UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA

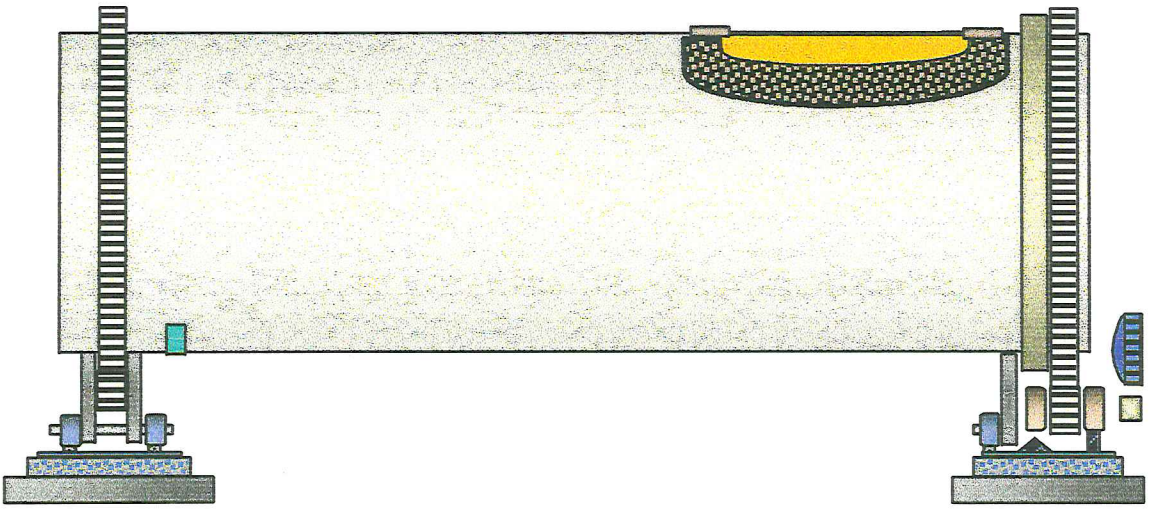
# *"CONFIGURACION, IMPLEMENTACION Y PUESTA EN MARCHA DE UN SISTEMA DE CONTROL SCADA PARA EL CONVERTIDOR TENIENTE DE LA FUNDICION Y REFINERIA DE VENTANAS"*

Memoria presentada por:
Carlos Alberto Muñoz Carrasco
como requisito para optar al título de
Ingeniero Ejecución Electrónico
Mención Control Automático y Sistemas digitales

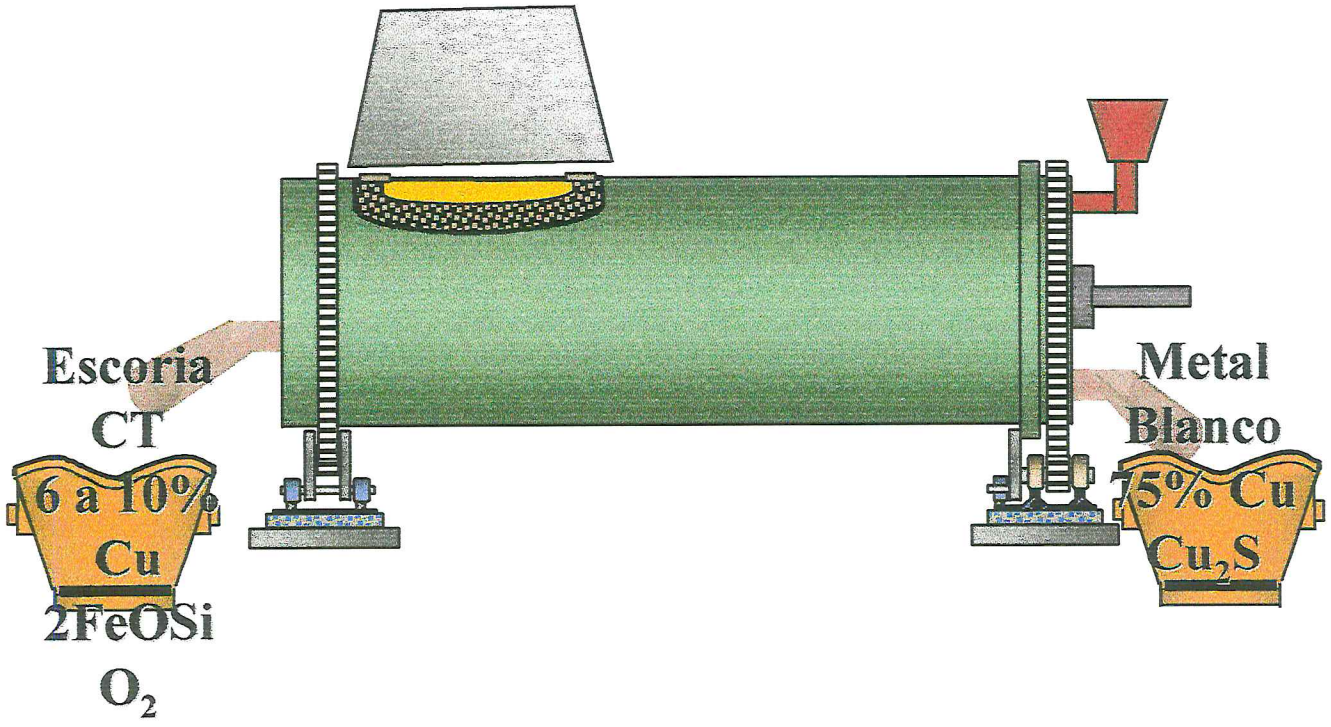
Profesor Guía:
Dr.Mario Salgado Brocal

-Junio 2000-

# Convertidor Teniente



# Proceso Químico Convertidor Teniente



# INDICE


| | | Pág. |
|---|---|---|
| | Introducción | 1-3 |
| 1. - | Objetivos y alcances | 4-5 |
| 1.1. - | Alcances | 5 |
| 1.2. - | Resumen del trabajo | 6 |
| 2. - | Descripción del proceso del C.T | 7 |
| 2.1.- | Generalidades del Convertidor | 7 |
| 2.2. - | Prioridades del Convertidor | 8-9 |
| 2.3. - | La operación del Convertidor | 10 |
| 2.3.1. - | La importancia del Convertidor | 11-12 |
| 2.4. - | Flujo de materiales en el Convertidor | 13-14 |
| 3. - | Códigos y normas. | 15-16 |
| 3.1. - | Sistemas de unidades | 17 |
| 3.1.1. - | Presión y temperaturas. | 18 |
| 3.1.2.- | Alimentación eléctrica | 18 |
| 3.1.3.- | Entradas y salidas del sistema | 18 |
| 3.1.4.- | Comunicación | 19 |
| 3.1.5.- | Programas de configuración utilizados | 19 |
| 3.1.6.- | Listado de equipos | 19-20 |
| 3.2. - | Variables involucradas en el proceso | 20 |
| 3.2.1.- | Identificación de las variables (Tag Name) | 21-22 |
| 3.2.2.- | Filosofía de control | 23 |

4. - Sistemas de control asociados a la operación del Convertidor 24-25

4.1. - Descripción de los sistemas de control 26

4.1.1. - Sistema de control flujo de Aire – Oxígeno 26-28

4.1.2. - Sistema de refrigeración y tratamiento de gases 29

4.1.3. - Sistema de maquinas Punzonadoras 30

4.1.4. - Sistema de alimentación Concentrado – Sílice 31-32

4.1.5. - Sistema de monitoreo. 33

4.2. - Requerimientos de diseño. 34

4.2.1. - Factores involucrados en la modernización 34-35

4.2.2. - Situación actual de la instrumentación 36

4.3. - Automatización y modernización del Convertidor 37

4.3.1. - Sistema de control de flujo de Aire – Oxígeno 37-43

4.3.2. - Sistema de alimentación Concentrado – Sílice 44-47

4.3.3. - Sistema de refrigeración y Tratamiento de gases 48-50

5. - Diseño e implementación de las pantallas de operación 51

5.1.- Diseño de las pantallas de operación para el C.T 51

6. - Montaje final y puesta en marcha 52

7. - Conclusiones. 53

Anexos 54

Anexo N°1.Acerca de la fundición 55

Anexo N°2.Detalle de equipos del C.T 56-57

Anexo N°3.Señales monitoreadas 58-60

Anexo N°4.Arquitectura de un controlador en la red 61

Anexo N°5.Caracteristiscas del sistema MODCELL 62-65

Anexo N°6.Disponiblidad de la red instalada en C.T 66

Anexo N°7.Proceso general de la fundición 67
Anexo N°8.Esquema del manejo de gases 71
Anexo N°9.
Software de configuración 72-74
Niveles de configuración 75-77
Anexo N°10.
Acerca de la instrumentación 78
Tipos de instrumentos TAYLOR 79
Características de la instrumentación 80-81
Sistema MOD 30 de instrumentación 82
El registrador 83
La unidad matemática 84
El controlador 85-86
El controlador lógico y secuencial 87
El configurador portátil 88
El sistema MODCELL 89-93
Anexo N°11.Red de comunicación de instrumentos ICN 94-96
Anexo N°12.Pantallas de operación del CT 97-103
Anexo N°13.Glosario de términos 104
Bibliografía 105-106

Listado de figuras

Figura N°1.-Esquema general del proceso de la fundición de ventanas. 3
Figura N°2.-C.T operando en línea con horno reverbero. 10
Figura N°3.-Esquema general de la distribución de la Instrumentación en el convertidor teniente. 24
Figura N°4.-Diagrama general de inyección de aire-oxígeno al C.T. 27
Figura N°5.-Diagrama general de inyección de oxígeno al C.T. 28

Figura N°6.-Sistema de refrigeración de gases. 29
Figura N°7.-Diagrama general de inyección de concentrado – sílice al C.T. 32
Figura N°8.- Instrumento UX-130. 38
Figura N°9.- Instrumento UX-140. 39
Figura N°10.- Instrumento UX-121. 41
Figura N°11.- Instrumento UX-101. 42
Figura N°12.- Instrumento UX-131. 43
Figura N°13.- Instrumento UX-050. 46
Figura N°1.4- Instrumento UX-051. 47
Figura N°15.-Instrumento UX-310. 49
Figura N°16.-Instrumento UX-320. 50
Figura N°17.-Arquitectura de un controlador en el proceso. 62
Figura N°18.-Ventana de trabajo para configuración de instrumento MODCELL 66
Figura N°19.-Disponibilidad de la red de instrumentación instalada en C.T. 67
Figura N°20.-Esquema del sistema de manejo de gases de la fundición. 71
Figura N°21.-Menú maestro de acceso a configuraciones. 74
Figura N°22.-Niveles de configuración. 75
Figura N°23.-Enlace ICN-red de instrumentos en terreno. 80
Figura N°24.-Registrador. 83
Figura N°25.-Unidad matemática. 84
Figura N°26.-Controlador. 86
Figura N°27.-Unidad lógica y secuencial. 87
Figura N°28.-Vista de un instrumento MODCELL. 93
Figura N°29.-Vista general de enlace de red de instrumentos – PC – LINK 95
Figura N°30.-Pantalla de operación sistema de correas. 98

Figura N°31.-Pantalla de torre de refrigeración. 99
Figura N°32.-Pantalla de torre de refrigeración 2. 100
Figura N°33.-Pantalla de operación sistema de inyección aire oxígeno. 101
Figura N°34.-Pantalla de registro de variables. 102
Figura N°35.-pantallas de operación bombas de agua refrigeración. 103

# INTRODUCCION

En el desarrollo y aplicación de las técnicas de obtención del Cobre, la fundición y refinería de Ventanas, ocupa un lugar de importante dentro de los distintos planteles productivos que se encuentran a lo largo de Chile pertenecientes a la Empresa Nacional de Minería. Esta planta esta ubicada en la costa central de Chile, a 50 Km al norte de Valparaíso. La planta no posee abastecimientos de materias primas, por lo que ha adaptado tecnología para procesar concentrados de cobre, plata y oro y precipitados de cobre provenientes de aproximadamente de 70 proveedores distintos (más referencias sobre la planta se encuentran en anexo Nº1).

La relación existente entre las distintas etapas del proceso de obtención del Cobre en la Fundición, requiere que en el desarrollo de los proyectos, se considere un adecuado sistema de supervisión y control del proceso.

El proyecto a ejecutarse consistió en implementar un sistema de control distribuido que permita operar desde una consola de control industrial el proceso del convertidor, con capacidad de operación centralizada del convertidor, tener acceso a reportes históricos para evaluaciones estadísticas, balances de proceso y optimizar así el sistema de operación total del convertidor.

En el presente trabajo se describen los aspectos considerados en el proyecto de configuración, implementación y puesta en marcha de un sistema de control distribuido, aplicado al proceso del convertidor teniente de la fundición y refinería de ventanas. Se describen las estrategias de configuración e implementación aplicado al proceso del convertidor teniente donde se destacan los aspectos de operación y control realizando una descripción del proceso del convertidor y su importancia en el proceso de obtención del cobre, así como las variables que rigen su comportamiento.

La participación en el proyecto significó realizar tareas tales como :

- Estudio del proceso e importancia del convertidor en el plantel productivo de ENAMI Ventanas.
- Estudio de los programas de aplicación al software adquirido.
- Desarrollo de estrategias y programas de operación del sistema de inyección aire y sistema de alimentación concentrado/sílice.
- Optimización de controles y mandos de operación del sistema de alimentación de concentrado/sílice.
- Implementación de sistema de seguridad para operación de coordinación convertidor/electrosoplador.
- Programación de adquisición de datos estadísticos y monitoreo de los distintos sistemas de control asociados a la operación del convertidor.

En el siguiente capítulo se hace referencia a los objetivos y alcances considerados en el proyecto que definen el esquema de trabajo utilizado.

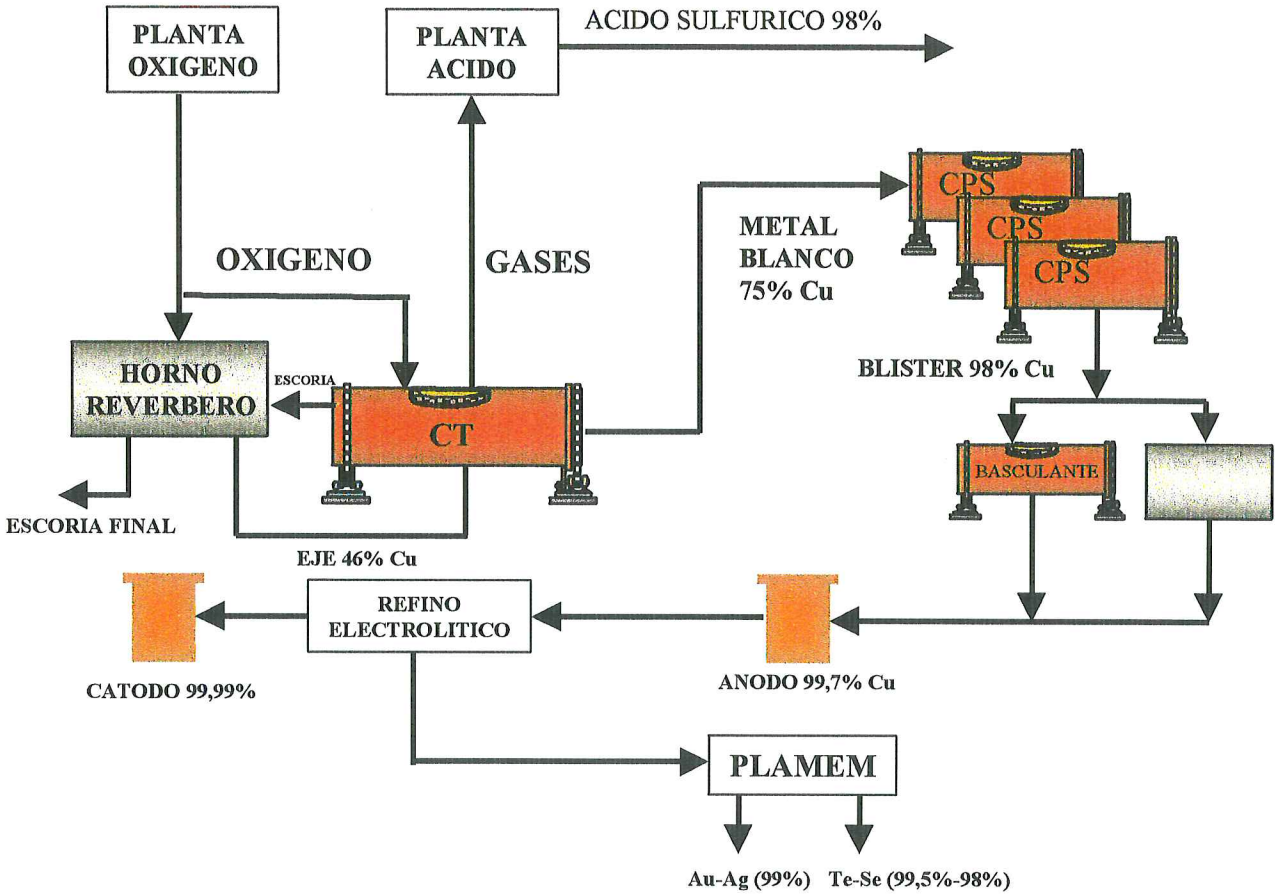



**Figura N°1. Esquema general del procesode la fundición de ventanas**

## 1. - **OBJETIVOS Y ALCANCES**

Dentro de los objetivos fundamentales en el desarrollo del proyecto están los siguientes:

1. - Estudio del proceso y las variables que riguen el comportamiento del convertidor teniente.

2. - Familiarización con los sistemas de control del proceso y estudio del sistema de instrumentación.

3. - Desarrollo de un sistema de control y monitoreo del proceso, de tal manera de poder disponer en todo momento de la mayor cantidad de información posible acerca de la operación del convertidor.

4. - Reemplazo de la sala que aloja la instrumentación por una nueva dispuesta por el acceso norte del convertidor teniente y disponer de ese espacio para instalar las consolas que permitirán monitorear, controlar y operar el proceso del Convertidor.

5. - Reemplazo del sistema de instrumentación existente, por un sistema de control distribuido que permitirá tener un monitoreo y control del proceso en forma más completa.

6. - Desarrollo de estrategias de operación que permitan realizar las pruebas necesarias en terreno y con el proceso mismo para lograr el mejor funcionamiento y operación del sistema que se instalará.

7. - Definición del esquema y diseño de las pantallas que controlarán y monitorean el proceso, e instrucción a los operadores a controlar el proceso a través del nuevo sistema a instalar.

8. –La instalación y puesta en marcha del sistema esta sujeto a la mantención anual a que se somete el convertidor.

## 1.1. -**Alcances**

De acuerdo con el esquema descrito y los objetivos planteados, la implementación del sistema queda sujeta a los requerimientos del proceso y la culminación de los trabajos planificados dependerá de la disponibilidad de los equipos de instrumentación, horas-hombre y programas para cumplir con los objetivos impuestos en el tiempo requerido.

## 1.2. - **Resumen del trabajo**

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos al aplicar un sistema de control distribuido en base a la configuración de instrumentación MOD30 y MODCELL de ABB-Kent Taylor, aplicado al proceso del convertidor teniente de la fundición y refinería de Ventanas, el que se emplea para convertir la mayor parte del eje que proviene del horno reverbero en metal blanco en forma continua y fundir adicionalmente concentrados y precipitados aprovechando el calor generado por las reacciones de oxidación.

El trabajo entrega una visión global del proceso del convertidor, las variables que rigen su comportamiento y las condiciones que permiten su operación normal.

Se muestra además los resultados obtenidos al aplicar el software de desarrollo, control y operación **PC30**, el cual permite desarrollar las configuraciones de la instrumentación, las pantallas de operación y el monitoreo y centralización de la información de las variables que para este tipo de proceso es fundamental para poder definir los ciclos de trabajo del convertidor

Una vez definidos los objetivos y alcances del proyecto, y de acuerdo al resumen del trabajo, es necesario conocer y estudiar el proceso de la fundición con el fin de poder definir las estrategias e identificar la cantidad de variables y señales que rigen el comportamiento del sistema a controlar en este caso el proceso del convertidor teniente.

## 2.- DESCRIPCION DEL PROCESO DEL CONVERTIDOR

La descripción general del proceso se realiza de acuerdo a la forma en que hoy en día opera el convertidor teniente.

### 2.1.-GENERALIDADES ACERCA DEL CONVERTIDOR

El convertidor tipo teniente de Ventanas fue puesto en servicio en abril de 1984. Desde esa fecha se han ido introduciendo algunas modificaciones de diseño a fin de aumentar la eficiencia general del sistema.

. Las principales características constructivas y de diseño del convertidor teniente, se entregan a continuación en el cuadro N°1.

| Descripción | Característica |
|---|---|
| Diámetro | 4 metros |
| Largo | 15 metros |
| Capacidad | 170.000 - 190.000 Toneladas/Año |
| Línea de Toberas | 48 Toberas de 50,8 mm de diámetro interior |
| | Distribuidas en 6 compuertas para su reparación |
| Inyector de carga | En culata |
| Sangría de Metal Blanco | Una de 76,2 mm |
| Sangría de escoria | Una de 152,4 mm |
| Refractarios | Cromo Magnesita de liga directa de 457,2 mm |
| | de espesor |
| Area de boca | 4.0 metros cuadrados |
| Máquinas punzonadoras | Dos automáticas con barreta de 32,0 mm |
| | de diámetro |
| Almacenamiento carga | 2 Tolvas de concentrado de 120 Toneladas |
| | 1 Tolva de concentrado de 250 Toneladas |
| | 1 Tolva de sílice de 60 Toneladas |

CUADRO Nº1 CARACTERISTICAS DEL CONVERTIDOR

(Un mayor detalle de los antecedentes entregados en el cuadro Nº1 se presentan en el anexo2)

## 2.2.- PRIORIDADES DEL CONVERTIDOR

Las prioridades de operación más utilizadas en el convertidor se presentan a continuación:

1.- Se debe soplar aire en todo momento del proceso y en una cantidad constante.

2.-Se carga concentrado sólo cuando la temperatura del CT está sobre un cierto umbral, alrededor de 1250 [°C].

3.-Se saca escoria cuando se tiene un espesor de ésta sobre el metal blanco de aproximadamente entre 0,5 y 0,75 [m].

4.- Se saca metal blanco (M.B) cuando el baño alcanza aproximadamente un 75% Cu. Esto se realiza tomando una muestra del líquido que a continuación se analiza en laboratorio.

5.- En el reactor se debe mantener el nivel del baño más o menos constante (1[m] de altura con respecto al refractario del fondo). Si el nivel es bajo (0,5 [m]) el CT tiende a enfriarse rápidamente y puede producirse el tapado de las toberas.

En términos generales, se puede establecer que el convertidor teniente de Ventanas satisface el siguiente esquema de operación anual.

- Reparación total y en frío de duración 16 días se realiza a mediados de año.
- Una vez realizada la mantención transcurren 90 días de operación
- Luego se procede a la primera reparación refractaria en caliente de la línea de toberas, la que tiene una duración de 3 días.

- Luego transcurre una operación de 90 días nuevamente .
- Luego viene la segunda reparación refractaria en caliente de la línea de toberas que tiene duración de 3 días
- Luego 90 días de operación.
- Sigue tercera. reparación refractaria en caliente de la línea de toberas de 3 días.
- 70 días de operación .

Entre los diversos factores que han contribuido a mejorar los indicadores de mayor disponibilidad y mayor tiempo total de soplado del convertidor teniente, cabe mencionar aspectos de operación, mantención, de planificación y control de proceso, entre los cuales se destacan los siguientes:

- Adecuada distribución de concentrados alimentados al reactor.
- Optimización de ciclos de operación, coordinando adecuadamente el traspaso de líquidos entre los equipos de la fundición.
- Operación con 28 [%] de enriquecimiento de oxígeno en el aire de soplado.
- Aumentos del flujo y presión de soplado, lo que ha disminuido el desgaste de la zona de toberas.
- Análisis permanente de la operación y registros de variables relevantes, con énfasis en el control de niveles de fase del proceso.

## 2.3.- **OPERACION DEL CONVERTIDOR**

El esquema operacional de la fundición Ventanas está orientado a trabajar de preferencia con el horno reverbero en línea con el convertidor teniente, de manera en lo posible procesar solamente metal blanco (M.B) en los convertidores Pierce -Smith. En la figura Nº2 se presenta un esquema del proceso con el Convertidor operando en línea con el horno reverbero.

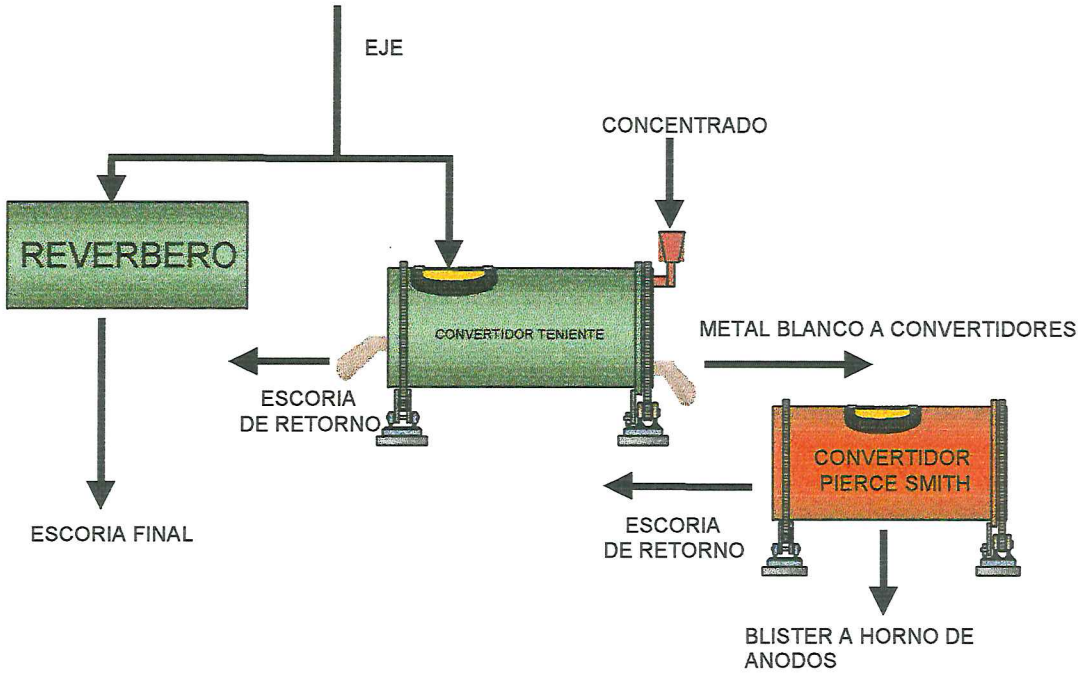



Figura Nº2 Convertidor teniente operando en línea con el horno reverbero.

Durante la operación, en el interior del reactor existen en cada momento dos fases líquidas claramente definidas: Eje y Escoria.

La ley del eje varía entre 73 y 77[%] de Cobre; fluctuaciones dentro y fuera del rango indicado pueden ser corregidas variando la frecuencia de carga de eje.

El proceso en sí, consiste en obtener mediante una conversión contínua un eje de alta ley (MB), a partir de ejes provenientes del horno reverbero, propio y del concentrado alimentado a través del inyector de carga, utilizando para ello el aire enriquecido con oxígeno el cual, es alimentado a través de las toberas.

## 2.3.1.-IMPORTANCIA DEL CONVERTIDOR

El convertidor teniente, es el reactor de mayor importancia en la fundición de Ventanas, ya que define los ciclos de operaciones de la fundición.

Una vez definida las condiciones de operación del equipo en cuanto a la composición de la carga sólida y la cantidad y composición química del eje, la capacidad de fusión y la cinética del proceso quedan supeditadas al flujo y enriquecimiento con oxígeno del aire de soplado por toberas. En el cuadro N°2 se presenta un resumen con las condiciones de operación más usuales del convertidor.

| Descripción | Características |
|---|---|
| Alimentación | |
| Carga Sólida | Solamente por Inyector de Carga |
| Humedad | 8% - 11% |
| Componentes | |
| -Concentrado | Cobre y Oro - Plata |
| -Circulantes | Polvos de Conversión |
| -Fundentes | Sílice de 90% |
| Otras Cargas | |
| -Carga Fría | Circulante de Eje |
| -Retorno de Líquidos | Escoria RAF/CPS |
| Soplado | |
| -Flujo de Aire Sopladores | 500 - 550 [Nm³/min] |
| -Flujo de Oxìgeno 95% | 50 - 55 [Nm³/min] |
| -Flujo Total de Soplado | 550 - 600 [Nm³/min] |
| -Enruiquecimiento de Oxígeno | 28% |
| -Presiòn de Soplado | 110 - 120 [KPa] |

**CUADRO Nº2 DE CARACTERISTICAS OPERACIONALES DEL CONVERTIDOR**

Dentro de los aspectos de mayor relevancia, cabe destacar la operación sólo con mezcla húmeda de 11[%] $H_2O$, compuesta por concentrados de cobre, oro y de plata. El balance de energía del proceso queda regulado por la adición de eje de reverbero, no utilizándose ningún tipo de combustible fósil. La limpieza de escorias se realiza en el horno reverbero y se retornan al proceso solamente los polvos colectados en la campana de refrigeración.

El ciclo operacional del convertidor, contempla en líneas generales 6 cargas de eje con 6 sangrías de escoria y sólo 3 retiros de metal blanco a lo largo del turno (duración de 8 horas). Bajo tales condiciones se pretende mantener el nivel de la fase metal ubicado, permanentemente bajo la altura de la sangría de escoria.

El procedimiento indicado es consistente con la operación en chimenea de solamente un convertidor Pierce - Smith (C.P.S), lo que permite reducir en parte el impacto ambiental por emiciones de C.P.S.

La capacidad de tratamiento de la fundición Ventanas, queda definida básicamente por tres esquemas operacionales.

1.-Horno reverbero en operación con el convertidor teniente y tres convertidores Pierce - Smith.
2.- Horno reverbero en operación con el convertidor teniente y dos convertidores Pierce - Smith.
3.- Horno reverbero en operación con tres convertidores Pierce - Smith.

Gases: Corresponden tanto a los gases producidos por las reacciones de conversión así como los gases inertes del aire inyectado. Los componentes principales son Nitrógeno ($N_2$), Anhídrido Sulfuroso ($SO_2$), Agua ($H_2O$), Azufre ($S_2$) y Oxígeno ($O_2$), estos salen a altas temperaturas por la boca del CMT.

Una vez definidos los esquemas de operación del convertidor y la función que cumple en el proceso de la fundición, daremos paso a la definición de los códigos y normas utilizadas en el proyecto.

## 2.4.- FLUJO DE MATERIALES QUE INGRESAN Y SALEN DEL CONVERTIDOR

El convertidor teniente, es un convertidor al cual entran y salen los siguientes flujos de materiales:

Eje: Es un súlfuro de cobre y fierro, adicionado en forma discreta, cada ciertos períodos: Con una ley de 45[%] de Cu.

Concentrado: Consiste en una mezcla de concentrados húmedos y fúndente (sílice).Los concentrados se encuentran en forma de sólidos de granulometría muy fina.

Aire: Al baño del CMT se le inyecta aire, el que está enriquecido al 28[%] de $O_2$ en volumen. El aire se inyecta a temperatura de 110 [ºC] aproximadamente, y una presión de 120 [KPa], por medio de toberas bajo el nivel del baño del reactor.

Circulante: Corresponde a materiales tratados previamente y que ya han sido fundidos con anterioridad, que al ser agregados al CMT sólo experimentan un proceso de fusión. Generalmente estas cargas son eje frío de 25-a 50[%] Cu, escorias frías de un horno de refino o de los mismos convertidores y material solidificado en las ollas.

Escoria: Consiste, principalmente, en una solución líquida que se extrae entre 1200 - 1300 [ºC] y que corresponde a la fayalita, magnetita, sílice disueltos y contenidos de cobre. Se extraen periódicamente.

Metal Blanco (MB): Estas contienen un 75% de Cu. aproximadamente. Se extrae, cada ciertos períodos en ollas y con una frecuencia más o menos constante.

## 3.-CODIGOS Y NORMAS _

A continuación se dan a conocer la condiciones generales de diseño y las normas bajo las cuales se identificaran la instrumentación y las señales de control.

La selección de identificación de señales, suministro de energía y materiales en el proyecto deben cumplir con las exigencias mínimas de las más recientes ediciones de los códigos y normas establecidos por las siguientes entidades:

| | |
|---|---|
| ANSI | : American National Standars Institute. |
| ASTM | : American Society For Testing Materials. |
| EIA | : Electronic Industry Association. |
| FM | : Factory Mutual Engineering Association. |
| IEC | : International Electrotechnical Commission. |
| IEE | : Institute of Electrical and Electronic Engineers. |
| ISA | : Instrument Society of America. |
| ISO | : International Standary Organization. |
| IECE | : Insulated Cable Engineers Association. |

| | |
|---|---|
| NEC | : U.S National Electric Code. |
| NEMA | : U.S National Electrical Manufacturers Association. |
| NESC | : U.S National Electrical Safety Code. |
| NFPA | : U.S National Fire Protection Association. |
| OSHA | : Occupational Safety and Health Act. |
| SEC | : Superintendencia de Electricidad y Combustible de Chile. |
| SUBTEL | : Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile. |

## 3.1.-SISTEMAS DE UNIDADES

Las unidades de medida a utilizar estarán sujetas al sistema internacional de unidades, SI. La siguiente lista incluye las variables de uso más frecuente en el proyecto.

| VARIABLES | UNIDAD | NOMBRE |
|---|---|---|
| Longitud | m | metro |
| Masa | g, Kg, ton | gramo, kilogramo, toneladas |
| Presión | Pa, Kpa, Bar | pascal, kilopascal, bar |
| Flujo Volumétrico | $Nm^3/h$ | normal metros cúbicos por hora |
| Temperatura | °C, °K | grados celcius, grados Kelvin |
| Corriente | A, mA | amper, miliamper |
| Tensión | V | volt |
| Potencia | W | watt |
| Energía | Wh | watt-hora |
| Frecuencia | Hz, rpm | Hertz, revoluciones por minuto |

Nm3/h: Normal metros cúbicos – hora, normalización que se utiliza para compensar las variaciones de temperatura y presión en la medición de caudal volumétrico.

### 3.1.1.-**PRESION Y TEMPERATURAS**

Para los efectos de normalización de volúmenes de gases se utilizará los siguientes valores.

**P = 101.32 [Kpa]** **T=T[°C] +273.15 [K]**

Presión atmosférica expresada en [Kpa].

Temperatura expresada en grados Kelvin.

### 3.1.2.-**ALIMENTACION ELECTRICA**

La alimentación de los instrumentos y equipos es de 220 [V] alternos,50 [Hz] de frecuencia, con una red de alimentación para la instrumentación de 24 [VDC] flotante y 220 [VAC] con un terminal conectado a tierra.

También se cuenta con un sistema de respaldo UPS en caso de corte de energía para alimentar pantallas y CPU, por un lapso de 2 [h].

### 3.1.3.-**ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA**

Las entradas digitales del sistema de 0 y 24 [Vdc].

Las salidas digitales del sistema de 0 y 24 [Vdc].

Las entradas y salidas análogas serán de 4-20 [mA].

Transmisión de datos codificada digitalmente (de par trenzado) llamado **ICN** (red de comunicación de instrumentos).

### 3.1.4.-**COMUNICACION**

El protocolo de comunicación entre la red de ICN y computador es una interface RS-232 y entre instrumentos es traspaso de contraseña (Toking Passing).

### 3.1.5.-**PROGRAMAS DE CONFIGURACION UTILIZADOS**

Programa **PC-30** para configuración de estrategias de instrumentación del sistema **MOD-30** en sus instrumentos **Controlador**, **Unidad Matemàtica**, **Registrador** y **S.L.U** y los mímicos en pantallas de operación.

Programa **APPLICATION BUILDER** para desarrollo de las estrategias en sistema de instrumentación **MODCELL.**

Nota: todos los programas se ejecutan sobre sistema operativo D.O.S.

### 3.1.6.-**LISTADO DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO**

Todo el equipamiento es suministrado por **ABB-KENT TAYLOR CHILE.**

4 Unidades Matemáticas **MOD-30**

4 Controladores **MOD-30 1701S**.

6 Controladores **MODCELL**

Módulos de entrada digital Modelo 2004A.

Módulos de salida digital Modelo 2005A .

Módulo de Entrada Voltaje/Corriente Modelo 2002A (entrada corriente).

Módulo de salida Análoga 2003A (salida de corriente).

Dos estaciones o consolas de operación.

Sistema de respaldo U.P.S a pantallas y C.P.U.

Dos Minilink de comunicación (interface con el operador e instrumentos)
Cable par trenzado apantallado. Norma ICEA S-61-402.

## 3.2.-VARIABLES INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

En el proceso de control del Convertidor la cantidad de variables involucradas es de aproximadamente 200 en donde la mayoría de ellas tienen un formato de transmisión de dos cables (Two-wire Transmitter) y cuatro cables (Non Two-wire Transmitter).

Entre los distintos tipos de variables involucradas podemos nombrar:

a.- Variables de presión.
b.- Variables de flujo.
c.- Variables de temperatura.
d.- Señales digitales de retornos y mandos de operación de equipos como motores, bombas, etc.

### 3.2.1.-IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES (TAG NAME)

Cada variable posee un rótulo ó característica que representa el lugar físico donde se encuentra en terreno y la función que realiza y el rango de la variable.

Estos TAGs ó rótulos se manejan de acuerdo a la normas internacionales ISA.5.1.

Para el caso del Convertidor los números asignados a los TAGs de identificación siguieron el siguiente esquema:

**DESIGNACION DE NUMEROS DE LOS TAGs**

0XX : Alimentación Sílice/Concentrado.
- 0 : Correas Transportadoras.
- 1 : Tolva sobre Correa 4B3A
- 2 : Tolva sobre Correa 4B4
- 3 : Tolva sobre Correa 4B3B
- 4 : Tolva sobre Correa 4B5C

1XX : Inyección de Aire - Oxígeno.
- 0 : Aire Total.
- 1 : Aire Toberas.
- 2 : Aire Inyector.
- 3 : Oxígeno Toberas.
- 4 : Oxígeno Inyector.
- 5 : Auxiliares.

2XX : Campana de Gases.
- 0 : Red Alimentación Agua.
- 1 : Chaquetas Lado Norte.
- 2 : Chaquetas Lado sur.

3 : Chaquetas Techo.
4 : Chaquetas Visera.
5 : Compuerta.
6 : Chaquetas Inferiores.

3XX : Torre de Refrigeración de Gases.
0 : Alimentación Aire Aspersores.
1 : Alimentación Agua Aspersores.
2 : Referente a Gases.
3 : Referente a Polvos.

4XX : Mediciones de Procesos.
0 : Temperaturas Pirometros.
1 : Valores de Procesos.

5XX : Sistemas Auxiliares.
0 : Convertidor Teniente (Potencia Motor).
1 : Central Térmica ( desde CT).
2 : Planta de Acido ( desde P.A).
3 : Planta de $O_2$.

Por ejemplo el TAG que identifica la válvula on-off de distribución de aire es :

**HV-102**

en donde el rotulo HV significa válvula manipulada desde consola de operación.
en donde el rótulo 102 indica que se refiere al sistema de alimentación de aire a CT.

### 3.2.2.-**FILOSOFIA DE CONTROL**

La definición de la filosofía de control, esta ligada a los requerimientos que se intentan imponer al proceso, dada la experiencia operativa y los datos obtenidos acerca del funcionamiento del sistema. Se busca alcanzar la centralización de control del convertidor mediante el uso adecuado de los recursos disponibles de instrumentación y equipos.

Los requerimientos que debe resolver el sistema de control dependen única y exclusivamente del proceso mismo. Las características principales a considerar en la definición de la estrategia a utilizar son:

- Variables implicadas en el proceso.
-Tipo de instrumentación más adecuada entre varias disponibles en mercado.
- Modelo del proceso.
- Cantidad de lazos implicados en el proceso.
-Tipo de control más adecuado, de acuerdo a los requerimientos de comportamiento del sistema.
- Configuración e implementación del sistema de instrumentación.
- Ajuste de la instrumentación y puesta en servicio.

Una vez definidas las condiciones de operación, la cantidad y tipos de variables que rigen la operación del Convertidor, es necesario identificar los sistemas de control asociados a su operación.

## 4.-SISTEMAS DE CONTROL ASOCIADOS A LA OPERACION DEL CONVERTIDOR

Desde el punto de vista de los sistemas de control e instrumentación que dispone el convertidor teniente de la fundición de Ventanas, éstos pueden ser estructurados de acuerdo al siguiente esquema (ver figura N°3).

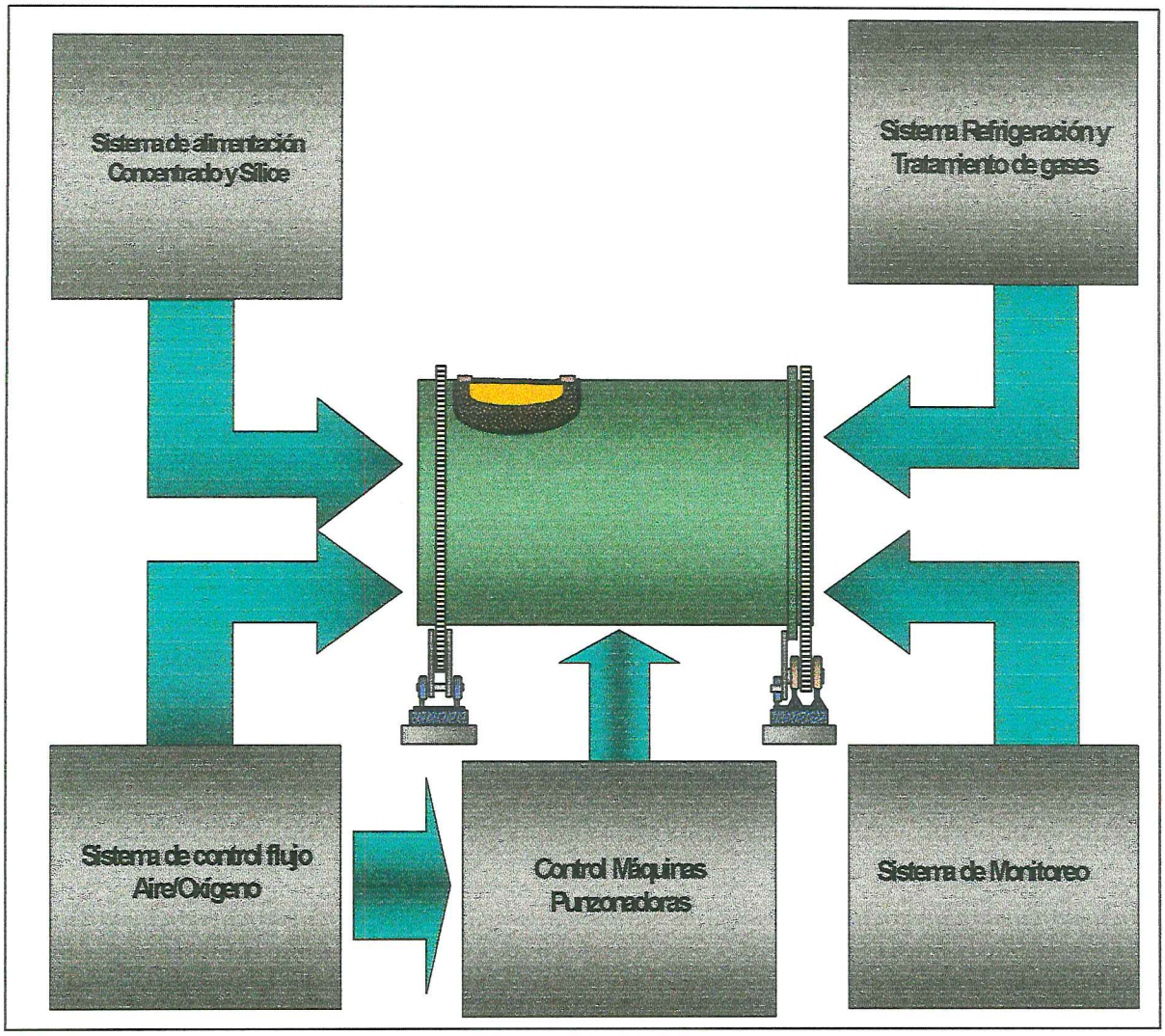



Figura N°3 Esquema general de la instrumentación del Convertidor Teniente de la Fundición de Ventanas.

Se puede observar que el sistema está definido en sus etapas de control y operación sobre el convertidor distinguiéndose :

1- Sistema de alimentación de Concentrado y Sílice.

2- Sistema de control de flujo Aire/Oxígeno.

3- Sistema de refrigeración y tratamiento de gases.

4- Sistema de monitoreo y operación.

.

Esto nos permite dividir el sistema en subsistemas a controlar los cuales se describen a continuación:

## 4.1.-DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control e instrumentación asociados a la operación del Convertidor son los siguientes:

### 4.1.1.-Sistema de control de flujo de Aire/Oxígeno.

Se debe soplar con aire en todo instante, para éste propósito se dispone de una válvula on-off (**HV - 102**) que cumple la función de distribuir el aire hacia las toberas y el inyector de carga, la cual es operada desde una consola en terreno con dos botoneras de apertura y cierre.

La válvula **HV-102** es controlada desde la sala de operación del CT, con un sistema de operación a través de contactores y relés mecánicos, la cual cumple con el siguiente ciclo de operación: Cuando el convertidor va a posición de soplado (línea de toberas en el baño) el operador manda abrir la válvula siempre y cuando esté disponible una presión de 120 [KPa] de aire que circula por el ducto que viene del turbosoplador desde la central térmica, una vez abierta está no se puede cerrar mientras esté en la posición normal de operación el CT, este enclavamineto se realiza como protección en caso de que si se corta el flujo de aire al intentar cerrar la válvula estando en operación normal el convertidor ( situación que no puede suceder), las toberas se taparían con el líquido provocando la detención del proceso.

El ciclo de cerrado ocurre solamente cuando el convertidor vuelve de la posición de soplado. El cierre de la válvula esta coordinado con una válvula de venteo dispuesta en el turbosoplador, cuando el operador manda cerrar la válvula

desde la consola del CT, se comienza abrir la de venteo después de 11[s] de operación de esta, con escalonamientos de 3 [s] de operación y 12 [s] de parada hasta completar el cerrado total.

La operación se realiza de esta manera por el simple motivo de que al cerrar totalmente la válvula (HV-102) sin escalonamiento, se produce una contrapresión por las variaciones de flujo en el ducto de alimentación de aire que impide que el sistema de alivio y venteo que está dispuesto en el turbo opere a tiempo y en forma correcta.

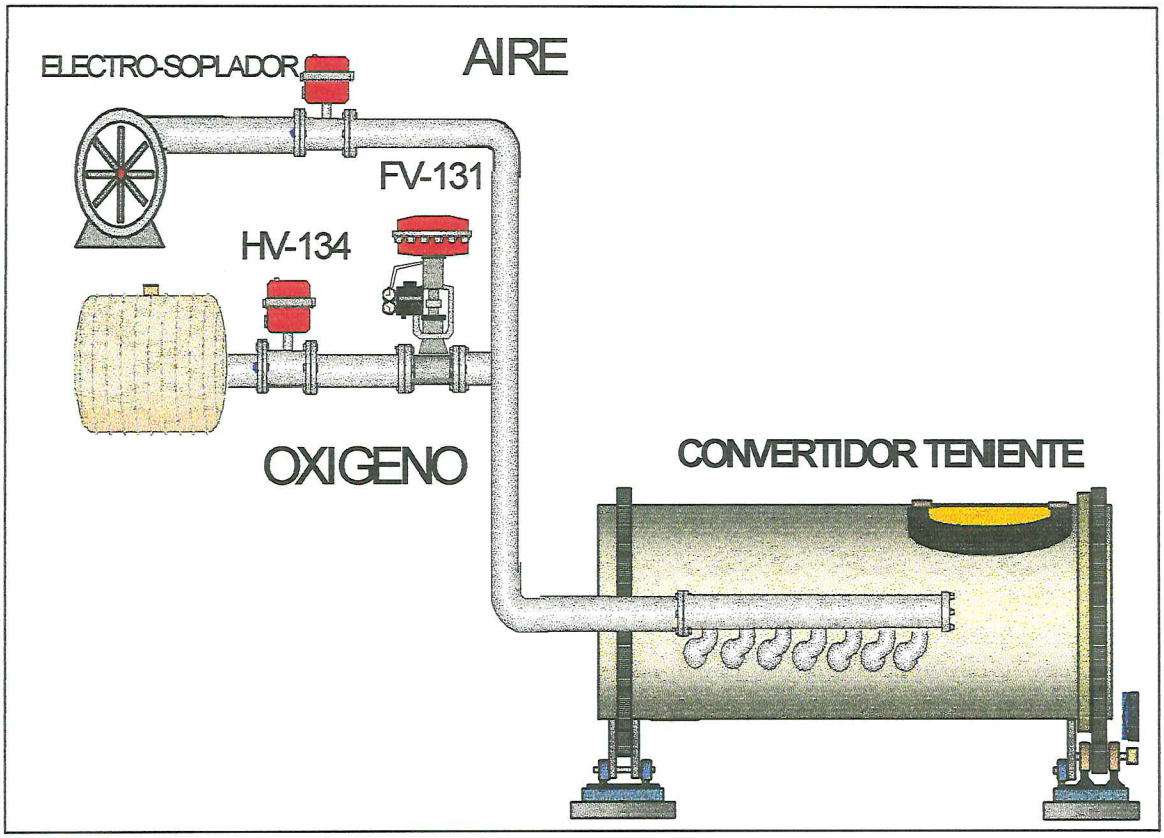



Figura Nº4. Diagrama general de inyección de aire/oxígeno al C.T

Se debe adicionar oxígeno a la línea de aire que se inyecta al convertidor, esta acción se realiza con el fin de mantener un porcentaje de enriquecimiento del aire, que permite que el convertidor tenga una mayor capacidad de fusión.

El sistema cuenta con una válvula on/off de distribución general de oxígeno identificada como **HV-134**.

Para controlar la cantidad de oxígeno que ingresa al CT., se dispone de dos válvulas neumáticas, una dispuesta para la línea de toberas **FV-131** y otra para el inyector de carga **FV-121**, las cuales se controlan en un rango de 0-100[%] de abertura y cerrado de acuerdo al porcentaje de enriquecimiento que se necesite adicionar a la línea de aire, en un rango de 21[%] a 38[%] y 21[%] a 31[%] respectivamente, en donde la cantidad de flujo de oxígeno que se quiere adicionar al aire que ingresa a las toberas, está en un rango de 0-150 [Nm³/min] y para la línea del inyector en un rango de 0-75 [Nm³/min].

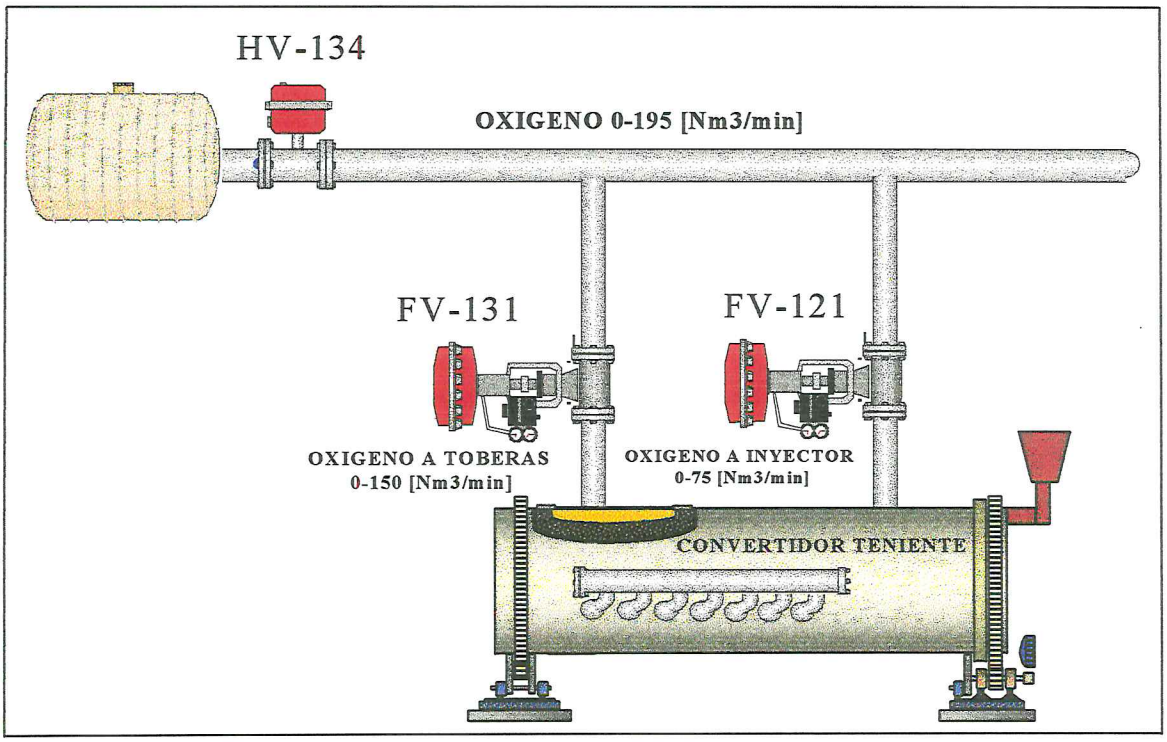



Figura Nº5. Diagrama general de distribución de oxígeno al C.T

## 4.1.2.-SISTEMA DE REFRIGERACION Y TRATAMIENTO DE GASES.

El sistema de refrigeración y tratamiento de gases cuenta con una campana captadora de gases emanados por el convertidor teniente durante el proceso de fundir y una torre de acondicionamiento para disminuir la temperatura de los gases recepcionados por la campana.

De acuerdo con los equipos asociados, se debe mantener una temperatura de los gases a la salida de la torre de refrigeración en un rango de entre 350 [°C] - 400 [°C] necesaria para ser procesada en la planta de ácido, para cumplir esta función se deben controlar dos válvulas, **TV-303** se encarga de regular el flujo de agua a boquillas y **PV-304** se encarga de regular el flujo de aire, manteniendo una razón constante de inyección de aire/agua de acuerdo al valor de temperatura de los gases que ingresan a la torre.

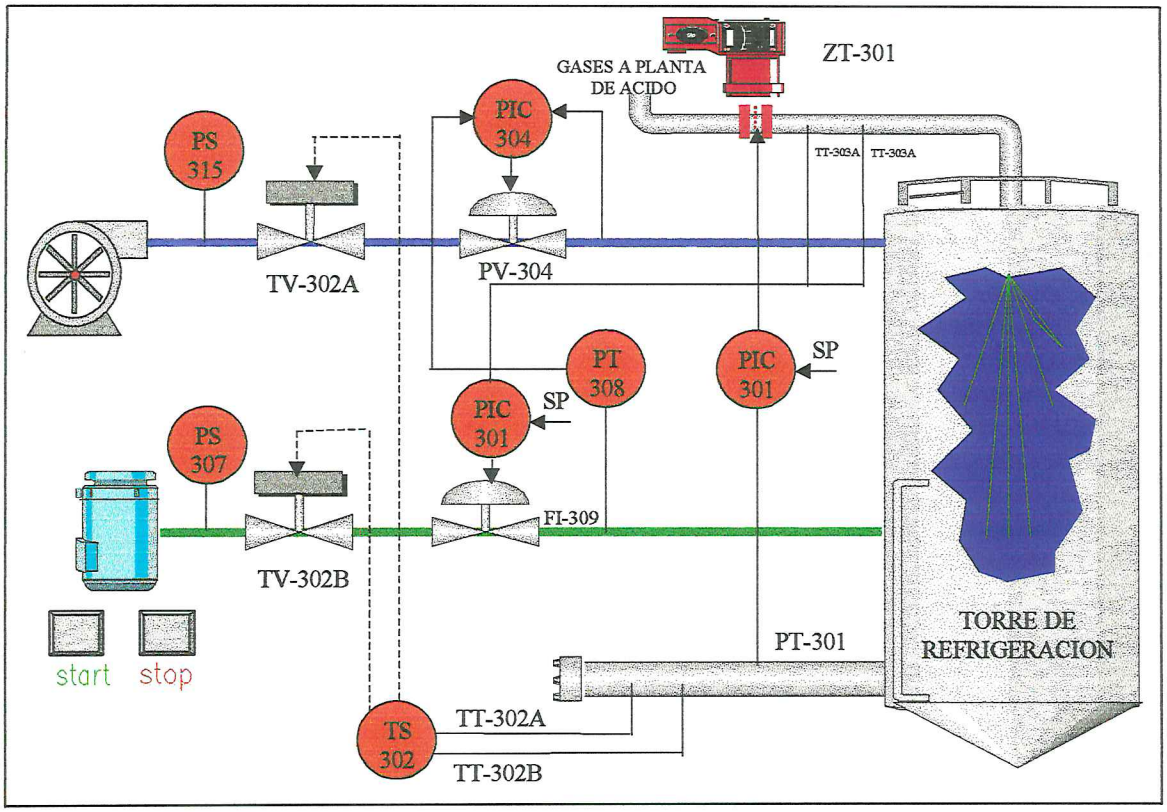



Figura Nº6. Sistema de refrigeración de gases

### 4.1.3.- **SISTEMA DE MAQUINAS PUNZONADORAS**

El sistema de punzonado del convertidor es un sistema que consta de dos máquinas electroneumáticas comandadas por un PLC, las cuales se desplazan sobre rieles montados en sentido paralelo y longitudinal al convertidor, llevando en el carro la barretilla que es utilizada para destapar las toberas, cuando éstas se obstruyen por efectos de un nivel de metal blanco deficiente, bajo flujo de aire (menor que 300 [$Nm^3$/min]) o un alto nivel de escoria.

Este sistema además de cumplir la función de limpiar las toberas, regula el flujo de aire/oxígeno hacia toberas al mantener un punzonado constante lo que permite estabilizar el flujo de aire/oxígeno para realizar un control más estable, manteniendo el área seccional de las toberas constante.
(Este sistema fue implementado anteriormente al proyecto y desarrollado por Oscar Lizana, Ingeniero proyectista de ENAMI Ventanas).

### 4.1.4.- **SISTEMA DE ALIMENTACION CONCENTRADO/SILICE**

El sistema de alimentación de concentrado y sílice está constituido por 4 alimentadores pesométricos, tres de ellos tienen asociadas tolvas de concentrado, dos de 120 Toneladas y una de 250 Toneladas y el cuarto es una tolva de sílice de 60 Toneladas de capacidad.

Cada una de estas tolvas posee un tren de correas que alimentan a un tren principal que es el que finalmente ingresa la mezcla en forma granulada al Convertidor por la boca del inyector, los trenes de correas se identifican de acuerdo a la siguiente descripción:

| | | |
|---|---|---|
| Alimentación tolva sur | : correas | 4B3a - 4B5a. |
| Alimentación tolva norte | : correas | 4B3b - 4B5b. |
| Alimentación tolva 250 | : correa | 4B5c. |
| Alimentación tolva sílice | : correas | 4B4 - 4B6. |
| Alimentación boca inyector | : correas | 4B7 - 4B8 -4B9. |

Para realizar el control de la cantidad de Concentrado/Sílice en los sistemas de correas se disponen de los siguientes controles:

Tolva Sur : Posee un sensor de medición del peso (celda de carga) del concentrado dispuesta en la correa superior 4B3a, esta medición es registrada y de acuerdo al valor, el control de la cantidad de concentrado se realiza aumentando o disminuyendo la velocidad de la correa inferior 4B5a.

Tolva Norte: La medición del peso se realiza de la misma manera que la tolva sur pero en la correa 4B3b y el control de la velocidad se realiza sobre la correa 4B5b.

Tolva de 250 [ton]: Esta tolva posee un sensor de peso igual a las correas anteriormente descritas, ubicado en la correa 4B5c. La regulación de la velocidad se realiza por medio de un controlador el cual actúa sobre un variador de frecuencia aumentando o disminuyendo la cantidad de concentrado que ingresa al convertidor.

Tolva de Sílice: El control de esta tolva es idéntico al de la tolva de 250 toneladas, con un sensor de peso ubicado en la 4B4 y se actúa regulando la velocidad a través de un control de razón (concentrado/sílice).

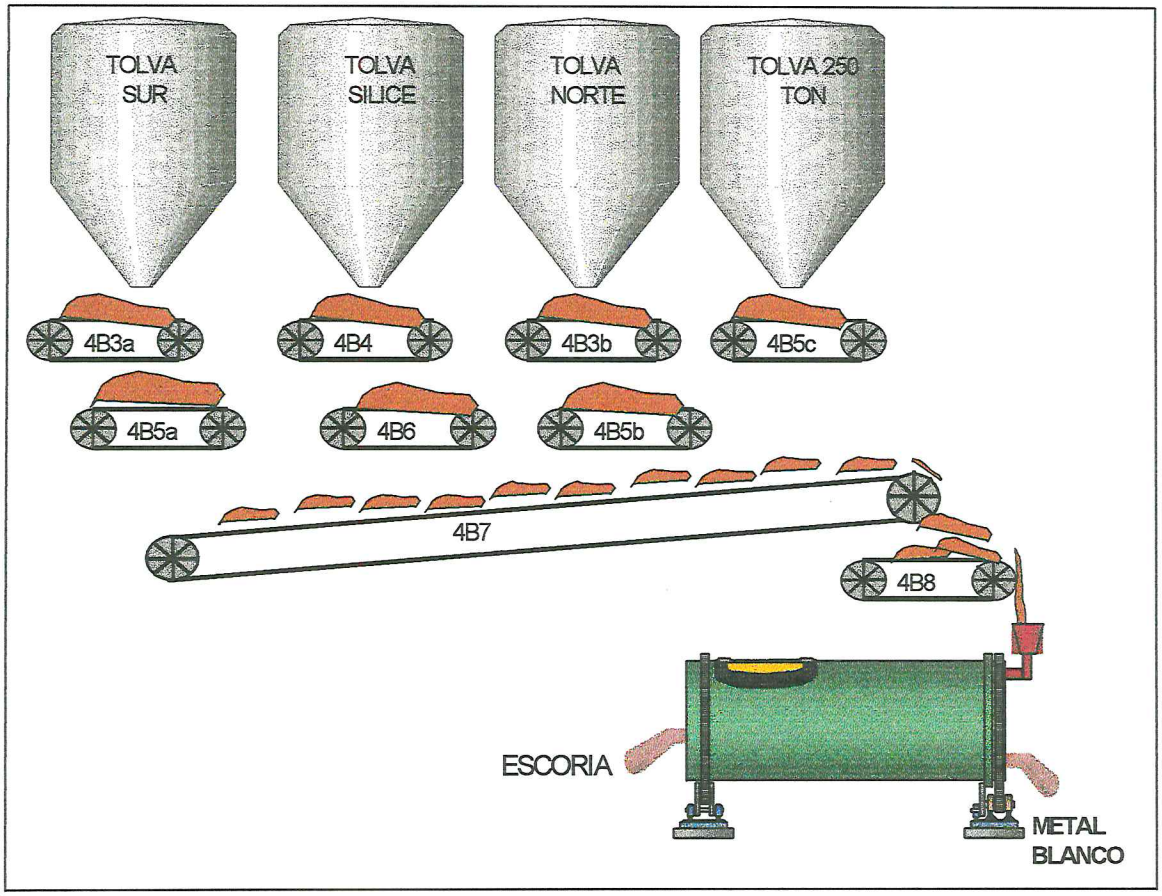



Figura 7. Diagrama general de inyección de concentrado/sílice al C.T.

### 4.1.5.-**SISTEMA DE MONITOREO**

Estos sistemas permiten disponer de mayor información de la operación del Convertidor Teniente.

-Temperatura del baño

Un pirómetro óptico de tobera permite medir la temperatura del baño en el interior del convertidor.

-Potencia de giro del motor.

Esta de medición permite medir, indicar y registrar la potencia eléctrica requerida por el motor para poder girar el convertidor.

-Concentración de $SO_2$ en la planta de ácido.

-Porcentaje de abertura del Dumper.

Esta medición permite controlar y regular el tiraje para la evacuación de los gases de salida.

Dumper : Vávula de mariposa que se encarga de regular el flujo de gases hacia planta de ácido.

## 4.2.- REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Como se puede observar en la figura Nº3 los requisitos que debe cumplir el sistema de instrumentación a utilizar, deben asegurar la confiabilidad en la operación del Convertidor, de acuerdo a los objetivos planteados en punto 1.1

De acuerdo con esa definición el sistema de control que se instalará en el convertidor, se selecciono un sistema de control distribuido, el que involucra una gran cantidad de variables a monitorear y controlar.

La automatización y la cantidad de lazos de control queda definida a la cantidad de variables necesarias para poder controlar y operar el convertidor.

### 4.2.1.-FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MODERNIZACION

Además la motivación por el mejoramiento de calidad y productividad, y dada la constante modernización y disponibilidad de equipos para mejorar la producción podemos resaltar algunas características que justifican la modernización y automatización de la planta:

- Toda la información posible, de las variables que describen los aspectos claves del funcionamiento del Convertidor.
- Comunicación flexible entre instrumentos y la interfaz con el operador.
- Programas computaciones adecuados para implementar una arquitectura de diseño, configuración e implementación de una red de instrumentación distribuida, teniendo la posibilidad de monitorear y controlar las variables a través de consolas industriales dispuestas en una sala de operación.

-Flexibilidad necesaria, para monitorear, modificar y configurar en línea los instrumentos, con acceso vía configurador portátil o un PC.

-Contar con un sistema con capacidad de crecer, en cantidad de instrumentos, para responder a la necesidad de nuevas exigencias del proceso.

-Flexibilidad de respaldo, de modo que si en algún momento falla algún equipo, se pueda reemplazar en forma inmediata y sin alterar en forma drástica el proceso.

-Desarrollar un esquema de trabajo que requiere el mínimo de tiempo posible en el montaje, pruebas y puesta en marcha.

### 4.2.2. **SITUACION ACTUAL DE LA INSTRUMENTACION**

La operación del Convertidor Teniente se realiza por medio de un sistema de control e instrumentación **Hartmam & Braun** y **Siemens**.

Este tipo de instrumentos son una mezcla de controladores analógicos, digitales y elementos totalizadores, los cuales dificultan la operación por su antiguedad, además de ser incompatibles con algún sistema de adquisición de datos por computador, lo que dificultaba al operador poder definir bien los ciclos de carga e inyección de aire y oxígeno al Convertidor.

Ante esta situación se determina instalar un sistema de control **SCADA** (de **ABB-Kent Taylor**) para la operación del Convertidor, previo estudio y dada la experiencia que se tenía acerca estos sistemas ocupados en la planta para el sistema de inyección de aire a los **CPS** y **QOP**.

**CPS** : Convertidores Pierce-Smith.
**QOP** : Quemadores Oxígeno - Petróleo.

**SCADA** : "Supervisory control and data adquisition.

## 4.3.- AUTOMATIZACIÓN Y MODERNIZACION DEL PROCESO

De acuerdo al esquema de los sistemas de control asociados a la operación del convertidor teniente descritos anteriormente podemos separar el sistema en subsistemas a controlar.

### 4.3.1.-SISTEMA DE CONTROL FLUJO AIRE/OXIGENO.

Se debe reemplazar el sistema de operación de la válvula **HV-102** (descrito anteriormente) que cumple la función de suministrar el aire con que opera el Convertidor, los requerimientos de operación de esta son los siguientes.

- Abrir válvula cuando el Convertidor va a posición normal de operación
- Enclavar el sistema para no cerrar la válvula cuando está en operación normal el Convertidor .
- Regular el ciclo de cerrado de la válvula.

De acuerdo con los requerimientos de operación planteados para el funcionamiento de la válvula, se implementa en el instrumento **UU-100** una lógica secuencial que nos permite realizar la operación de acuerdo con lo determinado.
(Ver anexo Nº3 de que permiten operación de la válvula asociados al instrumento **UU-100**)

Una vez definido el ciclo de operación de la válvula de aire, la regulación de la cantidad de oxígeno se realiza a través del sistema de inyección de oxígeno que permite el enriquecimiento del aire que se inyecta al convertidor cuando éste se encuentra en operación normal lo que permite aumentar su capacidad total de fusión. Esta tarea es realizada por dos controladores que operan las válvulas de inyección de oxígeno a toberas y al inyector:

-El controlador **UX-130**, se encarga de controlar la cantidad de oxígeno que ingresa a las toberas, el cálculo del porcentaje de enriquecimiento se realiza en el mismo instrumento, en donde el resultado de esta expresión (referirse a ecuación N°1)representa la variable de proceso del controlador, el elemento final de control regula el flujo de oxígeno actuando sobre la válvula **FV-131** de distribución oxígeno a toberas.(ver figura N°8)

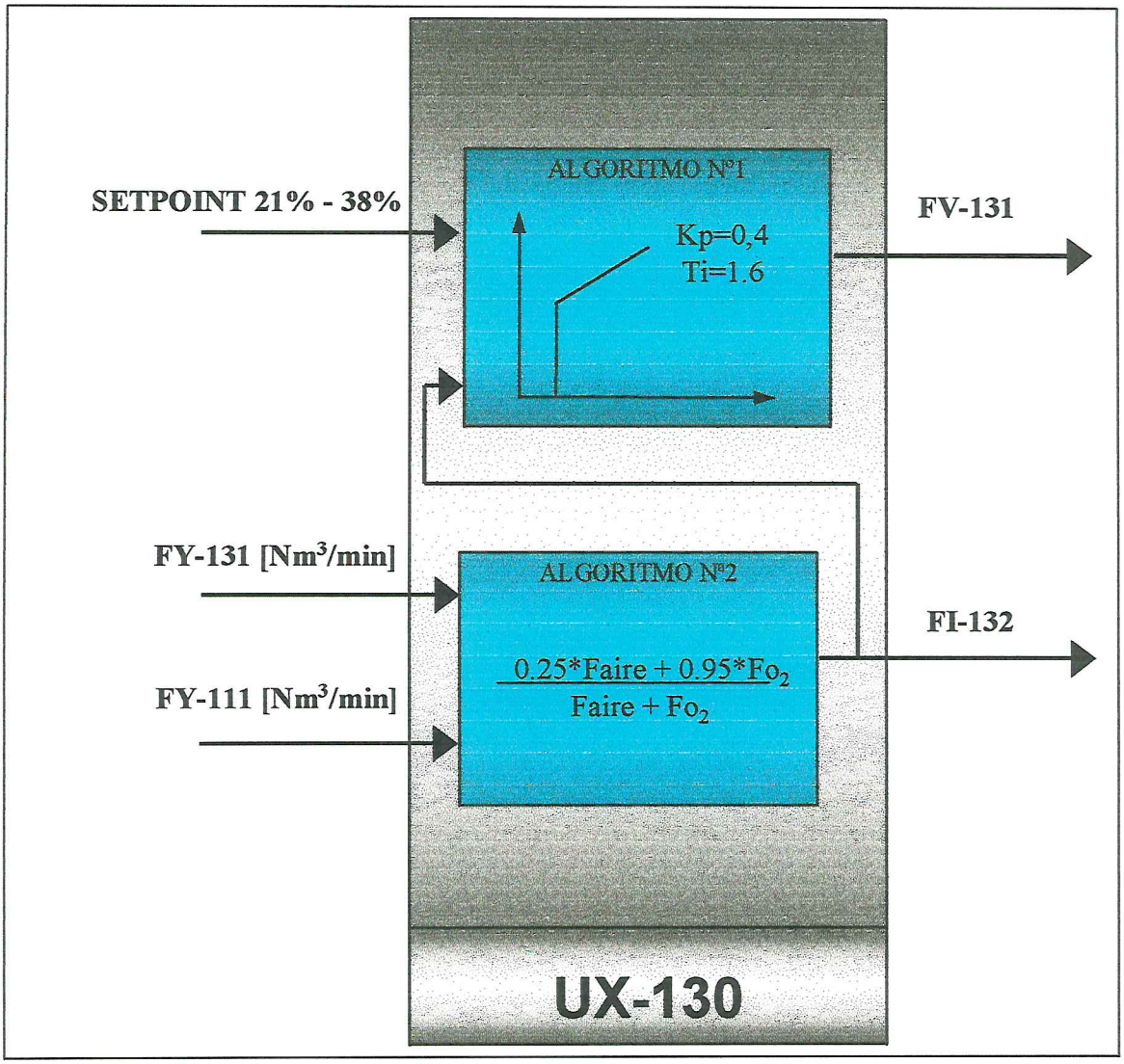



Figura N°8.Unidad controladora de aire/oxígeno a toberas

ALGORITMO1: Controlador Aire/O2 a Toberas
ALGORITMO2: Calculo de % de O2

-El controlador **UX-140**, se encarga de controlar la cantidad de oxígeno que ingresa al inyector de carga, el control es realizado actuando sobre la válvula **FV-121** dispuesta en el ducto por el cual circula el oxígeno que va al inyector.

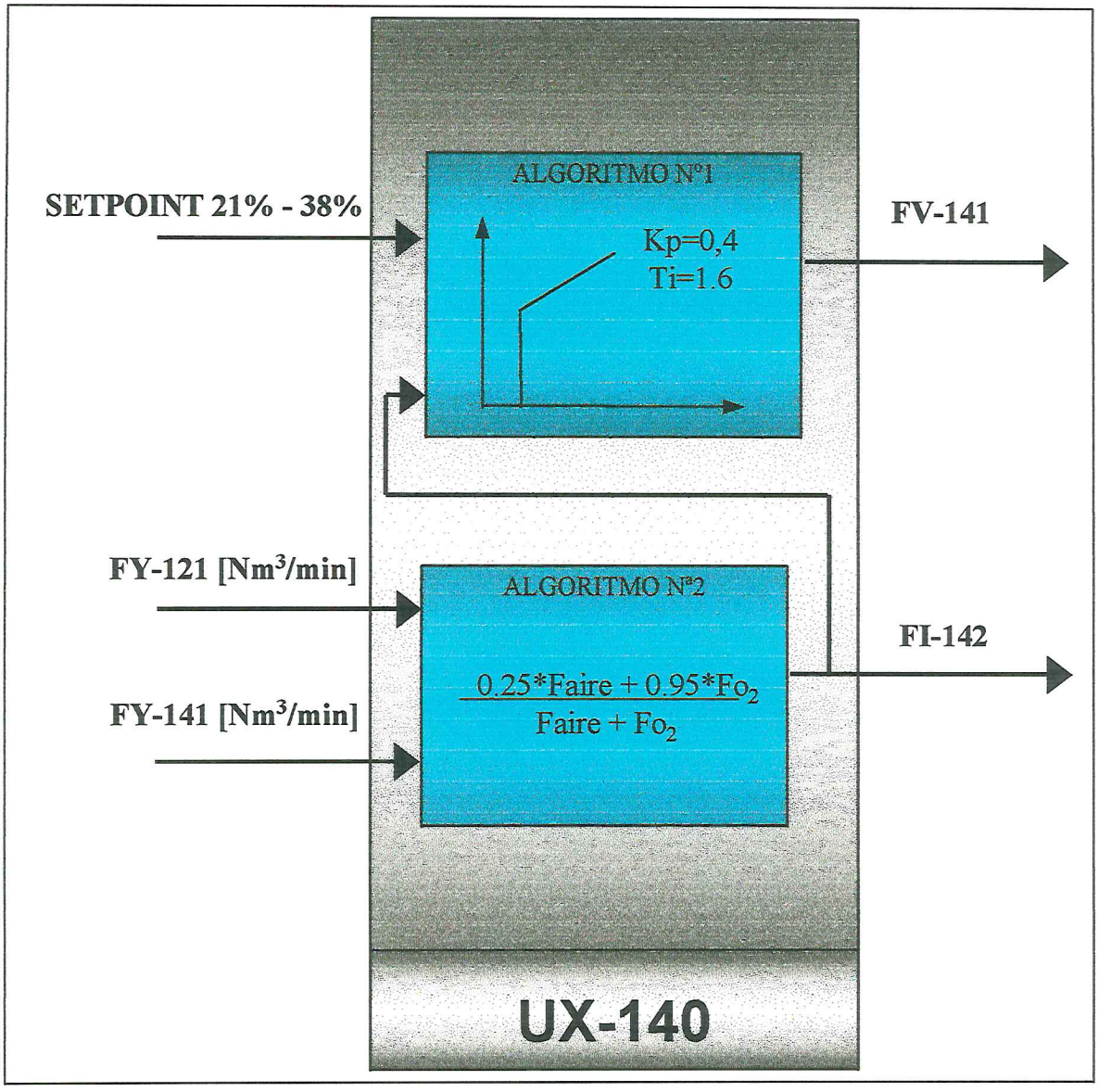



Figura N°9. Unidad controladora de aire/oxígeno a inyector.

ALGORITMO1 : Controlador Aire/O2 a Inyector
ALGORITMO2 : Calculo de % de O2

Como se mencionó en el punto anterior, en los controladores se realiza el cálculo del porcentaje de enriquecimiento de acuerdo a la siguiente expresión programada en las unidades UX-130 y Ux-140.

% enriquecimiento = (0.95*FO2 + 0.21*Faire) / (FO2 + F aire)*100 Ecuación Nº1

El resultado de ésta expresión varía en un rango 21%-35% de acuerdo a la cantidad de flujos de aire y oxígeno que estén circulando por los ductos de distribución y representa la variable de proceso de los controladores de acuerdo a los esquemas presentados en las figuras.

La normalización de los flujos de oxígeno y aire, a inyector y a toberas, se realiza por medio de algoritmos dispuestos en tres unidades matemáticas que se encargan de normalizar y calcular los distintos flujos de aire y oxígeno que son procesados en el Convertidor (referirse anexo Nº3 acerca de las señales asociadas con los instrumentos):

-Unidad matemática UX-101, normaliza :

-Aire total que llega al CT : rango 0-800 [$Nm^3$/min]

-Aire total al inyector : rango 0-100 [$Nm^3$/min]

-Unidad matemática UX-121, normaliza:

-Oxígeno a toberas : rango 0-150 [$Nm^3$/min]

-Oxígeno a inyector : rango 0-75 [$Nm^3$/min]

-Unidad matemática UX-131, cálculo de :

-Aire a toberas :rango 0-800 [$Nm^3$/min]

-Flujo total de $O_2$ :rango 0-195 [[$Nm^3$/min]

Ver esquemas de las configuraciones de los instrumentos asociados a la operación del convertidor teniente.

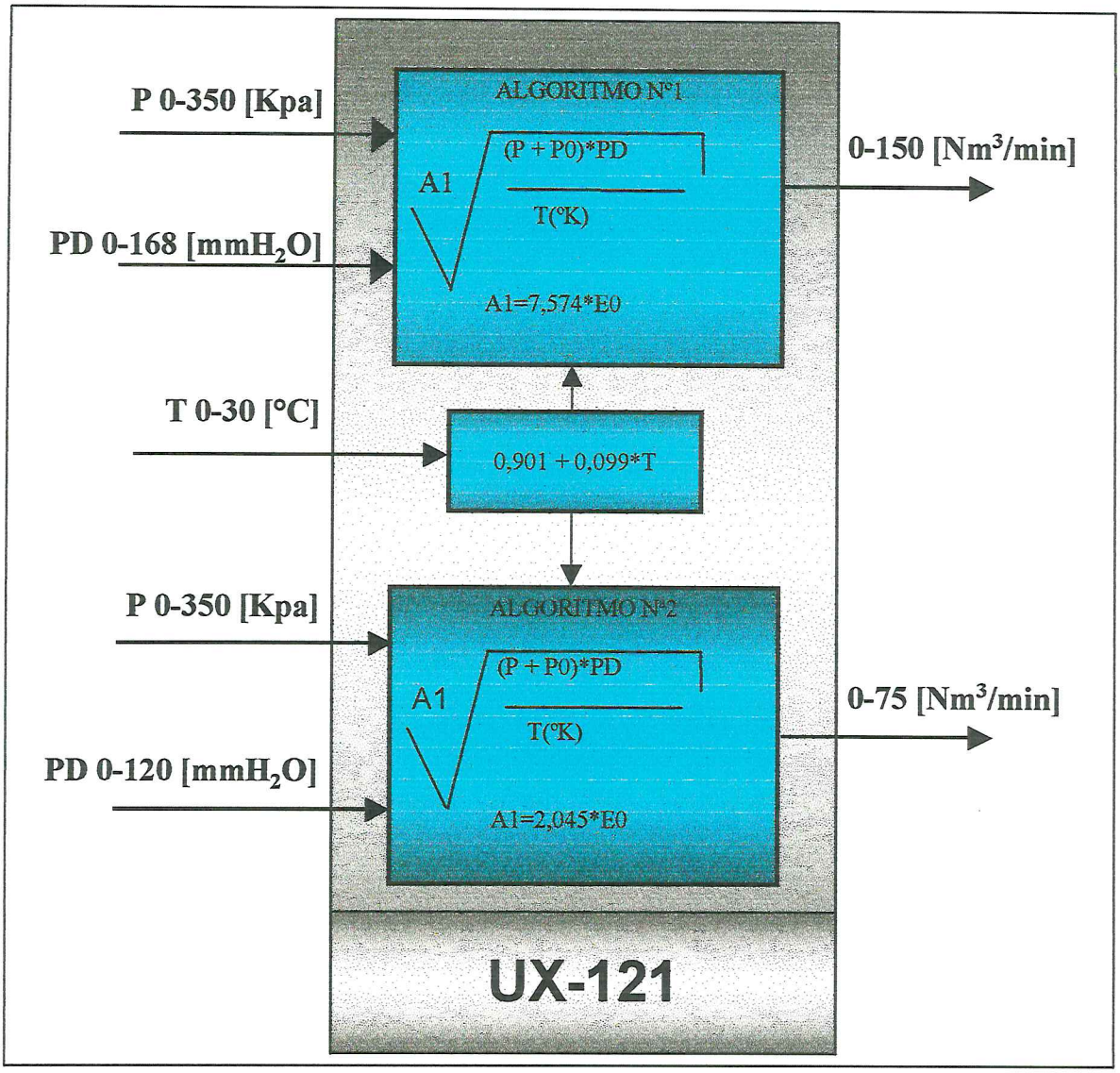



Figura N°10. Unidad matemática normaliza flujos de oxígeno a toberas y a inyector de carga.

Algoritmo 1: Normaliza Oxígeno a Toberas
Algoritmo 2: Normaliza Oxígeno a Inyector.

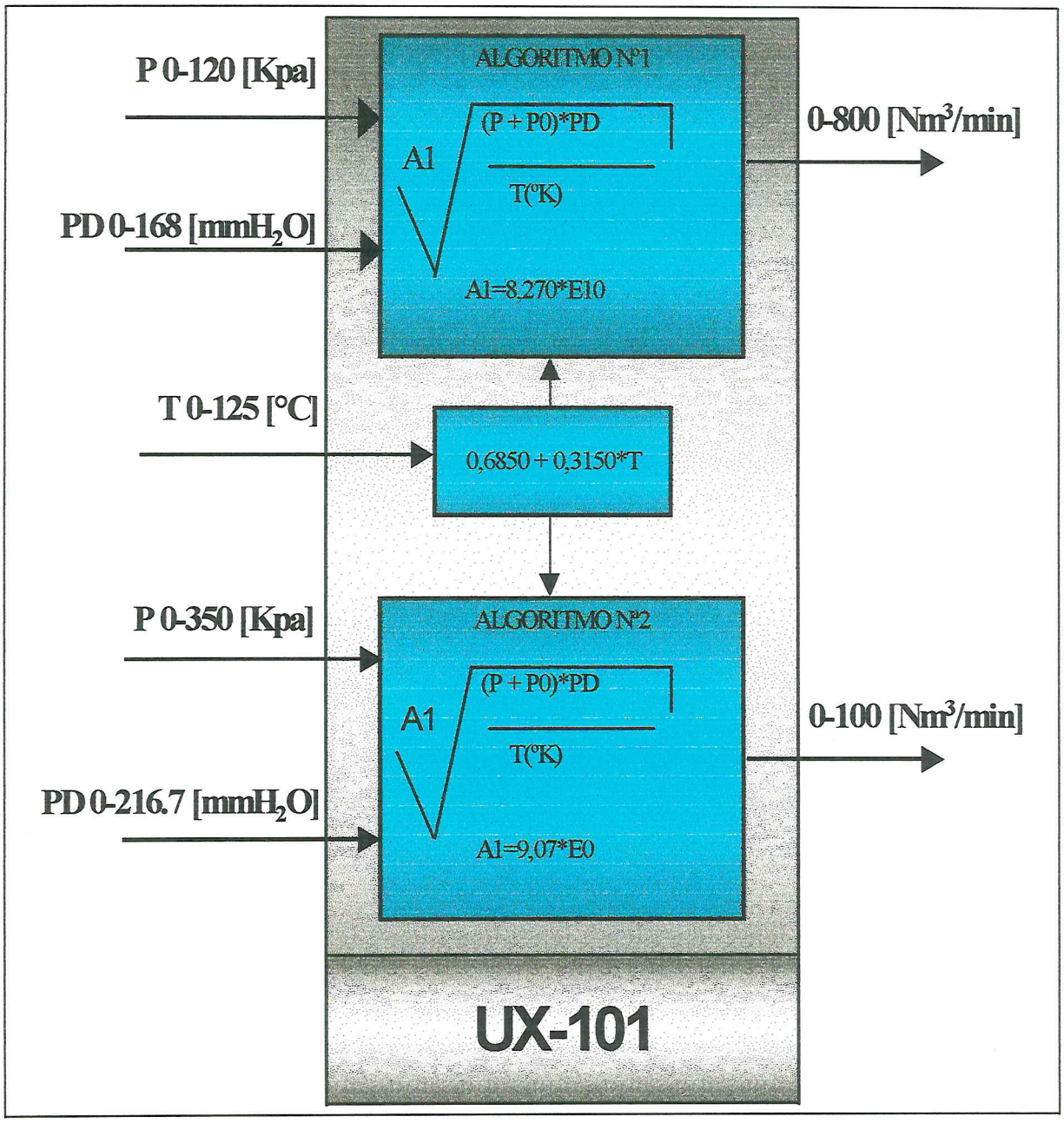



Figura N°11. Unidad matemática normaliza flujos de aire total y aire a inyector.

Algoritmo 1: Normaliza aire total
Algoritmo 2: Normaliza aire total a inyector

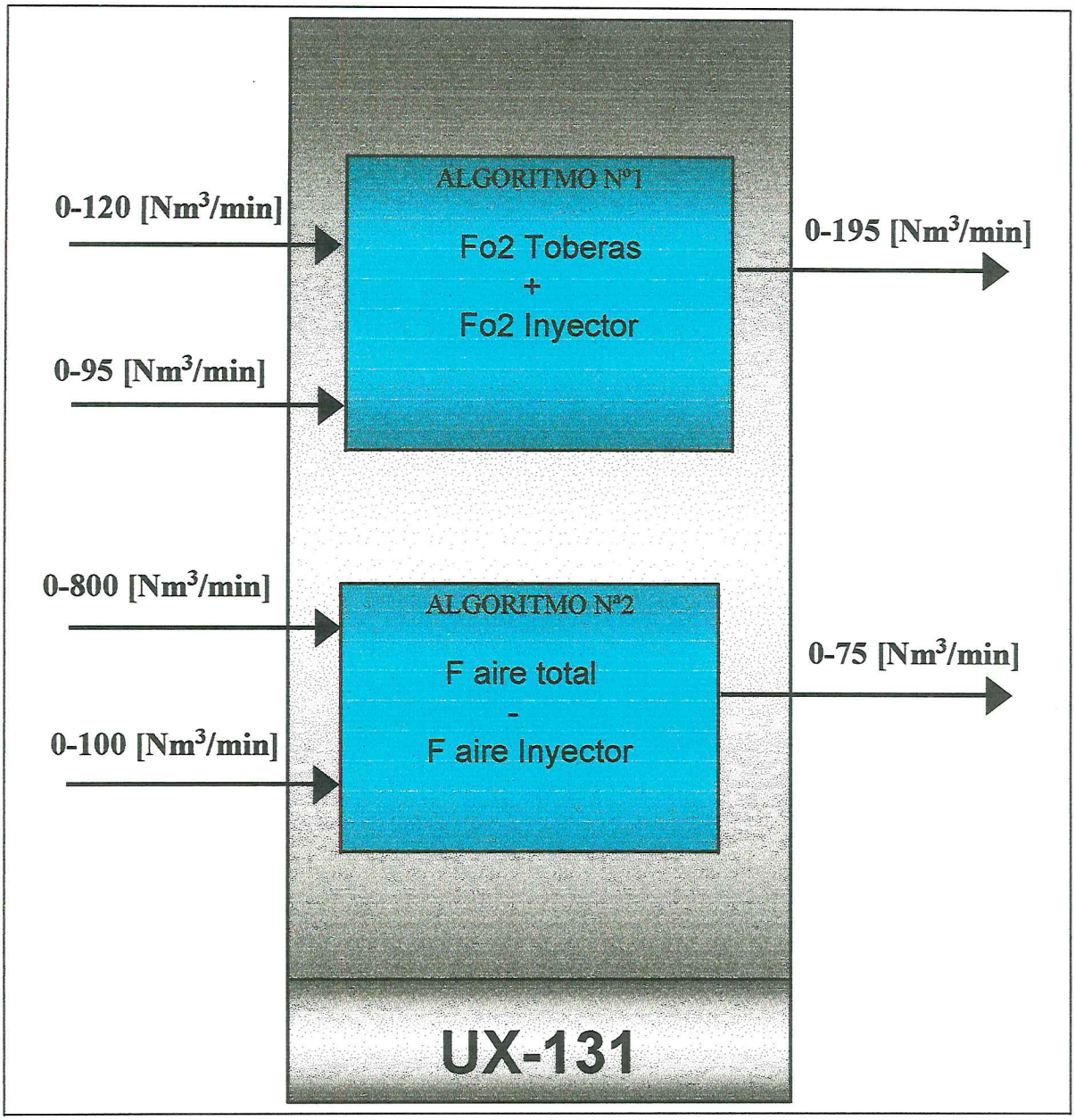



Figura N°12. Unidad matemática calcula suma de flujos de inyección de oxígeno y aire a toberas.

Algoritmo 1: Total de oxígeno al CT rango 0-195 [Nm³/mim]
Algoritmo 2: Total de aire a toberas rango 0-800 [Nm³/mim]

## 4.3.2.- SISTEMA DE ALIMENTACION CONCENTRADO/SILICE.

El sistema de alimentación de Concentrado/Sílice se realiza a través del sistema de correas transportadoras que alimentan el inyector de carga. Se utiliza un sistema manual el cual funciona de acuerdo a la siguiente secuencia:

- Primero se realiza habilitación del tren de correas completo, que permite preparar el sistema para seleccionar.
- Segundo se realiza proceso de selección de correas de acuerdo a la siguientes combinaciones que son las utilizadas durante la operación:

-Tolva Norte + Tolva Sur + Tolva Sílice
-Tolvas Sílice + Tolva de 250.
-Tolva Sílice solamente.
-Tolva de 250 solamente.

-Una vez seleccionadas las correas a operar se procede a dar partida a la secuencia que opera de la siguiente forma :

Al dar la partida, se avisa con una alarma sonora que la secuencia de operación de las correas va entrar en funcionamiento, siguiendo la secuencia **4B9**,**4B8** y **4B7**.

Una vez que ha partido del tren principal ,comienza la operación de las correas seleccionadas por el operador, iniciándose ésta de derecha a izquierda(de poniente a oriente).

Por ejemplo, si está seleccionado solamente el tren de correas de la tolva de sílice, primero parte la correa 4B6 y luego la 4B4 para asegurar que si por al

gún motivo quedaron residuos de mezcla en la correa inferior (4B6) ésta se desocupará inmediatamente al caer sobre la correa 4B7 que ya está en funcionamiento y será depositada en la boca del inyector.

Cuando el sistema está en operación normal para realizar la detención del tren se tienen dos opciones.:

1- Deshabilitar, que cumple la función de parar completamente el tren de correas en forma instantánea.

2- Parar, que cumple la función de detener el tren de correas en forma secuencial.

Al centralizar la operación del Convertidor en dos consolas, se implementó el sistema de operación en el instrumento **UU-100** (ver anexo Nº3 de señales), el cual contiene las configuraciones de acuerdo a los requerimientos de operación anteriormente descritos.

Una vez que se encuentra en funcionamiento el sistema de operación de las correas, el control de la cantidad de concentrado que ingresa al Convertidor se realiza a través de dos lazos de control en un mismo instrumento (**UX-050**), el primer lazo controla la velocidad de la correa 4B5c de la tolva de 250 toneladas y el segundo lazo controla la cantidad de sílice que se inyecta de acuerdo a una razón de entrada que es aproximadamente 0,555 la cantidad de concentrado total que se esta ingresando al Convertidor.

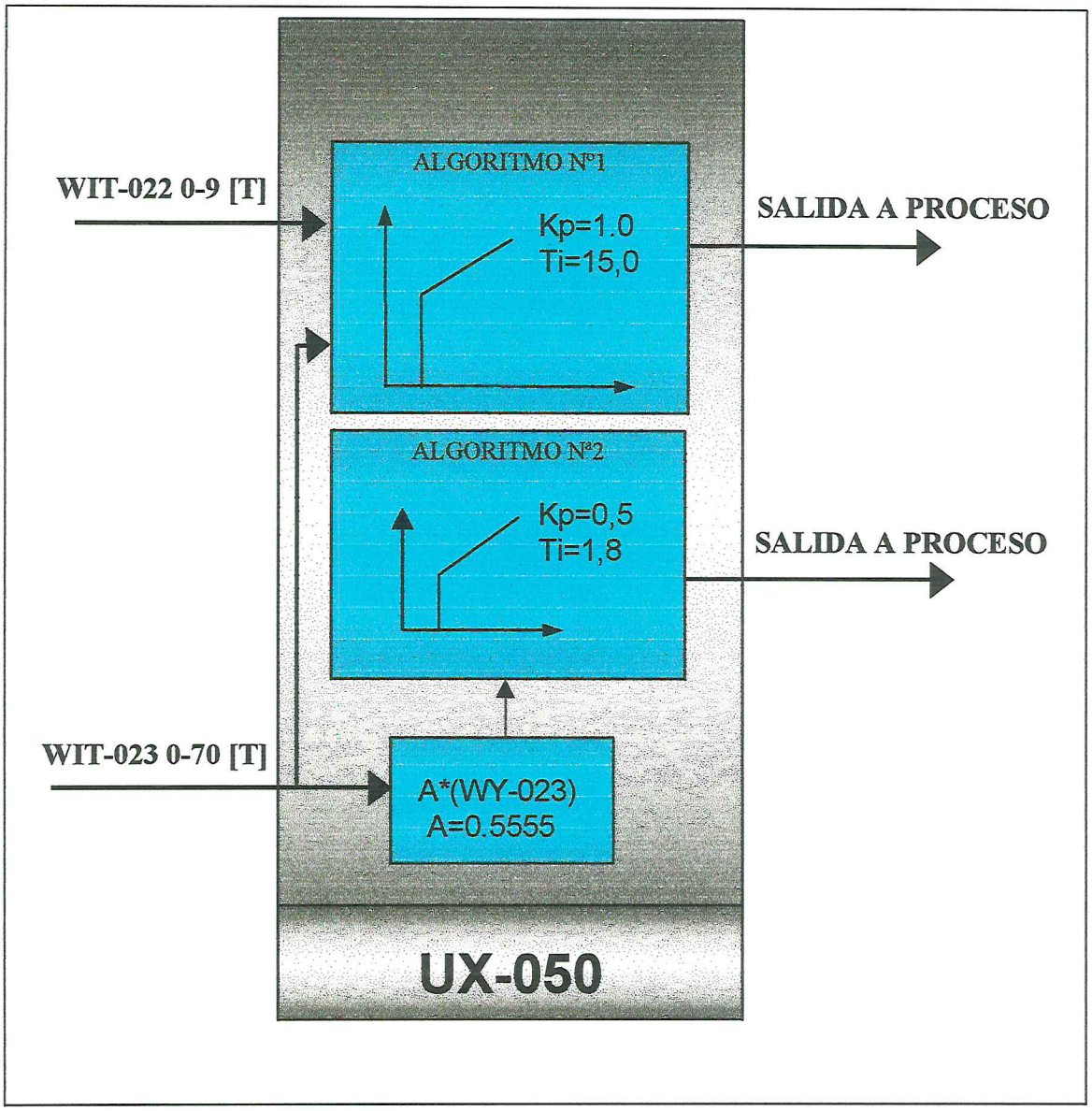



Figura N°13 Unidad controladora de concentrado/sílice

Algoritmo 1: Control de la cantidad de concentrado que ingresa al CT
Algoritmo 2: Control de la cantidad de sílice que ingresa al CT. en donde K=0,55

Previamente al control de la cantidad de concentrado/sílice se calcula a través de la unidad matemática **UX-051**, la suma de las cantidades de concentrado de las tolvas sur, norte y 250 toneladas, esto es realiza con el fin de mantener una cantidad máxima de alimentación de concentrado en 70 [ton], este resultado representa la variable de proceso del controlador que regula la cantidad de concentrado/sílice.

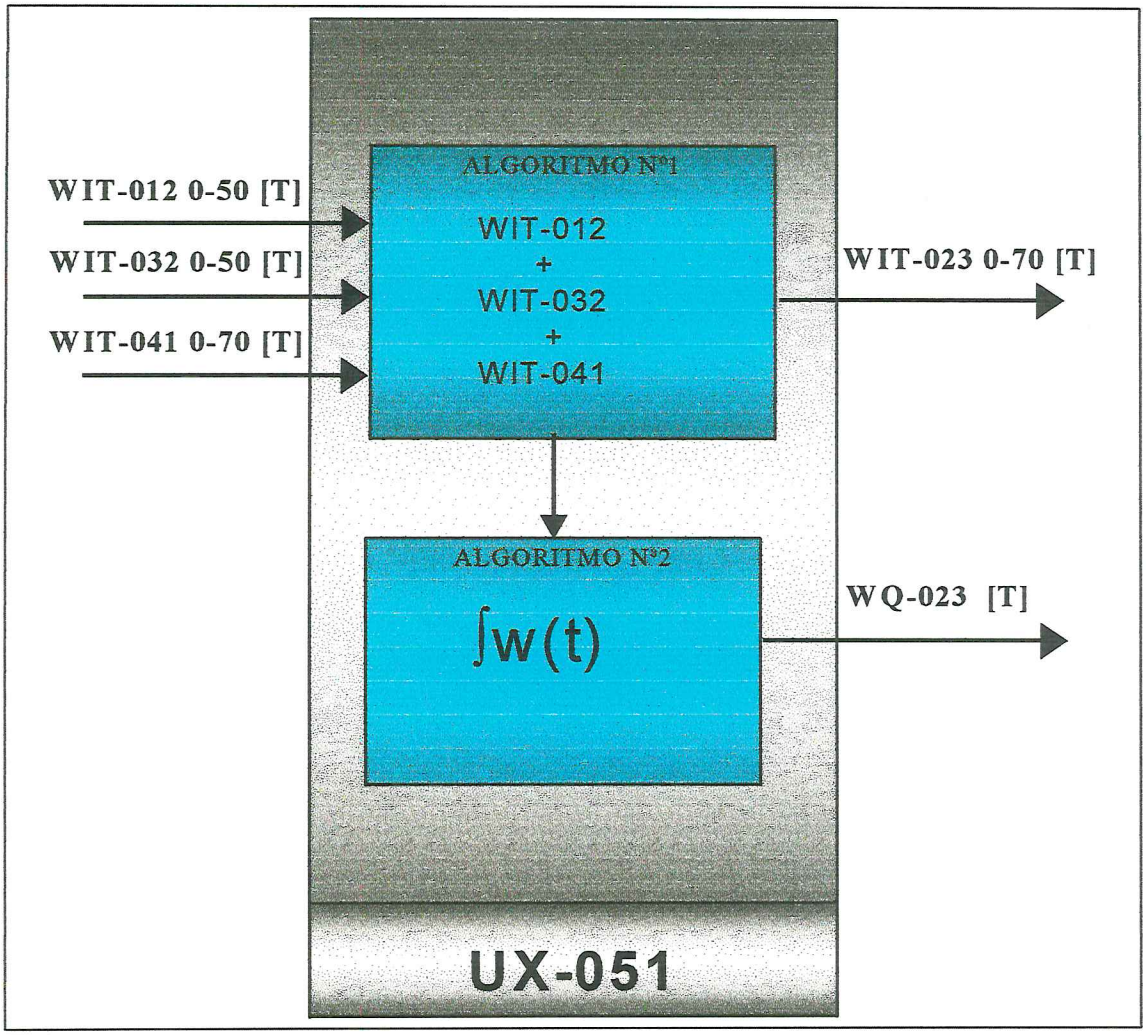



Figura N°14. Unidad matemática suma y totaliza cantidad de concentrado al C.T.

Algoritmo 1: Sumatoria de concentrados rango 0-70 [Ton]
Algoritmo 2: Totaliza concentrado rango infinito

## 4.3.3.-SISTEMA DE REFRIGERACION Y TRATAMIENTO DE GASES.

El sistema de refrigeración y tratamiento de gases tiene la función de disminuir la temperatura con que ingresan los gases a la campana desde los 700 [°C]a los 350[°C] aproximadamente, para pasar a los electrofiltros donde se retienen las partículas más pesadas y así enviarlos a la planta de ácido para su posterior tratamiento y obtención del ácido sulfúrico.

Los gases se enfrían al recibir flujos pulverizados de agua, a través de un sistema de lanzas dispuestas en el interior de la torre de refrigeración.

Para efectuar la función de regulación de la temperatura de salida se cuenta con dos controladores:

- La unidad controladora **UX-310** posee dos lazos de control asociados en su configuración, el primero cumple la función de controlar la temperatura de salida de torre necesaria para que los gases se mantengan a una temperatura de 350 [°C] para ser procesados por la planta de ácido; para ello se toma la medición de la temperatura de salida de la torre y se actúa sobre la válvula **PV-303** regulando el flujo de agua a boquillas; el segundo lazo controla la relación presión/aire de modo de mantener en el interior de la torre de refrigeración una buena pulverización del agua, para ello se toma la medición de la presión de aire a boquillas(**PT-304**) y presión agua boquillas(**PT-308**), y se regula actuando sobre la válvula de control presión aire a boquillas **PV-304**. El efecto termodinámico de la vaporización del agua permite el descenso de la temperatura de la torre.

En el instrumento **UX-320** el lazo de control asociado cumple la función de mantener la presión de los gases a la salida de la torre. Para esto se toma la medición de la presión de los gases a la entrada de la torre (**PT-301**)y se controla la apertura y cierre de una compuerta dispuesta en el ducto de salida de la torre llamado Dumper, la que controla el paso de los gases a la planta de ácido.(Ver figura de instrumentos asociados a la operación del sistema de refrigeración)

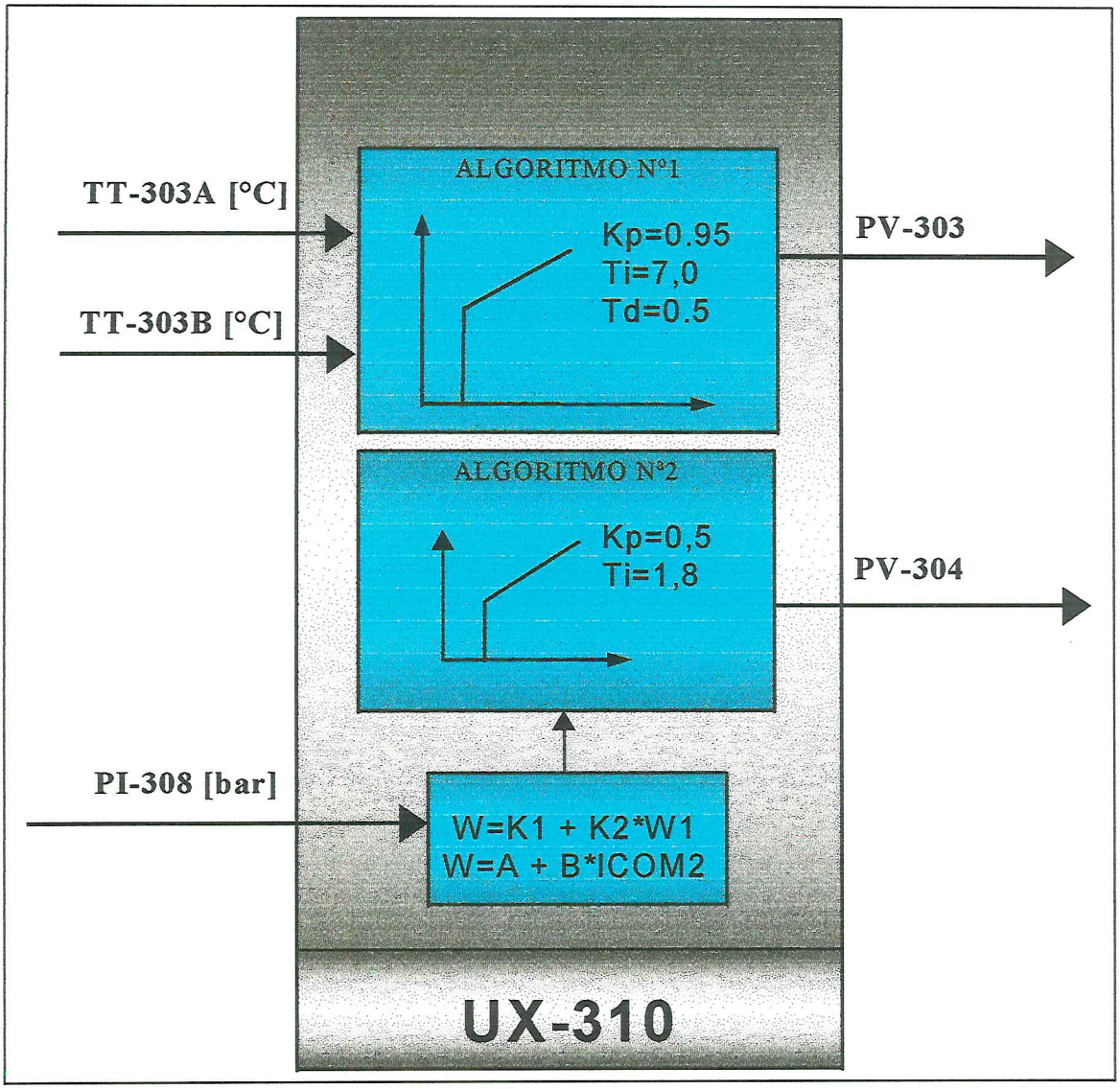



Figura Nº 15. Unidad controladora de presión de gases al C.T.

Algoritmo 1: Control de presión gases al C.T.

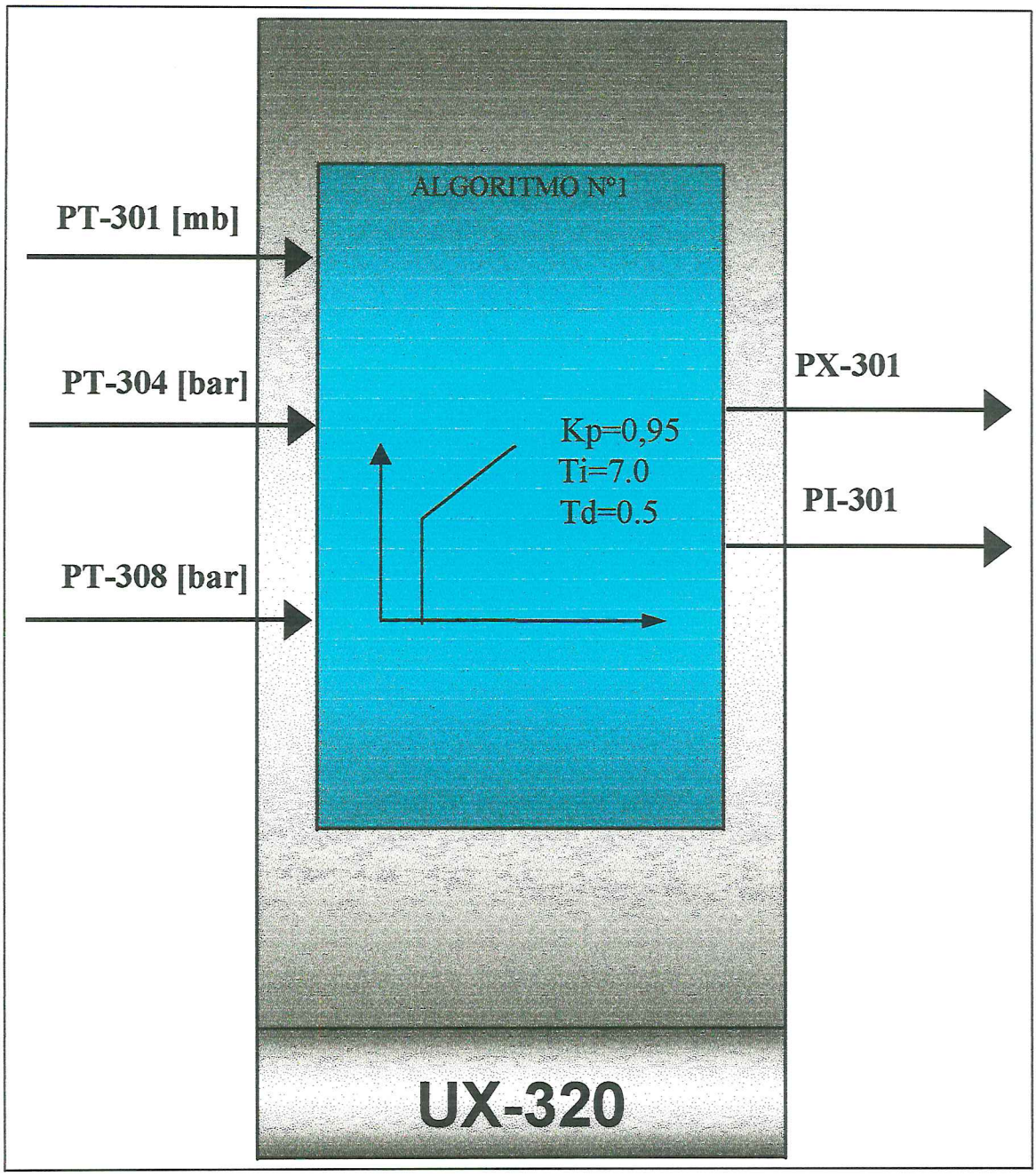



Figura N°16. Unida controladora de presión, temperatura a torre de refrigeración.

Algoritmo 1: Control de temperatura
Algoritmo 2: Control de presión aire boquillas.

Referirse a anexo3 señales monitoreadas

## 5.- DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LAS PANTALLAS DE OPERACION

El diseño de las estrategias de monitoreo están ligadas a las condiciones del proceso a monitorear, deben contener toda la información posible acerca de los parámetros, variables y señales de importancia en el proceso.

### 5.1.0.-DISEÑO DE LAS PANTALLAS DE OPERACION PARA EL CONVERTIDOR.

Para el diseño de las pantallas y las estrategias de monitoreo y operación del Convertidor se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

-Impacto Psicológico ante el cambio.

-Diseños basados en la disposición física de los distintos grupos de operación del Convertidor.

-Colaboración de los jefes de turno y operadores para definir los diseños y cantidad de pantallas, basadas en la secuencias de operación del Convertidor.

-Diseños estructurados y ergonómicos, dando énfasis a las variables y tendencias gráficas con un diseño de colores apropiado para la visión humana.

## 6.- MONTAJE FINAL Y PUESTA EN MARCHA

El montaje final de la red de instrumentación y del sistema de operación se logra en forma óptima de acuerdo los objetivos y requerimientos del diseño, lográndose una integración y asimilación total de operación del sistema, con la consecuente aceptación por parte de los operadores del Convertidor y de los jefes de turno.

Los resultados de la aplicación del sistema de control a la operación del convertidor se encuentran dentro de los limites esperados, lográndose una optimización y facilidad en la operación del convertidor. Esto permite a los operadores poder tomar decisiones precisas y a tiempo, al disponer de la información y controles necesarios en las pantallas de operación.

## 7.- **CONCLUSIONES**

1.-El sistema desarrollado dispone de la información necesaria y suficiente para que el operador tome las decisiones más acertadas y en el momento preciso.

2.-La centralización de la información a través de las consolas de operación permite una mejora notable en la operación y control del convertidor.

3.-La tecnología de control basada en microprocesadores facilita la mantención preventiva y correctiva, al disponer de un sistema de informes de diagnósticos, registros históricos y tendencias gráficas, lo que otorga facilidad al personal de mantención de terreno de la planta para detectar y reparar las distintas fallas que se pueden ir presentando y así reducir tiempos involucrados en la detección de éstas.

4.-El sistema, por su arquitectura del tipo distribuido, posee la capacidad de expandirse en unión con otros tipos de instrumentación de acuerdo con las necesidades de expansión del proceso.

5.-La flexibilidad del sistema permite que éste pueda ser operado desde los mismos instrumentos en caso de que las consolas de operación fallen, disponiéndose en ellos de las mismas señales y controles que se encuentran dispuestas en las consolas.

6.- Dada la flexibilidad que permite el sistema y la facilidad de operación, para desarrollo a futuro sugiero tener en cuenta el cambio de los instrumentos de la línea MOD30-XL a una línea compatible con protocolo RS-485, dada la tendencia que se esta desarrollando en el tema de protocolos de comunicación a nivel de instrumentación.

# ANEXOS

# Anexo 1

La fundición de Ventanas, diseñada originalmente por el consorcio Kloeckner-Humboldt-Deutz, entró en servicio el año 1964 y operó utilizando tecnología tradicional para el tratamiento de concentrados hasta el año 1984, fecha en que se puso en servicio un convertidor teniente operando solo con aire.

A contar de entonces, la fusión se realiza principalmente en un horno reverbero, empleándose el convertidor teniente para convertir la mayor parte del eje a metal blanco en forma continua y fundir adicionalmente concentrados y precipitados aprovechando el calor generado por las reacciones de oxidación.

La conversión final a cobre "Blister" se realiza en convertidores Pierce-Smith y la refinación a fuego en dos hornos reverbero y un horno basculante.

Los principales avances tecnológicos incorporados recientemente en la fundición, asociados básicamente a la operación del convertidor teniente son:

1.- La puesta en servicio en agosto de 1990 de una planta de ácido sulfúrico que procesa 88.000 [$Nm^3/h$] de gases.

2.- La puesta en servicio en agosto de 1990 una planta de oxígeno que procesa de 315 [$t/D$] de oxígeno.

3.- La puesta en servicio de un sistema de control y monitoreo del proceso con un nuevo sistema (**ABB-Kent TAYLOR**)de instrumentación en julio de 1995

Estos proyectos han permitido disminuir el nivel de emisiones de azufre a la atmósfera y aumentar la capacidad global de fusión de la fundición.

## ANEXO 2

Detalle de los equipos anexos y sistemas de apoyo del Convertidor Teniente, son los siguientes :

Sistema aire soplado

Electrosoplador DEMAG, de una capacidad de 42.000 [$Nm^3/h$] a 2,2 [atmosferas] absolutas.
Potencia del motor eléctrico de 1,6 [Mw] motor sincrónico de 6.000 [volts]con partida mediante autotransformador.
Regulación del caudal y presión, de aire de soplado mediante un sistema hidroneumàtico, marca Askania.

El aire de soplado es enriquecido hasta un máximo con 35 % de oxígeno, suministrado por una planta de oxígeno de 315 [ton/dia] de oxígeno industrial de 95 % de pureza.

Sistema motriz del Convertidor

Motor eléctrico de 75 [Kw], 380 [v], 50 [Hz], con resistencia para la partida. Reductor Humbolt y freno Eldro (electro-hidráulico).
Cuenta con un sistema de volteo de emergencia ante fallas del sistema electrosoplador o baja de voltaje de alimentación.

Inyector de carga

Ubicado en culata norte (sector metal blanco) provisto de un pico de carga con aire proveniente del electrosoplador, para ayudar al deslizamiento de la carga.

Sangría de escoria

Ubicado en costado sur, en la zona inferior a 132 [cm] con respecto al fondo.

Sangría metal blanco

Ubicado a un costado norte, a 33[cm] respecto del fondo o cota inferior cero.

Picado de toberas

Se realiza mediante dos máquinas punzonadoras automáticas, utilizando barreta de 32 [mm] de diámetro. Accionamiento de las máquinas con aire comprimido de mayor presión, desde un compresor Ingersoll Rand SSR-MH-90 de 10 [bar] y 720 [$m^3$/h].

# Anexo 3

**Señales monitoreadas.**

Señales Monitoredas

| TAG | Descripción | Tipo de Señal | Rango | Instrumento |
|---|---|---|---|---|
| HSL - 102 | Mando cerrar HV - 102 de pupitre | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZSH - 102 | Límite de posición abierta HV - 102 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZSL - 102 | Límite de posición cerrada HV - 102 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HVH - 102 | Abrir HV - 102 salida | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HVL - 102 | Cerrar HV - 102 salida | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZSH - 502 | Límite de posición soplado lado camon Motor | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZSL - 501 | Límite de posición de soplado ladoculata Norte | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 011 | Indica correa 4B3a en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 012 | Indica correa 4B5a en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 021 | Indica correa 4B4 en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 022 | Indica correa 4B6 en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 031 | Indica correa 4B3b en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 032 | Indica correa 4B5b en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 041 | Indica correa 4B5c en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 005 | Indica correa 4B7 en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 006 | Indica correa 4B8 en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| ZS - 007 | Indica correa 4B9 en servicio | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVL - 013 | Deselecciona alimentación Tolva Sur | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVH - 013 | Selecciona alimentación Tolva Sur | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVL - 024 | Deselecciona alimentaciòn Tolva Sìlice | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVH - 024 | Selecciona alimentación Tolva Sìlice | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVL - 033 | Deselecciona alimentación Tolva Norte | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVH - 033 | Selecciona alimentación Tolva Norte | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVL - 041 | Deselecciona alimentación Tolva de 250 [ton] | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVH - 041 | Selecciona alimentación Tolva de 250 [ton] | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVL - 001 | Parar tren de correas 4B9, 4B8, 4B7 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| HSVH - 001 | Partir tren de correas 4B9, 4B8, 4B9 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UU - 100 |
| TT - 243 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 244 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 253 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 261 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 252 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |

Señales Monitoredas

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TT - 251 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 202 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 251 | Temperatura de agua de salida Campana | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 503 | Temperatura de Metal Blanco | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 502 | Temperatura de la Escoria | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 501 | Temperatura del Baño | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 210 |
| TT - 302.1 | Temperatura antes torre enfriamiento | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 330 |
| TT - 302.2 | Temperatura antes torre enfriamiento | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 330 |
| TT - 303.1 | Temperatura despues torre enfriamiento | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 330 |
| TT - 303.2 | Temperatura despues torre enfriamiento | Análoga | 4 - 20 [mA] | UU - 330 |
| PV - 304 | Válvula control presión aire a boquillas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 310 |
| PV - 301 | Válvula control de flujo de gases | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 320 |
| TV - 303 | Válvula control flujo de agua a boquillas | Análoga | 0 -24 [VDC] | UX - 310 |
| TV - 302.1 | Válvula on/off de aire | Digital | 0 -110 [VAC] | UX - 320 |
| TV - 302.2 | Válvula on/off de agua | Digital | 0 - 110 [VAC] | UX - 320 |
| FV - 131 | Válvula regulación de flujo de Oxígeno | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 130 |
| HV - 134 | Válvula on/off distribución de Oxígeno | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 131 |
| PT - 131 | Presión Línea Oxígeno a Toberas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 121 |
| PDT - 131 | Presión diferencial Oxígeno a Toberas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 121 |
| TT - 131 | Temperatura Oxígeno a Toberas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 121 |
| PT - 141 | Presión Línea Oxígeno a Inyector | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 121 |
| PDT - 141 | Presión Diferencial Oxígeno a Inyector | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 121 |
| PT - 101 | Presión Línea de Aire a Convertidor | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 101 |
| PDT - 101 | Presión Diferencial de Aire a Convertidor | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 101 |
| TT - 101 | Temperatura Aire a Convertidor | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 101 |
| PT - 121 | Presión Línea Aire Inyector | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 101 |
| PDT - 121 | Presión Diferencial Aire Inyector | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 101 |
| FV - 141 | Salida regulador a Válvula FV - 141 | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 140 |
| FV - 131 | Salida regulador a Válvula FV - 131 | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 130 |
| FI -132 | indicación % de Oxígeno | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 130 |
| ZSH - 134 | Limite HV - 134 abierta | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 121 |
| ZSL - 134 | Límite HV - 134 cerrada | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 121 |
| ZSH - 510 | Límite Turbo habilitado | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX -101 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ZSL - 510 | Límite Turbo deshabilitado | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 101 |
| HYH - 510 | Salida KYH - 510 solicita Turbo Con carga | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 101 |
| HYL - 510 | Salida KYL - 510 solicita Turbo sin carga | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 101 |
| KYH - 511 | Salida a Central Térmica abrir Vávula Venteo | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 101 |
| HSL - 134 | Cerrar Válvula HV -134 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 130 |
| HSH - 134 | Abrir Válvula HV - 134 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 130 |
| KYH - 134 | Abre/Cierra HV -134 para Válvula de Oxígeno | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 130 |
| KY - 150 | Salida Abre/Cierra HV - 134 | Digital | 0 - 24 [VDC] | UX - 121 |
| WIT - 012 | Pesometro 4B5a | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 051 |
| WIT - 032 | Pesometro 4B5b | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 051 |
| WIT - 041 | Pesometro 4B5c | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 051 |
| WY - 023 | Salida suma de concentrados | Matemática | Flotante | UX - 051 |
| WQ - 023 | Suma total de concentrados | Matemática | Flotante | UX - 051 |
| FY - 141 | Flujo Normalizado de Oxígeno a Inyector | Matemática | Flotante | UX - 121 |
| FY - 131 | Flujo Normalizado de Oxígeno a Toberas | Matemática | Flotante | UX - 121 |
| FY - 121 | Flujo Normalizado de Aire a Inyector | Matemática | Flotante | UX - 101 |
| FY - 111 | Flujo Normalizado de Aire a Toberas | Matemática | Flotante | UX - 131 |
| PT - 301 | Presión Antes Torre Acond. de Gases | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 320 |
| PT - 304 | Presión Aire a Boquillas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 320 |
| PT - 308 | Presión Agua a Boquillas | Análoga | 4 - 20 [mA] | UX - 320 |

# ANEXO Nº4

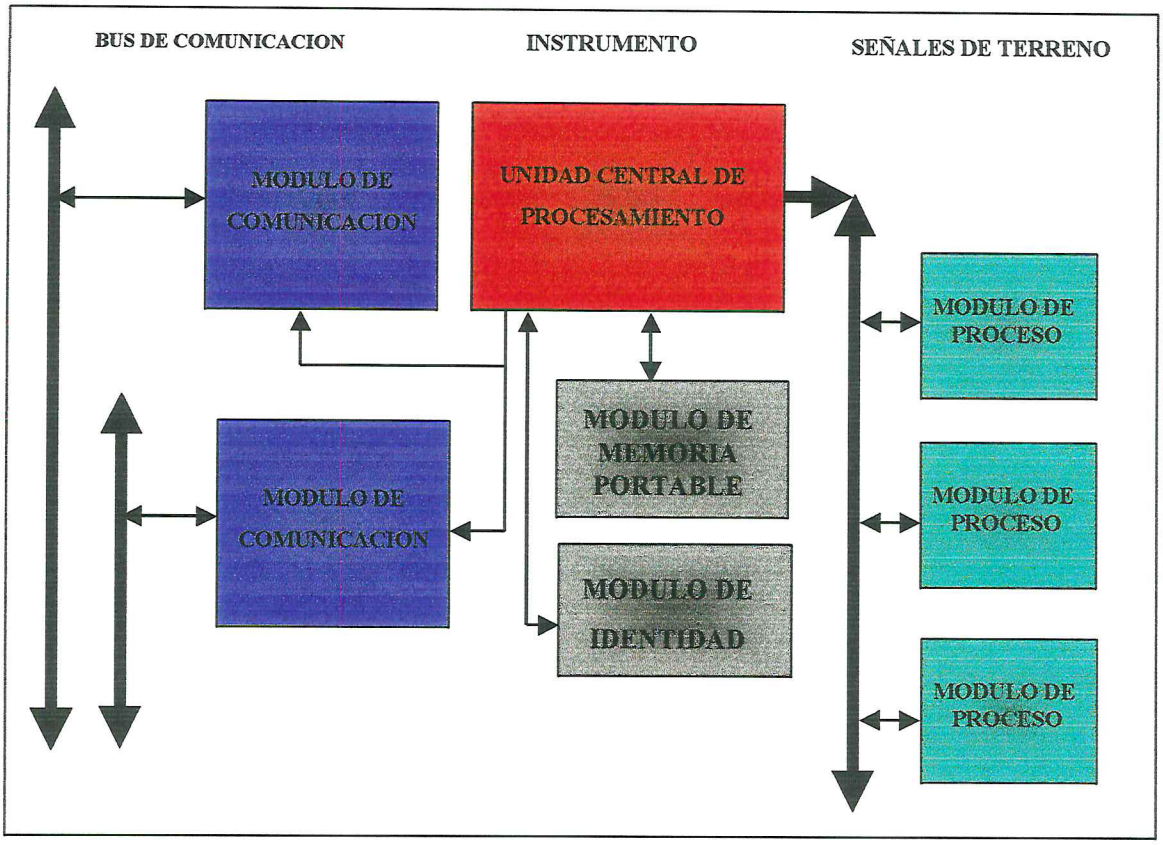



**Figura Nª17. Arquitectura de un controlador en la red**

# Anexo 5

La arquitectura del sistema **MODCELL** posee además las siguientes características. Cada dispositivo **MODCELL** puede albergar hasta 32 señales de entrada y salida a través de una regleta de entrada, dentro de las señales que acepta cada dispositivo tenemos los siguientes tipos:

**ANALOGAS** : Señales de proceso de 4 - 20 [mA].

**DISCRETAS** : Señales de contacto en diferentes rangos de voltaje alterno y continúo.

**RESISTENCIA** : Recepciona señales en valores ohms.

**RTD** : Entrada directa para RTD de dos o tres alambres.

**TERMOCUPLA** : Entrada directa para cualquier tipo de termocupla.

Además de estas señales de terreno el sistema **MODCELL** puede comunicarse con otros dispositivos o enviar información a otros equipos vía los siguientes módulos de comunicación:

**MODULO DE ICN**: Permite comunicar directamente hasta 15 equipos directamente vía dos alambres.

**MODULO DE COMUNICACION RS-232**: Permite conectar equipos **MODCELL** u otros (incluso directamente un computador) vía conexión serial **RS-232**.

**MODULO DE COMUNICACIONES RS-485**: Permite conectar equipos **MODCELL** u otros (incluso directamente un computador) vía conexión serial **RS-485**.

## Componentes Internos

La tarjeta base del **MODCELL** incluye los siguientes componentes:

**-MODULO DE CONTROL**

Da la característica al tipo de control a realizar (Lógico, Continúo o Batch).

**-MODULO DE MEMORIA**

Modulo de respaldo a la configuración.

**-PROCESADOR**

MODCELL posee un procesador motorola 68302 corriendo a 25 [Mhz].

**-MEMORIA NO VOLATIL**

Permite almacenar la configuración con un respaldo de 10 años.

**-FUENTE DE PODER**

Provee la alimentación necesaria a los elementos del sistema.

**-SLOTS PARA LOS MODULOS**

Pemiten el montaje de los módulos de entrada-salida- comunicación.

**-REGLETA TERMINAL**

Permite la recepción de los cables desde y hacia terreno.

Cada base de datos ya configurada y compilada debe ser bajada o cargada en el instrumento para esto cada software de configuración **PC-30** y **APLICATION BUILDER** posee una ventana, que permite accesar el instrumento de acuerdo a la siguiente secuencia:

1.- Configurar la puerta de salida del computador para conectarse con el **LINK**.

2.- Una vez preparada podemos comunicarnos con el instrumento conectándonos en una de las puertas del **LINK** o de un **MINILINK**.

3.-Direccionar el instrumento dando su ubicación dentro del ICN y el número de ICN en el que se encuentra.

En el software **APLICATION BUILDER** la ventana de estado antes mencionada para la comunicación presenta las siguientes funciones de estado:

**Compilar Base de Datos**: Permite compilar la base de datos activa, siempre y cuando está completa y sin errores. La compilación crea el archivo de extensión.TIF.

**Download**: Esta función permite enviar al instrumento la base de datos al instrumento, para lo cual se debe identificar el numero de ICN y el numero de instrumento asociado al instrumento.

**Status de la base de datos del equipo**: Permite conocer la condición de la memoria principal o la información del modulo de memoria de un instrumento en la red de **ICN**.

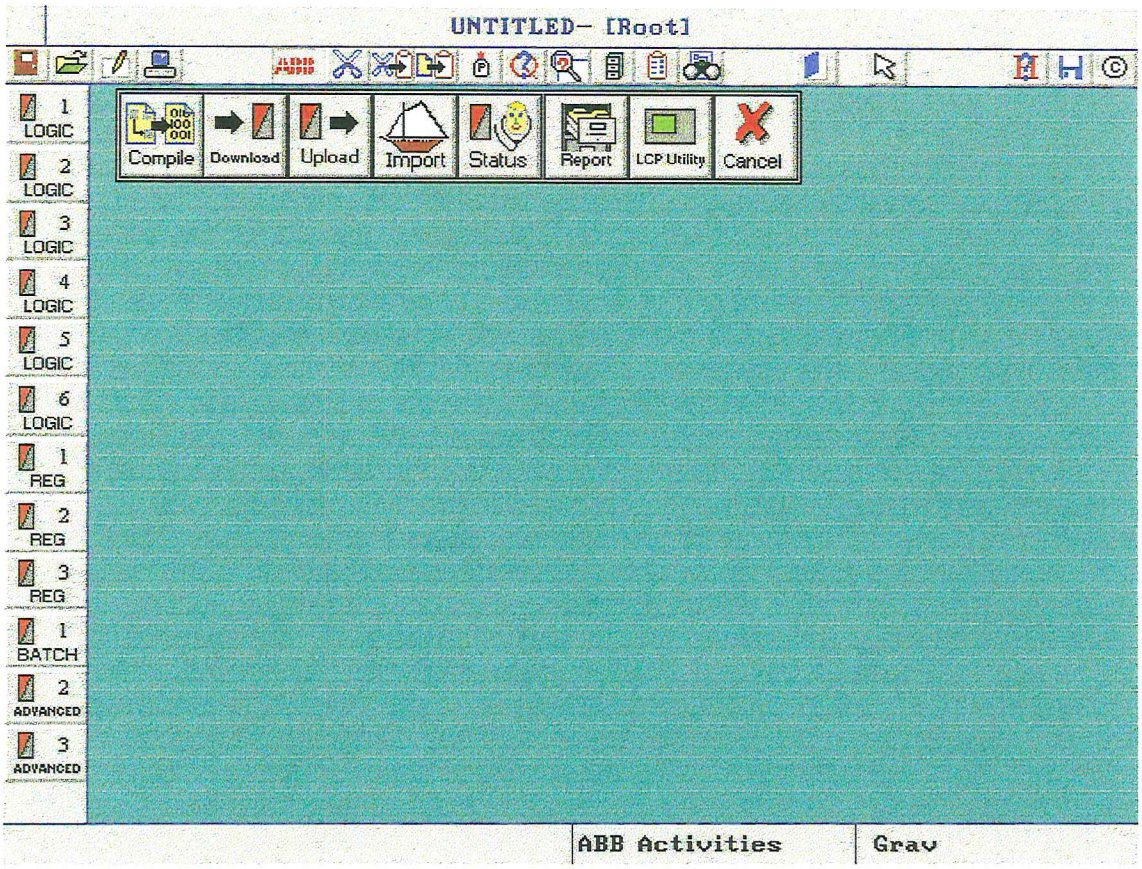



**Figura Nª 18. Ventana de trabajo para configuración de instrumento Modcell.**

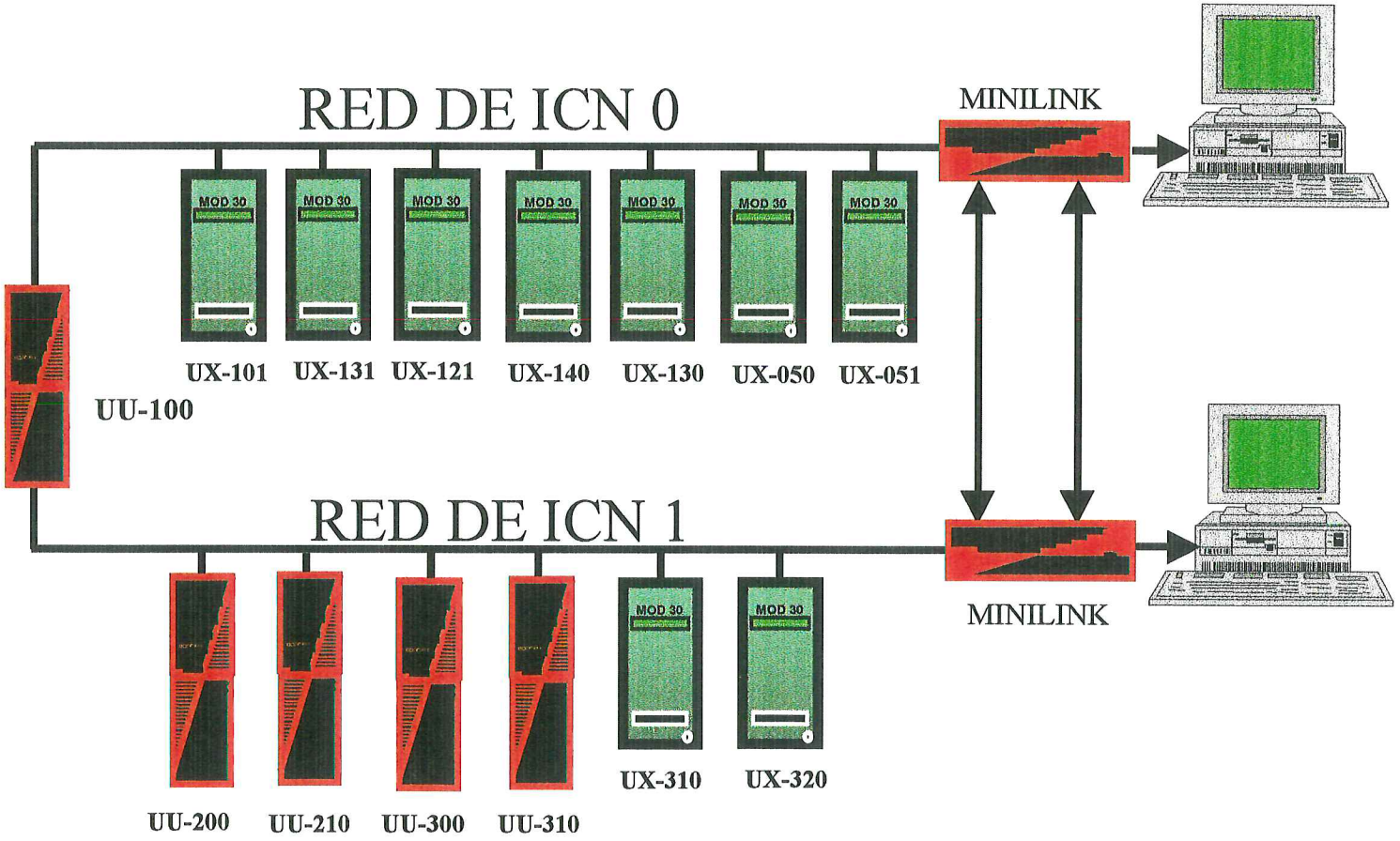



**Figura Nº19. Disponibilidad de la red instalada en el C.T**

## ANEXO Nº7

## Proceso general de la fundición

La fundición Las ventanas fue diseñada originalmente por el consorcio Kloecneker – Humboldt – deutz, entro en servicio el año 1964 y opero utilizando tecnología tradicional para tratamiento de concentrados hasta el año 1984, fecha en que entro en servicio un convertidor teniente operando sólo con aire.

A contar de entonces la fusión se realiza principalmente en un horno reverbero, empleándose el convertidor teniente para convertir la mayor parte del eje a metal blanco en forma continua y fundir adicionalmente concentrados y precipitados, aprovechando el calor generado por las reacciones de oxidación.

Dado el carácter de unidad maquiladora de la fundición, se reciben concentrados y en general, productos mineros con características químicas y físicas diversas y complejas, que obliga a realizar un tratamiento previo de los materiales, cuyo objetivo principal es predecir el comportamiento de los productos mineros, compatibilizando los niveles de fusión de concentrado y producción de eje y metal blanco con la disponibilidad de las instalaciones y con un adecuado uso de insumos y materiales.

La capacidad de tratamiento de la fundición queda definida por tres esquemas operacionales.

1.- Horno reverbero en operación con el convertidor teniente y tres convertidores Pierce Smith.

2.- Horno reverbero en operación con el convertidor teniente y dos convertidores Pierce Smith.

3.- Horno reverbero en operación con tres convertidores Pierce Smith.

El esquema de operación 1 permite máxima capacidad de tratamiento de la fundición. Bajo los esquemas 2 y 3, la capacidad de tratamiento queda restringida por

limitaciones de conversión, que obligan a ajustar los niveles de fusión a la capacidad disponible de recepción de líquidos en los convertidores Pierce Smith.

El esquema operacional de la fundición esta orientado a trabajar de preferencia con el Horno reverbero en línea con el convertidor teniente, de manera de en lo posible procesar solamente metal blanco en los C.P.Ss.

La formación del cobre blister se desarrolla mediante la acción del oxigeno contenido el aire de solado el cual actúa sobre la base fundida, todas las reacciones de conversión generan dióxido de azufre ($SO_2$), llamado también anhídrido sulfuroso, el cual abandona el convertidor con los gases formados.Parte de estos gases son tratados en la planta de ácido y el resto se envía a la atmósfera a través de la chimenea.

El blister obtenido posee una ley del 98% de cobren lo que permite la optimización del proceso siguiente en R.A.F. Indices de ley menores al 98% perjudica los procesos de refinación del producto por el alto contenido de escoria que hay que extraer y alargamiento del tiempo frente a una mayor cantidad de azufre que falto extraer.
El cobre obtenido puede ser trasladado al horno basculante, de retención o de refino a fuego, etapa en que se realiza un tratamiento de extracción de la escoria final e impurezas contenidas en el producto mediante inyección de fundentes apropiados según proceso desarrollado por ventanas, obteniéndose un cobre de una ley del 99,97%.

La siguiente etapa contempla la obtención de ánodos de cobre, los que van a ser procesados en refinería electrolítica, existiendo dos clases el ánodo madre y ánodo comercial, los cuales son obtenidos después de un proceso de moldeo.
En la etapa final de extracción de impurezas, se desarrolla el refino electrolitico de los ánodos en cubas dispuestas para este fin, por medio de procesos convencio-

nales de purificación de soluciones, obteniéndose un cátodo de una ley de 99,99% de pureza para su posterior comercialización.

Las impurezas obtenidas como plomo, arsénico, zinc se concentran principalmente en los polvos colectados de los electrofiltros de purificación y el barro anódico en la etapa de refinación electrolítica.

Dado el potencial económico que representa la recuperación de los metales contenidos en dichos polvos y barro, como oro, plata, selenio y telurio, ventanas posee una planta de extracción de estos metales nobles, en donde se obtienen los siguientes porcentajes de pureza, oro y plata al 99% y selenio al 98%.

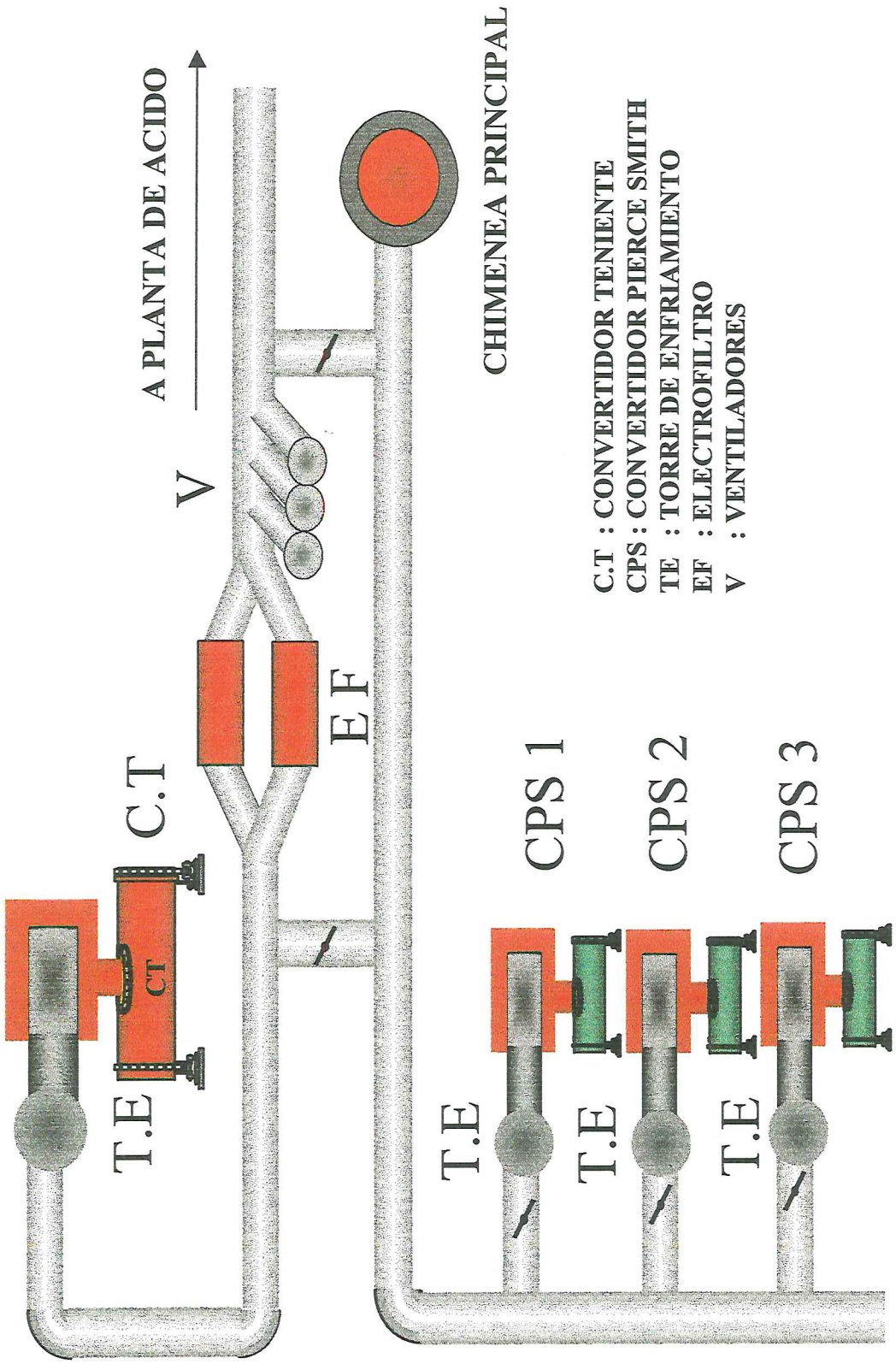



**Figura N°20. Esquema sistema de manejo de gases de fundición ventanas**

## Anexo Nº9

## SOFTWARE DE CONFIGURACION

La serie de Software de **PC30** para control de procesos posee la flexibilidad para desarrollar sofisticadas estrategias de control continuo, secuencial y de control supervisor. Esta serie de software es especialmente útil cuando, es utilizada en conjunción con otras ventajas que brinda **PC30**, con sus estaciones de trabajo industrial y la línea de instrumentación **MOD30** y **MODCELL**.

**PC30** permite crear modelos que simulan el proceso, evaluando el potencial de la estrategia de control y operación del modelo. Esto es gracias a que se dispone de funciones dinámicas que permiten crear gráficas del modelo con despliegues interactivos de cada una de las variables durante la ejecución. El modelo puede ser simulado en tiempo real de acuerdo a las variables que se necesitan monitorear y controlar.

El software **PC30** provee la información necesaria que es relevante para el desarrollo, productividad y eficiencia de la planta, esto es porque el. sistema de software puede producir informes históricos que pueden ser generados en demanda o automáticamente, en gráficos o en forma tabular, los datos que contienen estos informes históricos pueden ser archivados en el disco duro del computador, lo que permite utilizarlos como material de balance que es de especial importancia a la hora de tomar decisiones en el proceso.

Otra de las ventajas que ofrece **PC30** es que ayuda a mejorar las tareas del control del proceso permitiendo incrementar la calidad del producto y la eficiencia de la planta al dar la posibilidad de obtener gráficas dinámicas del proceso y un despliegue de tendencias de hasta 8 variables que pueden ser visualizadas en

incrementos de tiempo de 30 segundos hasta 48 horas, proveyendo una constante actualización de datos relacionados con el proceso.

En el aspecto de protección y seguridad del sistema, **PC30** provee tres niveles de acceso (password) que permiten sólo a personal autorizado realizar cambios de los parámetros de la instrumentación y del sistema. Posee un sistema de informes de alarmas y eventos del proceso que son listadas en forma cronológica, con la fecha, hora, día y el instrumento y la consola que registró el evento o alarma.

**PC30** provee un menú principal que contiene los iconos necesarios para poder realizar las configuraciones de la instrumentación, desarrollo de las estrategias de control y pantallas de operación. (ver figura Nº21 pantalla del menú maestro)

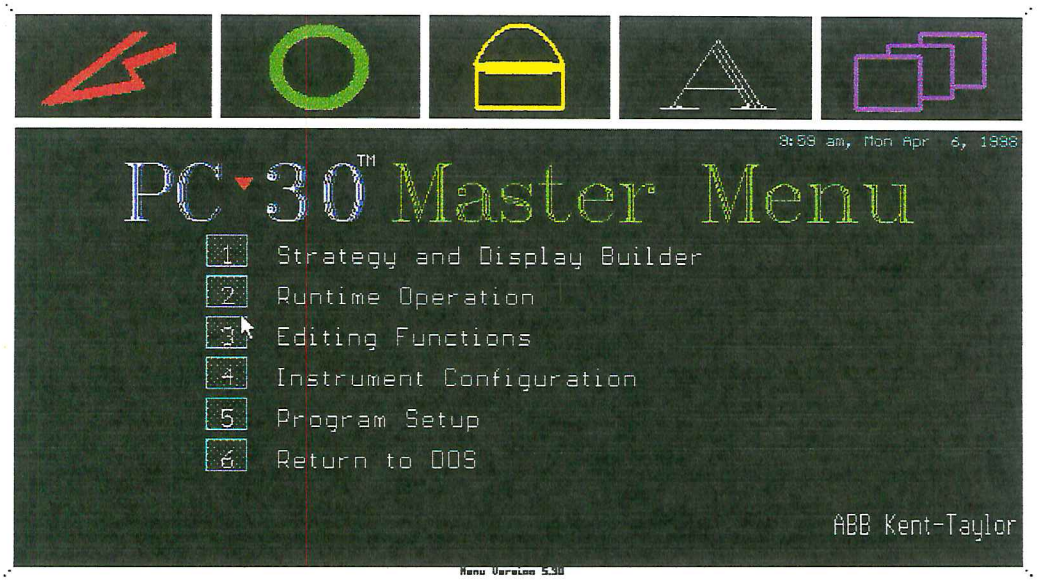



**Figura Nº 21. Menú de acceso a configuración de estrategias y mímicos de operación.**

## NIVELES DE CONFIGURACION

De acuerdo con el esquema de trabajo, para desarrollar una estrategia podemos diferenciar 4 niveles de programación.




**Figura N°22. Niveles de configuración**

El **primer nivel** corresponde a la programación misma de la instrumentación a utilizar de acuerdo con los requerimientos del proceso, en esta etapa el software permite programar las variables que se necesitan monitorear y modificar desde las consolas o computador que centraliza la operación, estas variables se conocen como variables frontales (**FOREGROUND)** o variables principales que se configuran de acuerdo a los requerimientos por ejemplo, en un controlador las variables de interés serán la variable de proceso, la salida de

operación y el setpoint, cada una de estas se enlaza en línea con la instrumentación y el computador vía el enlace de comunicaciones **LINK**.

El segundo nivel corresponde el plano de los archivos de extensión **.TIF** que contienen las variables principales **(FOREGROUND)** programadas en el nivel 1, estos archivos poseen las características de cada una de las configuraciones de la instrumentación con las variables que se necesitan centralizar en la estrategia general.

El **tercer nivel** de programación comprende el enlace y la configuración de las variables contenidas en el archivo de extensión **.TIF**, en este nivel se refleja el instrumento de terreno con sus variables principales, siendo configurables atributos tales como la dirección en que se encuentra el instrumento dentro del **ICN**, el **TAG** de identificación y la puerta del computador o consola por la cual se comunicara con el **LINK** y la instrumentación.

De acuerdo con las características de cada variable de **FOREGROUND** son configurables los siguientes atributos:

-Descripción o **TAG**.
-Rango de la señal en unidades de ingeniería.
-Unidad de la señal.
-Mnemónico de identificación interno que se utiliza para configurar los registros históricos y tendencias.
-Tipo de señal: flotante, continua, discreta, etc.
-Atributo de la variable (si es de lectura o escritura).

El **cuarto nivel,** se refiere a la configuración de las pantallas que simularán el proceso, configurando las variables a ser desplegadas en un espacio de trabajo

que el usuario definirá de acuerdo a la disposición física del proceso o a través de algún modelo.

Como por ejemplo, cambio de color ante algún evento que suceda, modificar un setpoint, monitorear tendencias y los resultados de las acciones de control ejecutadas, configurar botones de mando de tipo pulso para accionar bombas, motores, etc.

## Anexo Nº10

## ACERCA DE LA INSTRUMENTACION

La instrumentación, es un concepto tecnológico cuyos avances están produciendo cambios sociales sin precedentes. Por tanto es de suma importancia para el desarrollo, asimilar estos avances por parte de las personas que se relacionarán con el control y operación de los equipos que se dispondrán para el mejoramiento de la producción.

El estudio, la cantidad, el tipo de variables implicadas en el proceso y la estrategia definida de acuerdo a los requerimientos del proceso, son los puntos más importantes en el momento de poder decidir el tipo instrumentación que más se adapte a las necesidades propuestas y poder decidir entre varios tipos disponibles en el mercado.

## TIPOS DE INSTRUMENTOS TAYLOR

Tomando en cuenta las características del proceso del Convertidor la elección de la instrumentación y equipos a utilizar deben cubrir los requerimientos de diseño anteriormente descritos:

Tomando en cuenta estas características propuestas se decidió adquirir equipos de instrumentación **TAYLOR** en su línea **MOD30** y **MODCELL**, los elementos básicos del sistema **MOD30,** son 4 instrumentos y el configurador portátil. Los intrumentos son : El controlador, la unidad matemática, el controlador lógico, secuencial y el registrador.

El sistema **MODCELL,** es una unidad multiprocesos que conjuga una arquitectura flexible de programación e implementación de acuerdo a las necesidades del proceso.

## CARACTERISTICAS DE LA INSTRUMENTACION

El sistema de control **MOD30** de **TAYLOR**, es un sistema de control del tipo distribuido, de arquitectura multiprocesador, configurable, orientado hacia una amplia gama de aplicaciones y requerimientos de planta.

**MOD30** combina las ventajas de controladores de tiempo compartido y de controladores dedicados. Los controladores del tiempo compartido, facilitan el control múltiple de lazos y proveen capacidad aritmética, pero presentan un despliegue integral muy limitado e incurren en el costo de redundancia para lograr un moderado nivel de seguridad.

Los controladores dedicados proveen un nivel de seguridad muy eficiente, pero tienen una coordinación de lazos y capacidad aritmética limitadas.

La arquitectura multiprocesador de **MOD30**, en cambio utiliza procesadores individuales interactuantes, en grupos de dos a quince por medio del enlace de comunicación entre instrumentos **ICN**.




**Figura N°23. Enlace ICN – RED de instrumentosen terreno**

El grupo de control **MOD30,** provee de técnicas de control tradicional además de control interactivo complejo tal como avance/retardo; compensación del tiempo muerto; control cascada con transferencia sin perturbación, control multivariable, control lógico y secuencial.

Los procesadores son configurables por el usuario desde el terminal de sistema **MOD30**, computador o localmente, por medio del configurador portátil. El sistema posee, también la capacidad de transferencia de la base de datos desde los terminales del sistema **MOD30** o desde computadores.

De esta forma, los procesadores **MOD30** son empleados:

-Como controladores individuales .

-Como unidades de un grupo de control interactuantes a través del el enlace de comunicaciones **ICN**.

-Ligados a un terminal de sistemas **MOD** en un sistema distribuido **MOD30**.

-Ligados a un computador

-Como subsistema del sistema distribuido.

Debido a que un controlador compartido controla varios lazos, una falla de cualquier función del controlador afecta a todos los lazos. Para minimizar el riesgo que una falla del controlador compartido afecte a toda un área de la planta, se recurre a la redundancia.

En el grupo de control **MOD30**, todas las funciones del procesador residen en cada una de las unidades. Una falla no afectará las funciones o lazos relacionados.

## SISTEMA MOD30 DE INSTRUMENTACION

Los elementos básicos del sistema **MOD30** son cuatro instrumentos y el configurador portátil . Los instrumentos son: El controlador, la Unidad Matemática , el Controlador Lógico y Secuencial y el Registrador.

Cada uno de los instrumentos posee la capacidad de ser configurado (por medio del configurador portátil, el terminal **MOD30** o computador) de la manera necesaria para servir una función determinada dentro del sistema. Un grupo de control puede incluir hasta 15 instrumentos **MOD30** y **MODCELL** que se comunican entre sí por medio del el enlace de comunicaciones **ICN**.

## EL REGISTRADOR 1700J

El **Registrador 1700J**, es un instrumento configurable basado en un microprocesador, que puede registrar hasta tres señales análogas en una cinta de papel termosensible. El registrador es extremadamente versátil pues las señales de entrada pueden provenir directamente de transmisores u otros instrumentos o a través del enlace de comunicaciones **ICN**.

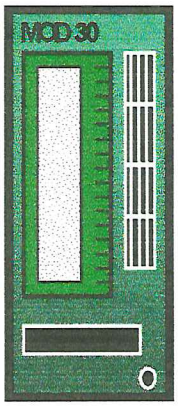



**Figura N°24. Registrador.**

Los ejes verticales de tiempo se imprimen cada media pulgada, completándose el reticulado de la carta con once líneas horizontales para la escala de la variable, un identificador de curvas, el código del lazo, el límite máximo de la escala en unidades de ingeniería, son configurables y se imprimen en la parte superior del papel, por encima del reticulado. La hora del día (base de 24 horas), la fecha y el límite mínimo de la escala, en unidades de ingeniería, son configurables y se imprimen en la parte inferior de la carta, bajo el graticulado.

Entre las características configurables del registrador se cuentan: Definición señales de entrada y salida a través del **ICN**, puntos de alarma, velocidad de la carta, códigos de lazo e identificadores de trazos y unidades de ingeniería. Una botonera frontal permite tomar conocimiento de las condiciones de alarma y activar la función de visión instantánea para las velocidades de cartas más lentas.

## LA UNIDAD MATEMATICA 1700N

La **Unidad Matemática 1700N** es una unidad que puede ser configurada como una estación matemática, selector de señal, integrador/totalizador, limitador de rampa.

El instrumento tiene una memoria, respaldada por batería, que retiene todos los valores configurados si se remueve la alimentación. La función de extracción de raíz cuadrada, es configurable para los valores de señales de entrada . Una función de re-inicialización después de un corte de alimentación permite que la señal de salida del instrumento se iguale a la última señal antes de la falla o tome un valor pre-fijado.

La Unidad Matemática tiene funciones de alarma que se pueden asignar para operar con cualquiera de las variables.Se puede asignar un total de ocho puntos de alarma con el configurador portátil o a través del terminal MOD o el computador.

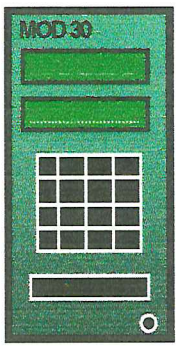



**Figura Nº 25. Unidad matemática**

## EL CONTROLADOR 1700N

El **Controlador 1700N** se puede configurar como controlador **PID**, una estación automático/manual con razón, o un indicador doble. El controlador tiene memoria respaldada por baterías, que retiene todos los valores ingresados con el programador en caso de falla de alimentación eléctrica se provee de una función de linealización seleccionable integral de extracción de raíz cuadrada, linealización polinomial o punto a punto, tanto directa como inversa, para los valores de señal de entrada. La reinicialización luego de falla de energía provee el retorno de la señal de salida a su último valor antes del corte de alimentación o a otro valor seleccionado previamente.

El controlador dispone de funciones de alarma que se pueden configurar para operar con cualquiera de las variables: desviación, salida, valor de referencia. Se pueden configurar hasta ocho alarmas por medio del configurador portátil o el terminal **MOD30** o el computador.

Controlador **PID**: La configuración del instrumento puede ser hecha para un controlador **P**, **PI**, **PD**, **PID**. Puede operar como un controlador convencional de ganancia fija, como un controlador de ganancia adaptiva, un controlador de modo integral fijo o como un controlador de modo integral adaptivo.

Cuando opera como un controlador de ganancia o modo integral adaptivo, la ganancia o integral se ajusta dinámicamente en función de una variable o grupo de variables de modo que se mantenga un valor constante, ganancia o integral ante condiciones cambiantes del proceso.

Las siguientes variables se pueden emplear para adaptar la ganancia o integral: Referencia, el valor de proceso, una señal de entrada remota o el cierre de un contacto externo. Estos parámetros se programan en la memoria del controlador con el configurador portátil o el computador, son ajustables

independientemente y pueden ser usados uno y otro en cualquier combinación de ganancia o integral.

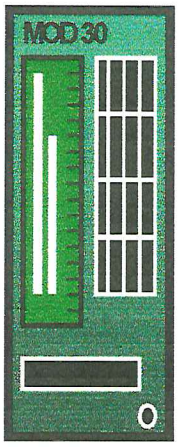



**Figura Nº 26. Controlador.**

Estación de razón y bias auto/manual: En esta configuración, el controlador puede ser programado para aplicar una razón dada y/o un bias para generar la señal de salida. En manual, la salida puede ser comandada por el operador.

Indicador doble: Cuando el controlador se configura como indicador doble, ambas entradas y sus respectivos valores de referencia se despliegan en el indicador frontal. El operador puede comandar una señal de salida independientemente.

El Módulo Portátil de Memoria, es una memoria integral del tipo RAM, que contiene una batería de litio de larga duración. Este módulo se monta en la parte posterior de un procesador **MOD30** para proveer iniciación rápida del instrumento, al mismo tiempo provee redundancia con respaldo de batería. El módulo portátil de memoria permite transportar la base de datos al substituir o inicializar un procesador para otros requerimientos del proceso.

## EL CONTROLADOR LOGICO Y SECUENCIAL (S.L.U)

El **Controlador Lógico y Secuencial 1700S** acepta entradas discretas y análogas y utiliza relaciones lógicas, funciones aritméticas y contadores y temporizadores para producir señales de salida análogas y discretas. Las salidas discretas son del tipo contactos aislados o triacs. Los estados de las salidas son determinados por el procesador de acuerdo a la ejecución del algoritmo configurado. Este algoritmo, es una combinación de lógica de boole, funciones aritméticas, comparaciones, temporizadores y conteo. La lógica utiliza señales discretas directas, recibidas a través del enlace de comunicación **ICN**, proveniente de registros internos y los estados de contadores y temporizadores, para deteminar la condición de las señales de salida discretas. Esta función satisface los requerimientos de diagramas de control tipo escalera.

Tal como todos los instrumentos del sistema **MOD30**, el controlador lógico y secuencial, se emplaza en un marco de montaje y conecta el enlace de comunicaciones **ICN** y a terreno por medio de un cable multipar en un panel de bornes terminales.

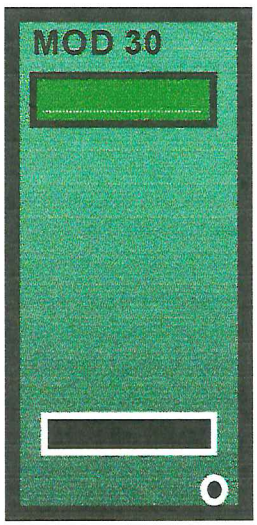



**Figura N°27. Unidad lógica y secuencial.**

### 9.3.5.- **EL CONFIGURADOR PORTATIL**

El **Configurador Portátil** se utiliza para la programación de la base de datos de los instrumentos en terreno. El configurador es el dispositivo de interfaz entre el operador y la base de datos del instrumento. Se conecta al instrumento por medio de un cable flexible. La alimentación eléctrica se le provee desde el instrumento.

Cualquier cambio deseado a realizar en terreno en la base de datos del instrumento se consigue a través del configurador portátil y el enlace de comunicaciones **ICN** de **MOD30**. El configurador despliega en su indicador los datos existentes en memoria para cada línea de datos configurables del bloque de la base de datos respectivo, la programación se cumple entrando una de dos o más respuestas válidas posibles que se incluyen en el manual de instrucciones. Las entradas no válidas generan mensajes de error y no son aceptadas por el instrumento.

## EL SISTEMA MODCELL

El procesador multilazo **MODCELL** está diseñado bajo el concepto de celda de control proveyendo un paquete económico de funciones integradas de E/S (Entradas/Salidas) en una única plataforma y obtener flexibilidad, valor y performace en el proceso.

Puede funcionar como controlador PID multilazo, controlador secuencial y efectuar control lógico con un subsistema de E/S flexible de alta densidad.

Cada procesador **MODCELL** permite instalar hasta 32 módulos individuales de E/S de proceso y comunicación en un solo controlador y configurarlos en una combinación flexible para satisfacer necesidades específicas de adquisición de datos y control.

Acepta conexión directa de señales análogas o digitales en cualquier combinación que pueden agregarse en cualquier momento a un costo insignificante en la producción.

Cada módulo de E/S es optoaislado y contiene un procesador de 64K, lo que permite que a una única tarjeta puedan conectarse una gran variedad de equipos de proceso, termocuplas, RTD, transmisores, válvulas y dispositivos discretos tal como se encuentran en la planta, sin el costo de conversores, adaptadores de señal o transmisores, ya que incluye la fuente para alimentar cada una de las señales de terreno.

La expansión puede incrementarse sin límites mediante estaciones de E/S remotas o enlace con plataformas **MODCELL** y otros dispositivos de control de diferentes fabricantes.

Hasta 4 módulos de comunicación permiten utilizar los procesadores multilazo **MODCELL** como dispositivos esclavos en una red **MODBUS**, esto significa poder conectarlos a terminales de operación de bajo costo, paquetes de software de otros fabricantes y otros sistemas host con drivers **MODBUS**.

Posee disponibilidad directa para comunicación directa con los dos estándares de fieldbus que se encuentran en desarrollo. Los módulos de comunicación serial **RS-232** y **RS-485** permiten leer y escribir cualquier parámetro de **MODCELL**.

El sistema **MODCELL** posee además bloques de expresión que pueden configurarse con un lenguaje simple de programación, para presentar los datos de forma que puedan ser interpretados por el anfitrión del **MODBUS**.

Otra posibilidad es configurar diagnósticos individuales y presentarlos como variables durante la configuración. **MODCELL** posee un bloque de mensajes de supervisión que le permiten enviar comandos a otros instrumentos para desempeñar funciones, tales como cambiar los parámetros de sintonía y operación ( reset de ganancia, límites de alarma, modos de controlador, setpoint, etc ).

A diferencia de otros instrumentos, **MODCELL** no se limita a enviar valores de setpoint remoto a otros instrumentos de la red. Su amplia gama de funciones le permite supervisar localmente procesos batch completos, incluyendo operaciones unitarias individuales o múltiples.

Incluye también un bloque de mensajes de notificación/pedidos de datos, lo que entrega la capacidad de hacer una pausa en su secuencia y exhibir un mensaje para el operador que puede o no, requerir una acción antes de continuar

El módulo de software de identidad permite elegir la estrategia y modo de control correcto para la aplicación y permite al controlador multilazo **MODCELL** cualquier nivel de funcionalidad de proceso que se requiera. Más aún, con la plataforma **MODCELL**, el usuario puede construir sin restricciones desde el nivel básico, al más avanzado paso a paso a medida que su esquema de control de proceso cambia, simplemente se integra el "Módulo" de software de identidad adecuado sin necesidad de adquirir ningún hardware adicional.

A continuación se detallan algunas características que permiten adaptar el controlador **MODCELL** a una estrategia de control particular:

-Control lógico.:
-Manejo de múltiples lazos de control.
-Manejo avanzado de alarmas.
-Monitoreo de eventos.
-Linealización.
-Completa biblioteca **ANSI** para matemáticas y expresiones lógicas.
-Temporizadores configurables de acuerdo a las necesidades de cada usuario.
-Control Regulatorio. Provee la funcionalidad completa de un controlador lógico además de :

-Control PID avanzado.
-Ganancia o reset adaptivo.
-Feedforward.
-Tracking de salida y de setpoint.

-Autosintonía.

-Compensación de tiempo muerto.

-Totalización.

Control batch o procesamiento contínuo, sin necesidad de un computador central de alto costo. Integra funciones de control contínuo y discontínuo en aplicaciones masivas de entrada y salida.

Funciones matemáticas/lógicas y control supervisor distribuido.

Control de dispositivos multiestados, complejas programaciones de tiempos, manejo de recetas y operaciones secuenciales.

Para aplicaciones que requieran un alto grado de seguridad y respaldo de la base de datos, **MODCELL** posee un módulo de memoria opcional que permite el traspaso de los parámetros de operación y los valores de proceso cuando la transferencia de información es requerida.

El controlador multilazo **MODCELL,** es de fácil instalación, pues no requiere plataforma y no se necesitan regletas de terminales externas, tiene fuente de alimentación AC integrada en la tarjeta base, así como los terminales para conexión directa de todo tipo de señal. Para conectar o desconectar las señales de terreno no se requiere retirar la tarjeta de su gabinete, las conexiones se distribuyen en el frente del instrumento, separando señales de control y alimentación para seguridad.(ver figura Nº 28 de un instrumento MODCELL)

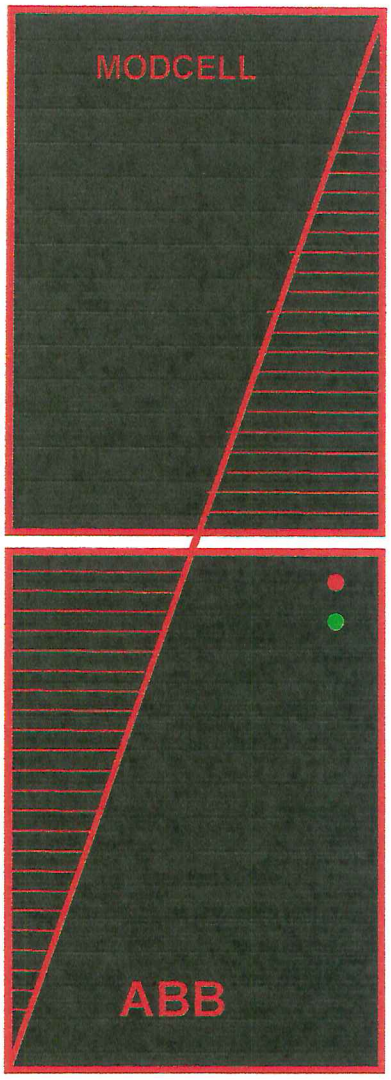



**Figura Nº 28. Vista de un instrumento MODCELL**

## Anexo Nº 11.

## RED DE COMUNICACION DE INSTRUMENTOS ICN

El **ICN** es un enlace bidireccional de dos alambres, que transporta información de forma digital serial entre los instrumentos del grupo a una taza de transferencia de información de 781 bytes por segundo. El sistema opera con un protocolo de comunicación Token -passing peer to peer ( traspaso de contraseña puerto a puerto ).

Esta técnica en toda la extensión de la red de ICN circula un paquete de datos especial conocido como TOKEN, este paquete cumple la función de ir interrogando a cada instrumento en el ICN si tiene datos que desee transmitir.
Sí el instrumento constesta en forma negativa el TOKEN pasa al instrumento siguiente; en caso contrario el TOKEN entrega los derechos de uso del medio a dicho instrumento permitiéndole enviar su paquete de información.

Durante la operación del sistema los eventos son revisados por ciclo de instrumento que corresponde a 250 [ms]. La red de **ICN** transporta información de estados y variables entre instrumentos y otros dispositivos conectados en la red.

El **ICN** puede tener un largo de hasta 2000 pies, permitiendo así una extensa distribución geográfica de los instrumentos, hasta un máximo de 15 dispositivos por **ICN**. El enlace de comunicación **ICN** proporciona dos puertas de salida configurables para la conexión al terminal de sistema MOD30 o computador.

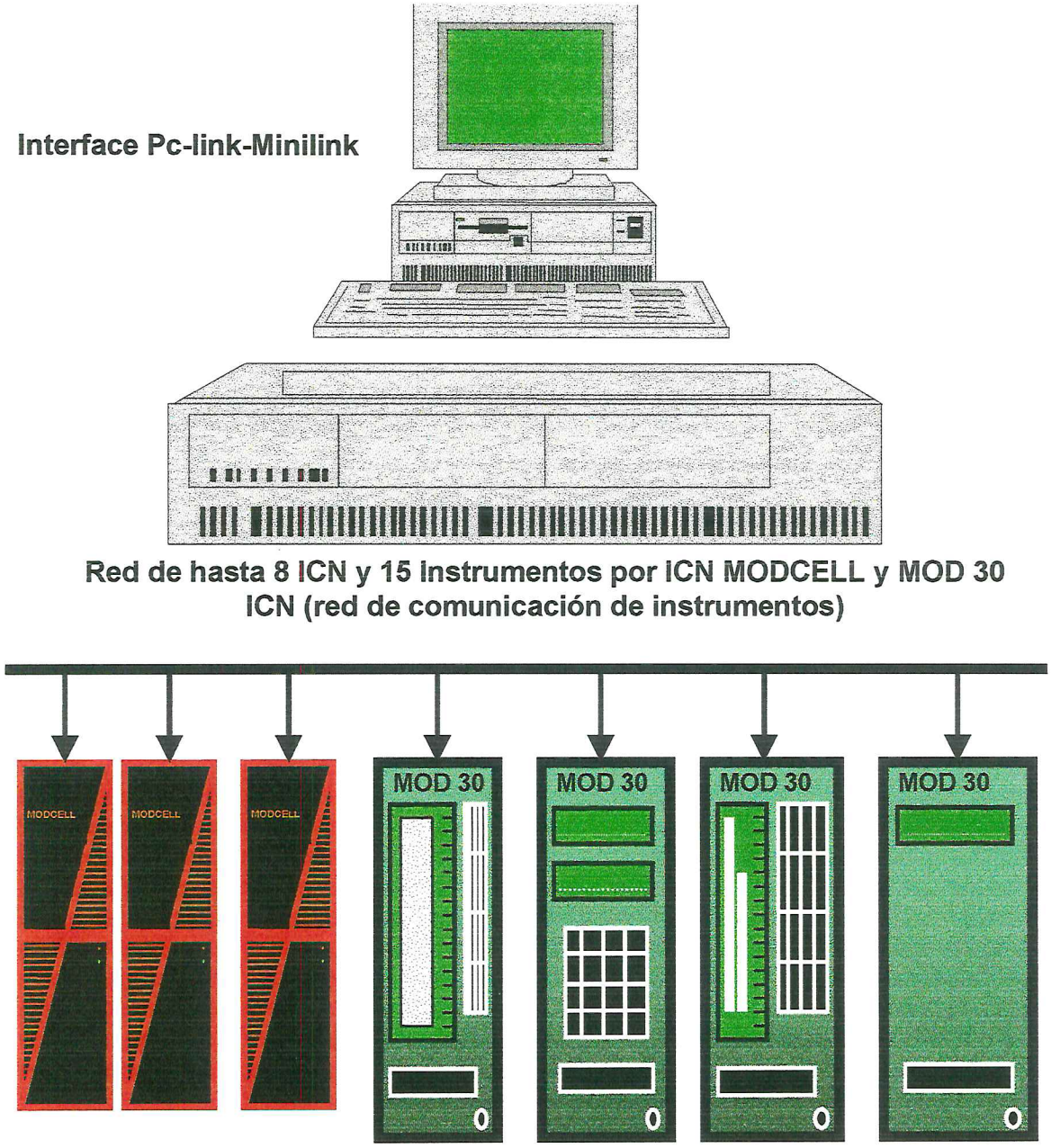



**Figura Nº 29. Vista general de enlace de red de instrumentos – PC – LINK**

## EL LINK

La función que cumple el LINK de comunicación, es de suministrar un mecanismo para accesar a los instrumentos en el ICN, por medio de un computador personal para propósitos de configuración y carga y descarga y adquisición de datos y control.

El **LINK,** básicamente es un centro de distribución de mensajes entre un terminal o un computador y los instrumentos MOD30 y MODCELL residentes en el ICN.
El LINK, actúa como un esclavo en un esquema de comunicación maestro-esclavo.
El intercambio de comunicación permite una gran variedad de datos a ser intercambiados entre el LINK y el computador vía mensajes que tienen un formato prescrito.

## MENSAJES DE FOREGROUND O VARIABLES DE ROTULO PRINCIPALES

Estos mensajes son usados por el LINK de comunicación para transmitir en forma pertinente los datos entre los instrumentos y un computador personal.

Procesos críticos y base de datos de variables pueden ser, controlados y/o monitoreados atraves de un computador personal. La transmisión de estos datos configurados es habilitada o deshabilitada para su transmisión hacia el computador encendiendo o apagando el LINK.

Cada instrumento en el ICN, es capaz de generar un diagnóstico de alarma que se registra en el sumario de alarmas en el computador y ala vez en el mismo instrumento.

# Anexo N°12

## Pantallas de operación del convertidor teniente

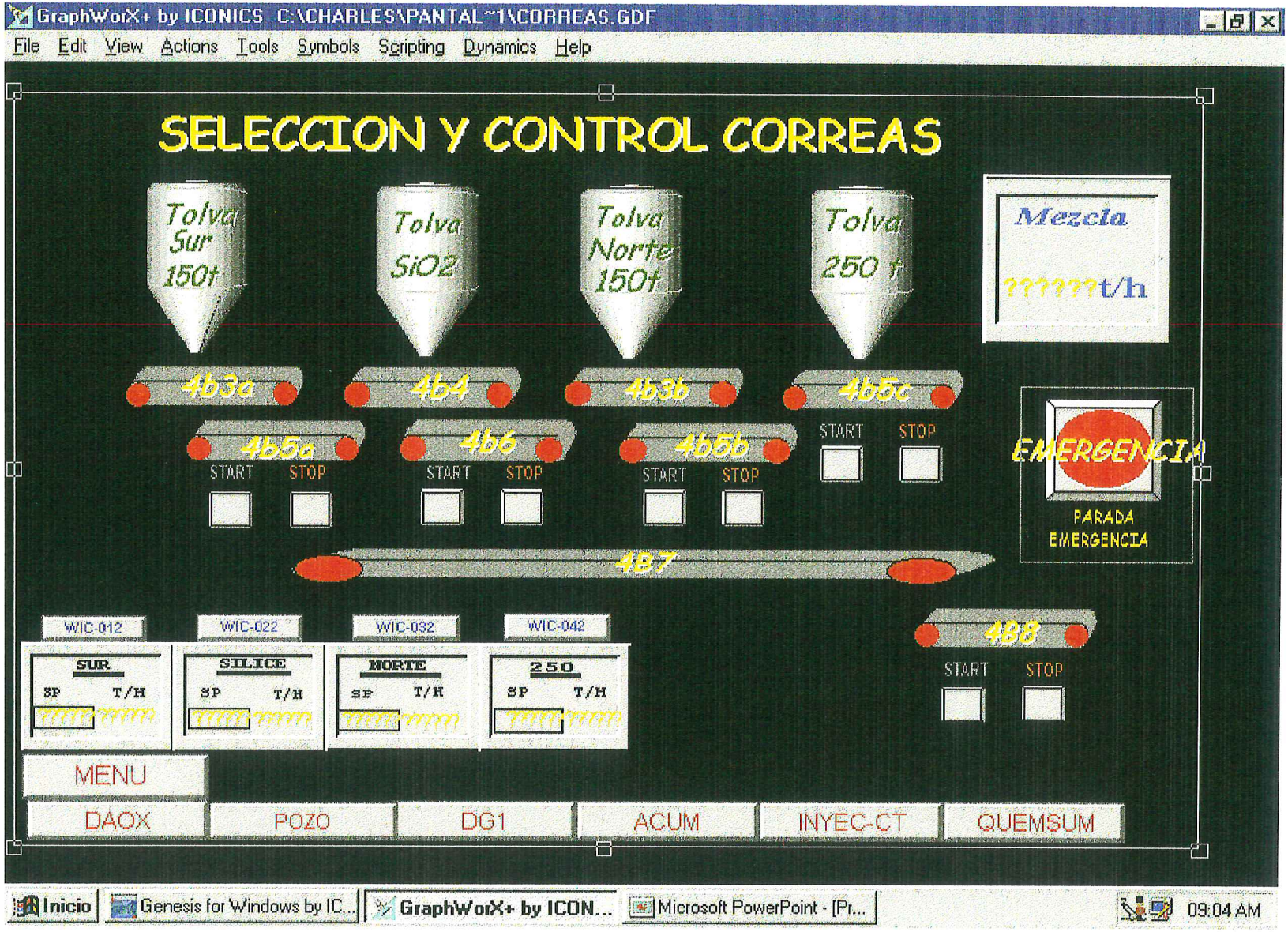



**Figura Nº30.Pantalla de operación sistema de correas**

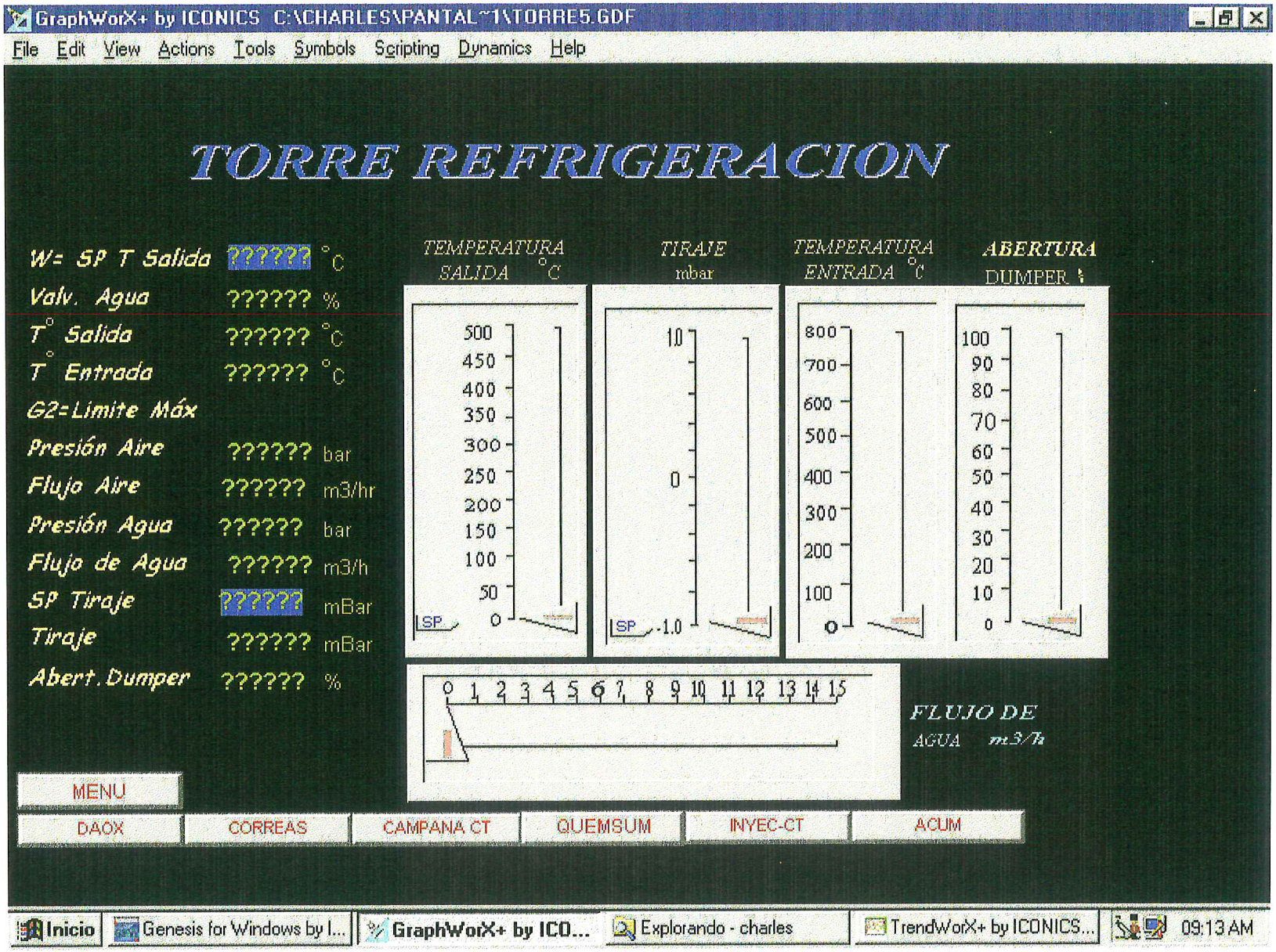



**Figura Nº31.Pantalla de torre de refrigeración**

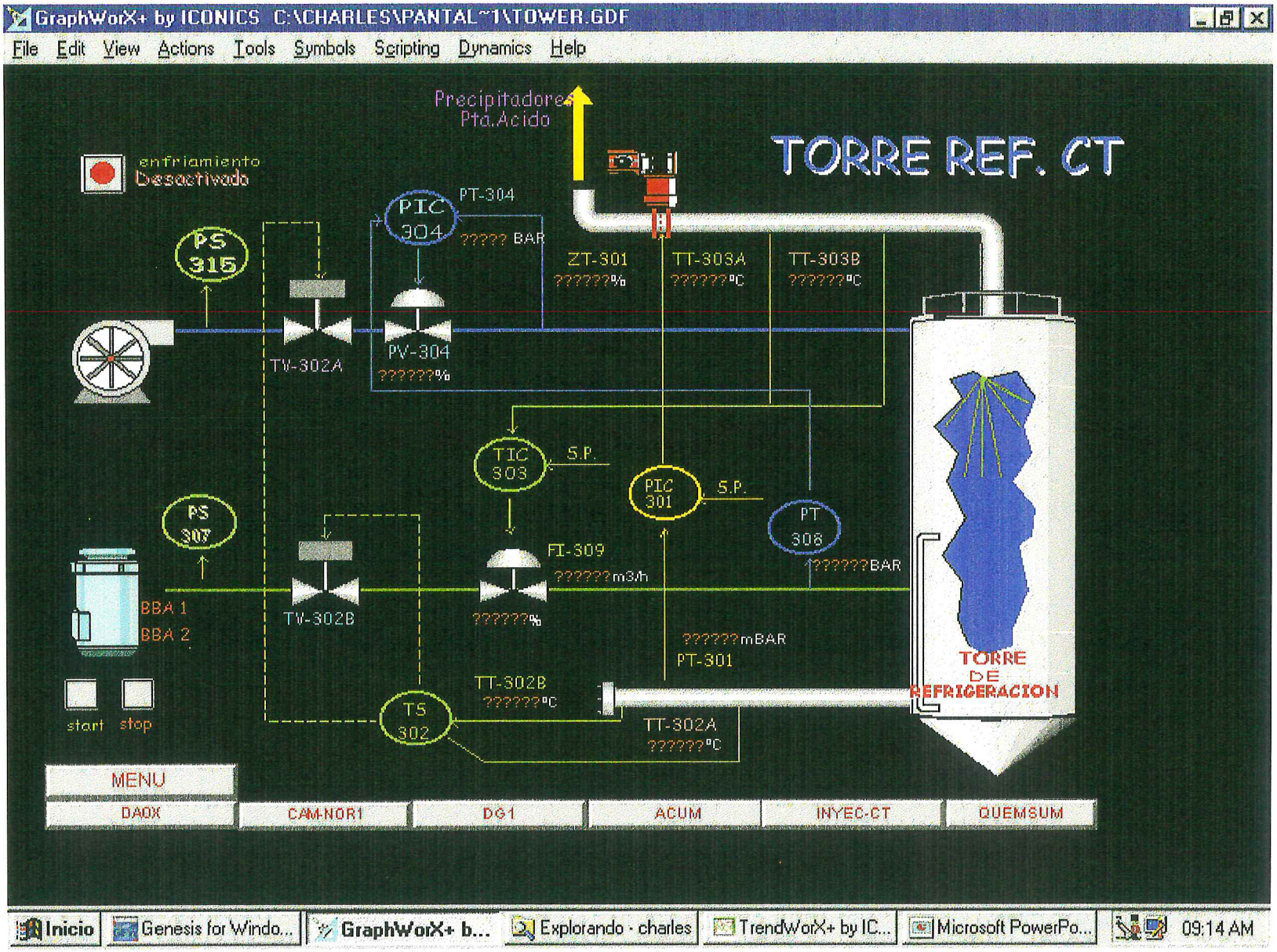



**Figura Nº32.Pantalla de torre de refrigerción**

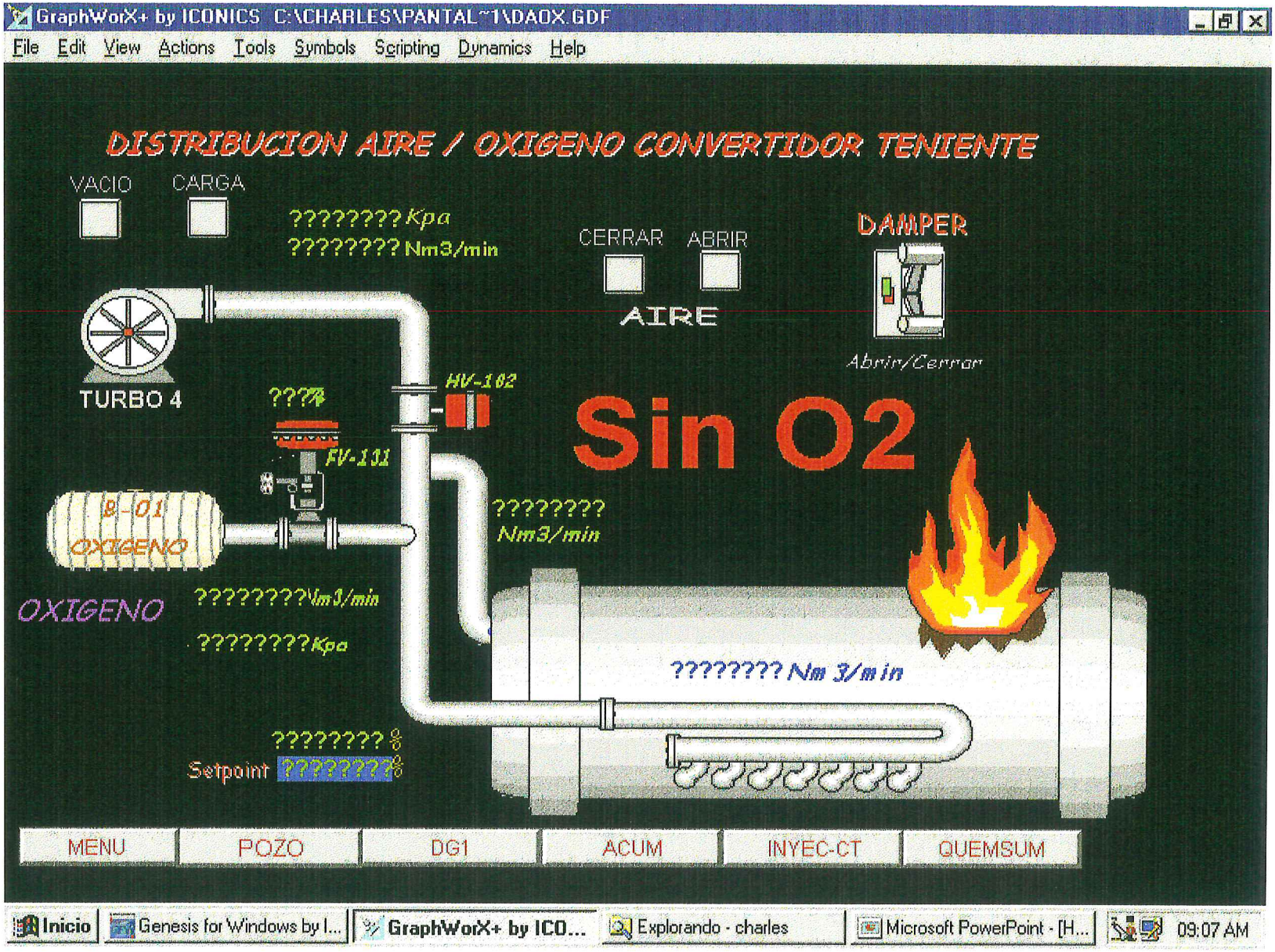



**Figura Nº33.Pantalla de operación sistema inyección de aire oxígeno**




**Figura Nº34.Pantalla de registro de variables**

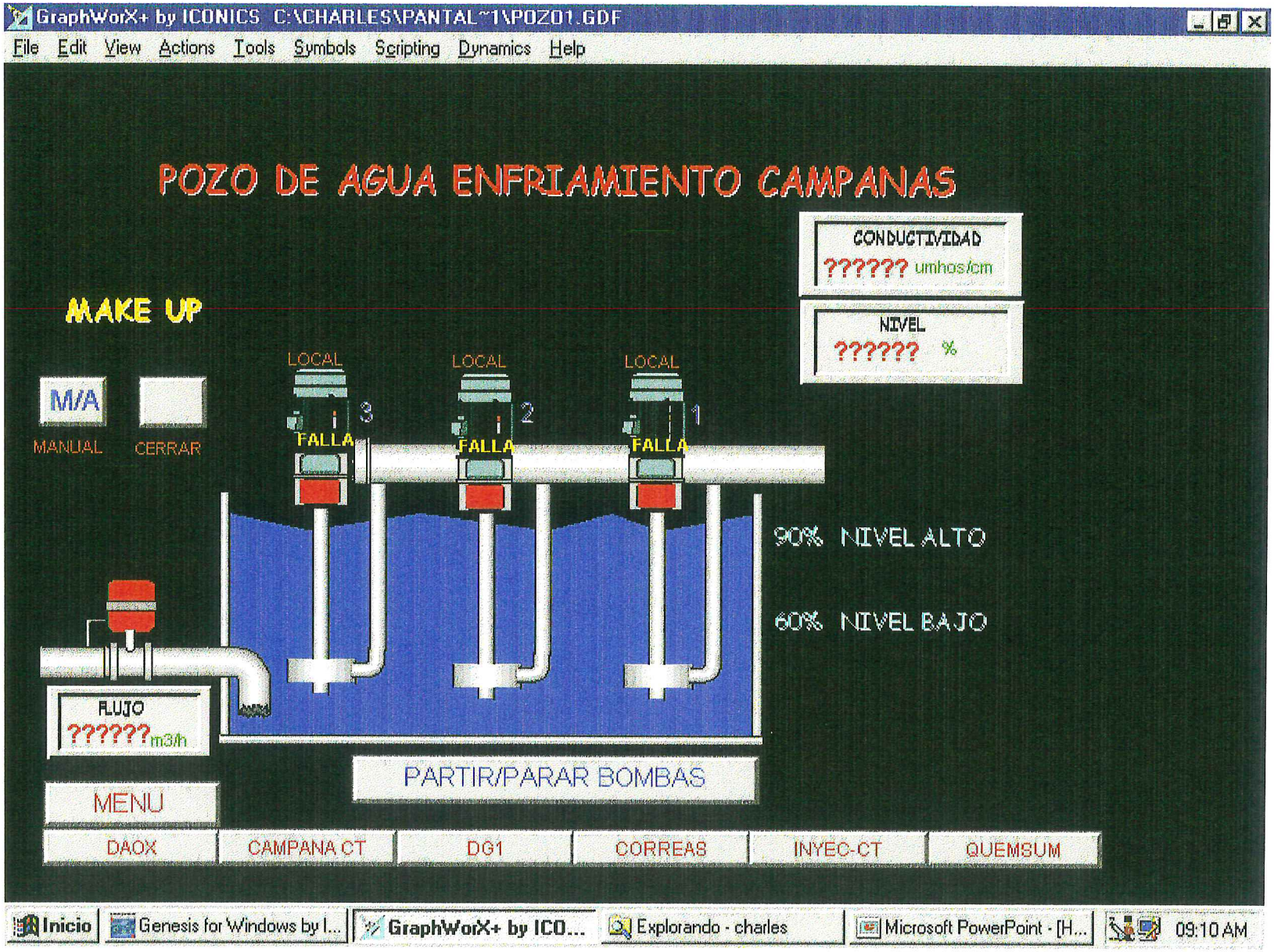



**Figura Nº35.Pantalla de operación bombas de agua de enfriamiento**

## Anexo N°13

### Glosario de términos

C.M.T. = Convertidor modificado tipo teniente.

C.T = Convertidor Teniente.

Posición de soplado = se refiere que el convertidor tiene dos posiciones definidas de operación una es con las toberas fuera de el baño ( Posición fuera de soplado)y la otra es con las toberas sumergidas en el baño o líquido ( Posición de soplado).

CPS = Convertidor Pierce-Smith

Maquiladora =Que esta adaptada para procesar concentrados de cobre.

Eje = Es un sulfuro de cobre y fierro.

Metal blanco = Metal líquido con una ley de 75 % de cobre.

T/d =Toneladas-día de producción.

RAF =Refino a fuego.

# BIBLIOGRAFIA


1.- Instructions for MOD30™ and MODCELL™ instrument communications network (ICN) planning. IB-23A160, IB-23G600. APR 1993.

2.- Data base planning forms for MODCELL™ logic and regulatory controllers. IB-23N002. APR.1993.

3.- Instructions for TAYLOR ™ communication LINK 1720N, Models A and B. IB-23C001. FEB 1987.

4.- Instructions for TAYLOR ™ MOD30 ™ system instrument communication network. IB-23C101. MAY 1989.

5.- TAYLOR ™ MOD30 ™ system instruction set. A-3612. OCT 1989.

6.- Data base reference manual controller 1700R model A. IB-236401. MAY 1985.

7.- Data base reference manual controller xl 1701R model B, 1701 model C. IB-236402. MAR 1989.

8.- Instructions for TAYLOR™ , Recorder IB - 23C200. MAY 1989.

9.- Instructions for TAYLOR™, Unified Math Unit IB - 234C301. DEC 1988.

10.- Instructions for TAYLOR™ , Unified Sequence and Logic Unit IB -23C502. DEC 1988.

11.- MODCELL™ Systems Software PC30™ Series Software. ABB Kent-TAYLOR™ , Volumen 1-2. 1993.

12.- MANUAL NORMAS ISA 5.1.

13.- Automática e innovación. Asociación Chilena de Control Automático. Nov.1993. Pag.1,2 y 3.

14.- "Análisis Operación Actual del Convertidor Teniente en Fundición Ventanas". Workshop " Hacia el uso intensivo del Convertidor Teniente en Fundiciones Nacionales". NOV. 1992.