetos software propios de la otra aplicación. *DCOM (Distributed COM)* supone extender el estándar COM a sistemas formados por redes.

- Visual Basic for Applications (VBA)

VBA es el lenguaje de programación (basado en *scripts*) incorporado en las aplicaciones de Microsoft Office y ofrece diversas ventajas. Está muy extendido y es aceptado por diversos fabricantes, por lo que se va convirtiendo en un estándar "de facto" que presenta una muy buena relación entre potencia y dificultad de aprendizaje y uso. El uso de un lenguaje común también facilita la integración de objetos suministrados por terceros, en la medida que aplican este mismo estándar. Además, permite interactuar directamente con las aplicaciones de Office (Access, Excell, Word, ...), de BackOffice y de otros productos compatibles.

- Interfaz OPC

OPC (*OLE for Process Control*) es el estándar diseñado para comunicar sistemas y dispositivos. Esto incluye tanto las comunicaciones entre un software scada y los buses de comunicación con los autómatas, como las comunicaciones entre una aplicación scada y otras aplicaciones como puedan ser las de gestión, abriendo a estas últimas el acceso a los datos de planta, como datos históricos, datos batch, etc. Los productos OPC (Clientes y Servidores), pueden ser usados con Visual Basic y sus variantes.

Es decir, *OPC* corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft (COM, DCOM, OLE Automation, y ActiveX) que cubren los requerimientos de

comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere a la atención al tiempo real.

Las especificaciones OPC se mantienen a través de la OPC Foundation, conjunto de especificaciones técnicas no-propietario que define un conjunto de interfases estándar basadas en la tecnología OLE/COM de Microsoft. La tecnología COM permite la definición de objetos estándar así como de métodos y propiedades para los servidores de información en tiempo real. La tecnología OLE Automation posibilita comunicar las aplicaciones con datos recibidos a través de LAN, estaciones remotas o Internet.

Antes del OPC, cada software requería de un interfase específico (servidor, driver) para intercambiar datos con una determinada familia de dispositivos de campo. Y para intercambiar datos entre aplicaciones se utilizaba el estándar DDE o bien interfaces específicos para cada pareja de aplicaciones. OPC elimina esta necesidad y permite utilizar una misma operativa para comunicar aplicaciones, dispositivos y drivers. Los proveedores, tanto de hardware como de software, pueden suministrar productos con una elevada conectividad y compatibilidad, y los usuarios tienen una amplia gama de opciones para construir la solución que mejor se adapta a sus necesidades.

- ActiveX

Incorporar un Control ActiveX en una pantalla supone añadir un objeto con código asociado que realiza una determinada función de forma totalmente integrada dentro de la aplicación que estamos tratando, basta con establecer los enlaces necesarios entre las variables de la aplicación y las del Control ActiveX.

Un Control Active X no es un lenguaje de programación, es una pequeña pieza de software, escrita según las especificaciones COM, y tiene propiedades, métodos y eventos. Cuando Usted compra un objeto ActiveX en realidad compra una licencia para usar este objeto en su aplicación. Un objeto ActiveX puede ser el servidor o driver de un PLC como SIMATIC (Siemens). Este driver tiene propiedades para definir los datos a ser leídos desde el PLC, métodos para iniciar la lectura de los valores y eventos para informar que los datos han sido recibidos desde el PLC Debido a que los objetos ActiveX son basados en COM, ellos pueden ser usados en cualquier aplicación que soporta COM, tal como Visual Basic, Internet Explorer, Borland Delphi, Software SCADA Genesis32 de Iconics, etc.

Existen varios objetos ActiveX que pueden comprarse independientemente para agregarlos a su aplicación SCADA basada en tecnología COM. Tenemos por ejemplo drivers para

comunicación con PLC's, DCS, conectividad a bases de datos, reportes, tendencias, símbolos de instrumentos de medición, selectores, barras indicadoras, etc.

- Conectividad remota WebServer (conexión a través de internet)

El trabajo en un entorno Intranet es considerado normal para bastantes proveedores que incluyen funcionalidades de cliente y de servidor de Web.

Algunas de las ventajas de la utilización de Internet en los entornos scada son el ofrecimiento de una funcionalidad total, ofreciendo su operatividad a través de cualquier navegador estándar. La información en tiempo real de la planta de proceso es inmediatamente accesible para cualquier persona autorizada de la organización, esté donde esté, con el coste más bajo.

Por ejemplo, mediante la herramienta VBScript de Visual Basic usada en el web browser de Microsoft Internet Explorer, se permite que en una aplicación INTRANET dentro de una planta, se pueda construir páginas Web usando controles ActiveX para visualizar datos de planta. Esta aplicación SCADA usa un PLC con servidor ActiveX (OPC) para adquisición de datos, gráficos dinámicos y tendencias (curvas de comportamiento de valores de procesos) basadas en ActiveX. Los usuarios ven la información en una interface amigable y usan un software modular que integra sus diversos componentes gracias a un lenguaje estándar que tiene la posibilidad de reutilizar los scripts.

## **EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE SCADA**

En lo últimos años ha existido una evolución de los productos software de supervisión y control para PC (scada) orientada a ampliar su campo de aplicación. De una supervisión y control iniciales a nivel de máquina o de proceso se ha pasado a una supervisión y control a nivel de planta. De una adquisición y registro de datos orientada a un control de proceso o de línea se ha ampliado su utilidad a proveer información en tiempo real del estado de la planta o de la fábrica.

El software orientado inicialmente a supervisión y control de proceso (máquina, proceso y línea) fue aprovechado para ampliar su utilidad a la supervisión y control de la producción. La adopción de forma generalizada de los estándares COM/DCOM, Active X, OPC y ODBC, entre otros, por parte de la gran mayoría de proveedores facilitaba que los datos adquiridos mediante la aplicación scada estuvieran disponibles para otras aplicaciones como gestión de almacenes, ERP, etc.

Una de las demandas más generalizadas y, al mismo tiempo, una de las más críticas, es la capacidad de efectuar consultas trabajando con datos procedentes de diferentes fuentes: de diferentes aplicaciones (scada, ERP, etc.) o de bases de datos distintas y ubicadas en diferentes puntos del sistema.

Disponer del conjunto de drivers necesario para intercomunicar los diversos componentes de la solución completa, configurarlos y activarlos de forma transparente, es un elemento esencial para disponer de una integración efectiva.

Actualmente, diversos proveedores ofrecen módulos específicos orientados al almacenamiento de grandes cantidades de datos, así como servidores de datos capaces de atender consultas de grandes cantidades de datos y que implican tanto a datos recogidos de proceso como a datos almacenados en otras bases de datos, y aptos para servir a múltiples usuarios, conectados a una red para la gestión y el control de la fábrica.

Por su naturaleza, estos módulos pueden llegar a constituir aplicaciones aptas para trabajar con scadas de otros fabricantes, servidores de datos históricos y servidores de datos integrados (procedentes de diferentes bases de datos o aplicaciones pero interrelacionados). Entre estos productos podemos citar:

IndustrialSQL Server de Wonderware, RSSql de Rockwell Software, historian de GE Fanuc-Intellution, etc.

Una de las necesidades del resultado de esta ampliación del entorno de aplicación ha sido la necesidad de disponer de herramientas cómodas, simples y potentes para la generación de interfaces de usuario que les permita acceder a la información que es de su interés. Dado que el entorno físico donde se ubican estos usuarios también se amplía, el medio generalizado de comunicación es Internet y la aplicación más común es cualquiera de los navegadores más difundidos.

Por otra parte, es conveniente disponer de herramientas que ofrezcan a cualquier usuario la posibilidad de diseñar y configurar una web específica que les permita dialogar con el sistema de información y obtener los datos necesarios. Un ejemplo de este tipo de aplicación es el infoAgent de GE Fanuc-Intellution, un software de edición, configuración y activación de portales de Internet que proporciona un servidor y admite múltiples clientes.

Tendencias:

La madurez de los productos software para la adquisición y registro de datos en tiempo real y la supervisión y control de procesos ofrecen una evolución en los siguientes ámbitos:

- Su integración en entornos completos para la gestión del negocio disponiendo de información de planta en tiempo real, control y tratamiento de datos, y supervisión y gestión global de la empresa. La existencia de aplicaciones MES, los servidores de datos y los servidores de web son una prueba de ello.
- En el tratamiento de los datos adquiridos en planta por parte de sistemas expertos que ofrecen funcionalidades de detección y diagnóstico de fallos. Son evidentes las ventajas que supone disponer de un sistema experto que, a partir de los datos adquiridos de planta tanto en proceso continuo como discontinuo, pueda aplicar un conjunto de reglas que ayude al personal de operación en planta a detectar los fallos o situaciones delicadas y a tener una diagnosis de las causas que lo provocan, así como conocer cuál es la correcta actuación a seguir.
- La mejora de las interfaces con el usuario con el empleo de entornos gráficos de alta calidad, la incorporación de elementos multimedia de audio y vídeo, la mejora de los sistemas operativos para incrementar las velocidades de respuesta, el empleo de software orientado a objeto, con diálogos conversacionales con programador y usuario, etc., todo ello soportado por un hardware cada vez más compacto, fiable, potente, de mayor ancho de bus y más rápido.