



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**Proyecto de Grado para la obtención del Título de Ingeniero
Electrónico en Instrumentación**

**“Diseño e Implementación de un Sistema HMI-SCADA
para el Proceso de Anodización de Naturales de la
Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A.”**

Fidel Efraín Correa Méndez

LATACUNGA – ECUADOR

Julio 2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos, que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el señor FIDEL EFRAÍN CORREA MÉNDEZ, previo a la obtención de su título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Latacunga, Julio del 2007

Ing. Galo Ávila
DIRECTOR

Ing. Franklin Silva
CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A la Gerencia, Jefes Departamentales y a todo el personal que labora en la Planta de Producción de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A. en Latacunga, por la apertura y colaboración permanente para el desarrollo y exitosa culminación de este proyecto de grado. En especial al Ing. Patricio Vega, Jefe de Producción de la Planta, por confiar en la capacidad innovadora de la juventud universitaria del Ecuador y al Departamento de Mantenimiento por la ayuda prestada en la instalación y puesta a punto del sistema de control diseñado.

Al Director y Codirector del Proyecto de Grado por su acertada guía y oportunos consejos, así como a la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga por la excelente calidad de conocimientos entregados, que me permitirán tener un prometedor y amplio horizonte en el campo laboral.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme disfrutar de cada nuevo día lleno de alegrías, tristezas y grandes retos, pero siempre brindándome la fuerza y la ayuda de todas las personas que me aprecian, para tratar cada amanecer de ser una mejor persona.

A mis padres Don Eduardo y Doña María, por su buen ejemplo de trabajo y honradez, además de su paciencia e infinita comprensión, y por tener para mi siempre una palabra de aliento. A mis hermanos Alexandra y Manuel por su apoyo incondicional. A mi sobrinita María Rosa, la luz y alegría de nuestro hogar.

A mis tíos Don José y Doña Elvia por abrirme sin reparos las puertas de su casa, constituyéndose en mi nuevo hogar durante todos estos años de mi vida universitaria, que supieron entenderme y aconsejarme. A mis primos Sofía Cristina e Iván por hacerme parte de sus vidas con esa inocencia y libertad tan propia de los niños.

Fidel Efraín

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

	Pag.
CAPITULO I: FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 FUNDAMENTOS FÍSICOS-QUÍMICOS DEL PROCESO DE ANODIZADO.....	5
1.2.1 Introducción.....	5
1.2.2 Tipos de Películas Anódicas en Aluminio.....	6
1.2.2.1 Películas Anódicas Tipo Barrera.....	6
1.2.2.1.1 Comportamiento Voltaje-Tiempo de Películas Tipo Barrera.....	6
1.2.2.1.2 Morfología y Estructura de las Películas Tipo Barrera.....	7
1.2.2.2 Películas Anódicas Tipo Porosas.....	8
1.2.2.2.1 Comportamiento Voltaje-Tiempo.....	8
1.2.2.2.2 Morfología y Estructura de las Películas Tipo Porosas.....	9
1.2.3 Pasos del Proceso de Anodización de Perfiles de Aluminio.....	9
1.3 CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	14
1.3.1 Introducción al Control de Procesos.....	14
1.3.2 Definición de Control Automático.....	16
1.3.3 Evolución del Control de Procesos.....	18
1.3.3.1 Control Manual.....	18
1.3.3.2 Controladores Locales.....	19
1.3.3.3 Control Neumático Centralizado.....	20
1.3.3.3 Controladores Electrónicos de Lazo Simple	21
1.3.3.5 Control Centralizado por Ordenador. (Control Digital Directo, DDC).....	21
1.3.3.6 Control Supervisor.....	23
1.3.4 Características Generales del Control Distribuido.....	25

1.3.5 Secciones y Niveles que forman un Control Distribuido.....	29
1.3.5.1 Elementos que participan en cada Nivel.....	30
1.3.5.2 Comunicación entre los Diferentes Niveles.....	33
1.3.5.3 Redes de Área Local en Aplicaciones Industriales.....	34
1.3.5.4 Bus de campo: definición y características generales.....	35
1.3.6 Software de uso en Sistemas DCS: SCADA.....	36
1.4 PLC ALLEN-BRADLEY DE LA FAMILIA SLC-500.....	44
1.4.1 Introducción.....	44
1.4.1.1 Sistemas de Control Digital.....	44
1.4.1.2 Controladores lógicos programables PLC.....	47
1.4.1.2.1 Componentes básicos de los PLC.....	48
1.4.1.2.2 Tipos de PLC.....	50
1.4.1.2.3 Programación de un PLC.....	51
1.4.1.2.4 Tiempo de ciclo de programa.....	52
1.4.2 Características y Arquitectura.....	52
1.5 RS-LOGIX Y RS-LINX.....	53
1.5.1 Generalidades.....	53
1.5.1.1 Tiempo de ciclo del PLC SLC 500.....	53
1.5.2 Programación del PLC mediante la aplicación RSLogix.....	54
1.5.2.1 Elementos Básicos de los <i>programas</i> escritos en la aplicación RSLogix.....	55
1.5.2.2 Elementos de Lenguaje.....	56
1.5.3 Configuración de las comunicaciones mediante el programa RSLinx.....	56
1.6 RS-VIEW32.....	58
1.6.1 Generalidades.....	58
1.6.1.1 Acerca de RSView32.....	58
1.6.1.2 RSView32 Works.....	58
1.6.2 Programación.....	60
1.6.2.1 Pasos Iniciales Rápidos.....	60
1.6.2.2 ¿Qué es un tag?.....	64

1.6.2.3 Tipos de tags.....	64
1.7 TOUCH SCREEN.....	66
1.7.1 Generalidades.....	66
1.7.2 Programación.....	66
1.7.2.1 Software PanelBuilder.....	66
1.7.2.2 Configuración del Terminal y Comunicaciones.....	67
CAPITULO II: ANÁLISIS Y DISEÑO.....	68
2.1 INTRODUCCIÓN.....	68
2.1.1 Situación Actual del Proceso para Anodizado de Naturales en CEDAL...	68
2.1.2 Parámetros Utilizados en el Proceso para Anodizado de Naturales en CEDAL.....	68
2.1.3 Variables a Supervisar y Controlar en el Proceso de Anodizado.....	69
2.1.4 Requerimientos del Sistema de Supervisión y Control para el Anodizado de Naturales.....	69
2.1.5 Visión General del Proyecto.....	72
2.2 DISEÑO DEL HARDWARE.....	74
2.2.1 Diseño e Implementación del Sistema de Sensores y Actuadores.....	74
2.2.2 Dimensionamiento de la Fuente de Poder del PLC.....	75
2.2.3 Requerimientos de Hardware del PLC para el Sistema de Control y Supervisión.....	76
2.2.4 Diseño e Implementación del Panel de Control.....	77
2.2.4.1 Ambiente de Operación.....	77
2.2.4.2 Diseño Eléctrico.....	77
2.2.4.2.1 Protección de la Alimentación del PLC y PanelView.....	78
2.2.4.3 Diseño Mecánico.....	78
2.2.4.3.1 Cableado.....	78
2.2.4.3.2 Protección contra Esfuerzos Mecánicos.....	78
2.2.4.3.3 Dimensiones y Distribución de Dispositivos en el Panel de Control.....	79

2.2.5	Diseño e Implementación de la Red de Comunicaciones.....	80
2.2.5.1	Conexión del SLC 5/05 y PC para una Red Ethernet.....	80
2.2.5.2	Canal 1: Ethernet 8-Pines, Conector 10Base-T.....	80
2.2.5.3	Cableado de Red.....	80
2.2.5.4	Análisis de la Selección de Equipos para la Implementación de la Red Ethernet.....	81
2.2.6	Diseño e Implementación de las Tarjetas para la medición de la Corriente en los Rectificadores de los Naturales.....	84
2.2.7	Diagramas de Bloques.....	86
2.2.7.1	Sistema HMI-Scada del Proceso de Anodización de Naturales.....	86
2.2.7.2	Diagramas de las Tarjetas Electrónicas para medición de la Corriente a la salida de Rectificadores de los Naturales.....	87
2.3	DISEÑO DEL SOFTWARE.....	89
2.3.1	Diseño e Implementación del Programa del PLC.....	89
2.3.2	Diseño e Implementación de la Configuración de las Comunicaciones....	95
2.3.3	Diseño e Implementación del Software del SCADA (RSView32).....	101
2.3.4	HMI (Pantallas) del Scada (RSView32).....	105
2.3.5	Diseño e Implementación del Software de la Touch Screen.....	114
2.3.6	Configuración de Comunicaciones de la Touch Screen.....	119
2.3.7	HMI (Pantallas) de la Touch Screen.....	121
2.3.8	Creación de una Base de Datos (Data Logging).....	137
 CAPITULO III: PRUEBAS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		 138
3.1	Pruebas Experimentales del Sistema de Sensores y Actuadores.....	138
3.2	Análisis de Resultados del Sistema de Sensores y Actuadores.....	149
3.3	Pruebas Experimentales de Comunicaciones del sistema SCADA.....	152
3.4	Análisis de Resultados de Comunicaciones del sistema SCADA.....	154
3.5	Puesta a Punto del Sistema HMI-SCADA.....	158
3.6	Análisis de Resultados de la Puesta a Punto y Costos del Sistema HMI-SCADA.....	163

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES...	166
CONCLUSIONES.....	166
RECOMENDACIONES.....	170
BIBLIOGRAFÍA.....	171
ANEXOS.....	176
ANEXO A: GLOSARIO	
ANEXO B: PLANOS	
ANEXO C: LISTADO DEL PROGRAMA DEL PLC	
ANEXO D: MANUALES DE OPERACIÓN	
D1: Manual del Operador	
D2: Manual de Mantenimiento	
ANEXO E: HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	

CAPITULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.2 ANTECEDENTES.

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A., CEDAL; es una compañía ecuatoriana constituida en el año 1974 en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, con el fin de producir y comercializar perfiles de aluminio estructurales y arquitectónicos. CEDAL forma parte de Corporación Empresarial S.A., CORPESA.

CEDAL es líder en la producción y comercialización de perfiles de aluminio en el Ecuador, contando con más de 40 Distribuidores Exclusivos localizados en todo el país, además de mantener una sólida presencia comercial en Colombia desde 1979 a través de su compañía afiliada VITRAL, que posee centros de distribución en las ciudades de Bogotá y Cali.

CEDAL es ampliamente reconocida en el mercado nacional y extranjero por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa y su valiosa contribución al desarrollo de la industria del aluminio y la construcción en el Ecuador.

Al momento CEDAL está siendo certificada en su sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2000.

Procesos Productivos

Fundición



El aluminio recuperado del proceso de extrusión y la perfilería rechazada durante el proceso de producción son nuevamente fundidos, manteniendo las características de su aleación para ser re-utilizados en el proceso de producción.

Materia prima



La materia prima para la fabricación de perfiles de aluminio parte de los lingotes (cilindros de 177,8 mm de diámetro y 508 mm hasta 2794 mm de longitud) de aleación de aluminio 6063, 6061, 6005 que se importan desde los productores en Venezuela, Brasil y Argentina.

Aplicación de las Aleaciones

Una aleación es una combinación de dos o más metales formando una mezcla o una solución sólida. En el caso del aluminio se los combina con elementos tales como magnesio, silicio, zinc y cobre para conferir a la aleación determinadas propiedades físico-mecánicas, tales como dureza, maleabilidad, formado y resistencia a la corrosión, acorde a las aplicaciones donde el metal será utilizado. Las aleaciones del aluminio

están clasificadas por la "Aluminum Association" en series acorde a los elementos que contiene.

Matricería



La matriz es el molde que da la forma a los perfiles de aluminio durante el proceso de extrusión. Esta va colocada en la prensa de extrusión.

Extrusión



La extrusión es una deformación plástica en donde un bloque de metal es forzado por compresión a pasar a través de la abertura de un molde (matriz) que tiene un área seccional menor a la del bloque de metal.

Anodizado



Proceso electroquímico por el cual se forma sobre la superficie del perfil un recubrimiento de óxido de aluminio, al mismo que se le puede impartir varias tonalidades cromáticas empleando distintos parámetros de corriente, pH¹ de las soluciones químicas, tiempo y sales minerales.

Pintura electrostática



Es un proceso de acabado superficial que protege a los perfiles de aluminio con una capa de pintura en polvo depositada electro-estáticamente y que luego es fundida y curada en un horno.

Empaque



Cedal empaqueta todos sus productos (perfiles de aluminio) en fundas de polietileno, con el fin de evitar que las piezas tengan defectos (marcas de tráfico o marcas de fricción) y para que se mantengan secas durante el transporte.²

¹ **pH:** Nivel de pH, escala que mide la acidez o alcalinidad de las sustancias en un rango de 0-14, el nivel más bajo son los ácidos, el más alto las bases y el nivel 7 es neutro.

² www.cedal.com.ec

1.2 FUNDAMENTOS FÍSICOS-QUÍMICOS DEL PROCESO DE ANODIZADO.

1.2.1 Introducción.

El aluminio es uno de los metales más importante de los metales no ferrosos, este y sus aleaciones se usan ampliamente en electrónica, aeronáutica, embalajes, automóviles, arquitectura, y como material de blindaje para algunos transportes orugas, entre otros. Sus principales propiedades son su peso liviano (baja densidad) y resistencia natural a la corrosión. El aluminio posee poca resistencia mecánica, por lo cual se usa con otros elementos formando aleaciones, mejorando así sus propiedades mecánicas, y de este modo, ofreciendo a la industria una variedad amplia de combinaciones de resistencia mecánica, ductilidad, maleabilidad, conductividad eléctrica y resistencia a la corrosión.

El aluminio tiene un potencial normal igual a -1.66 voltios, por lo cual en contacto con el aire, la superficie del aluminio y sus aleaciones, se recubren espontáneamente de una fina capa de óxido de aluminio, de espesores de 30-100 Å³, que le confiere cierto grado de protección. Esta protección se debe a que el óxido formado sobre el aluminio es adherente y compacto, actuando como barrera que impide que iones agresivos del ambiente interactúen con el metal base y provoquen corrosión. Sin embargo, la estabilidad de esta capa en ambientes corrosivos se ve afectada tanto por sus propiedades químicas, como por la morfología del metal base y su delgado espesor. La mejor forma de proteger al aluminio y sus aleaciones de ambientes corrosivos, se consigue recubriendo su superficie con gruesas capas de óxido de hasta 0,2 mm. El proceso industrialmente, utilizado para lograr esta protección se conoce como anodizado, el que consiste en hacer crecer en forma controlada a corriente o potencial constante una película anódica de Al₂O₃, sobre el aluminio o sus aleaciones, que actúan como ánodos en una celda electroquímica que contiene un electrolito que puede ser neutro o ácido.⁴

³ Å: Ångstrom, unidad de longitud de distancias atómicas y moleculares, equivale a 1x10⁻¹⁰ metros.

⁴ www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2004/articulos/aluminio.htm

Anodizado Natural

En el Anodizado Natural se aumenta la capa de óxido sin darle coloración. Como el óxido de aluminio es incoloro, permite que se observe el atractivo color aluminio de fondo. Los espesores de anodizado utilizados en el área de la construcción son: 10, 15, 20 ó 25 micrones⁵. La elección del espesor dependerá del grado de agresividad de la atmósfera del lugar donde se instalarán los perfiles. Se pueden lograr algunos efectos especiales (abrillantado, jaspeado, etc.) por tratamiento previo al anodizado.

1.2.2 Tipos de Películas Anódicas en Aluminio.

La morfología de las películas anódicas del Al_2O_3 , depende principalmente del electrolito en que fueron formadas durante la anodización, y se clasifican en dos tipos: películas tipo barrera y películas tipo porosas.⁶

1.2.2.1 Películas Anódicas Tipo Barrera

Las películas tipo barrera se desarrollan durante el anodizado de aluminio en electrolitos en los cuales la película de óxido es prácticamente insoluble (neutros). Estas películas se caracterizan por ser finas, compactas y con propiedades dieléctricas, por lo cual tienen gran aplicación en la industria electrónica. Algunos de los electrolitos usados en la formación de estas películas son soluciones acuosas de boratos, tartratos, citratos y fosfatos (pH 6-7).

1.2.2.1.1 Comportamiento Voltaje-Tiempo de Películas Tipo Barrera

La figura 1.1, representa el comportamiento general del voltaje en función del tiempo, para la anodización a corriente constante de aluminio. En esta figura, se aprecia que el crecimiento de este tipo de películas se caracteriza por un aumento del voltaje,

⁵ **Micrones:** Micras (μm), unidad de longitud que equivale a 1×10^{-6} metros.

⁶ www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2004/articulos/aluminio.htm

aproximadamente lineal con el tiempo, desde el inicio del anodizado hasta llegar a un voltaje de ruptura del óxido.

Durante la región lineal, el espesor del óxido es proporcional al voltaje de formación y existe un campo eléctrico constante a través del óxido. Las películas de alúmina anódica tienen una baja conductividad electrónica, pero una alta conductividad iónica; por lo tanto bajo la influencia de una fuerza de campo eléctrico alta, la conducción iónica es el modo predominante de transporte de carga. En el denominado voltaje de ruptura del óxido, el óxido ha alcanzado cierto espesor y ocurren fenómenos de recalentamientos locales que provocan el rompimiento del óxido, apreciándose fenómenos de luminiscencia durante este período del anodizado.

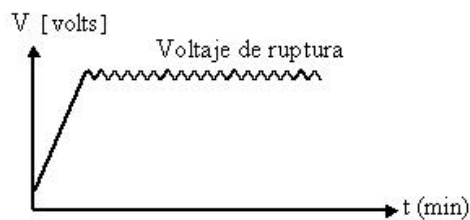


Fig. 1.1 Comportamiento de voltaje en función del tiempo, durante el anodizado a corriente constante, en la formación de películas tipo barrera.

1.2.2.1.2 Morfología y Estructura de las Películas Tipo Barrera

Estudios realizados a través de microscopía de transmisión electrónica de secciones de óxido, han mostrado que las películas barreras formadas a temperatura ambiente son generalmente compactas y con espesores uniformes, tal como se aprecia en la figura 1.2. La morfología y estructura de la película resultante, están relacionadas con el pretratamiento dado al aluminio puro antes del anodizado y de las condiciones del anodizado. La figura 1.3 representa esquemáticamente la morfología y estructura de una película tipo barrera.

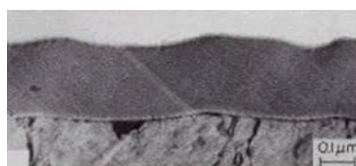


Fig. 1.2 Micrografía de Transmisión Electrónica de una sección transversal de una película de óxido tipo barrera de 200 nm^7 de espesor, obtenida en anodizado en una solución de tartrato de amonio a $i = 10\text{ mA/cm}^2$.⁸

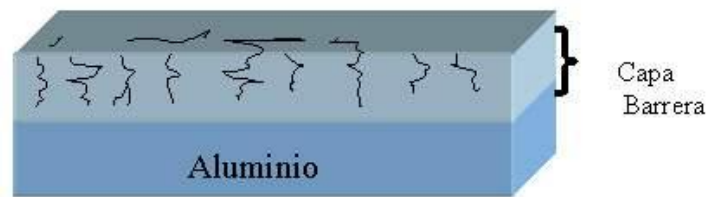


Fig. 1.3 Esquema de capa de óxido tipo Barrera.

1.2.2.2 Películas Anódicas Tipo Porosas

Las películas anódicas tipo porosas se desarrollan durante el anodizado de aluminio en electrolitos donde el óxido es parcialmente soluble (ácidos). Estas películas se caracterizan por tener una morfología porosa, espesores de varios micrones y muy buenas propiedades de resistencia a la abrasión y corrosión, por lo cual se las emplea en construcciones arquitectónicas, automóviles y aeronáutica.

1.2.2.2.1 Comportamiento Voltaje-Tiempo

El registro del comportamiento voltaje-tiempo durante el anodizado a corriente constante, que lleva al desarrollo de películas porosas, se caracteriza por poseer tres zonas particulares como se observa en la figura 4. En la primera zona, que corresponde al comienzo del anodizado, el voltaje aumenta en forma aproximadamente lineal con el tiempo, hasta llegar a un máximo. La zona 1, corresponde a la formación de la capa barrera.

En la segunda zona, hay una reducción del voltaje, que se asocia a una baja en la resistencia iónica del óxido debido a la formación de los poros. En la tercera zona, que corresponde al estado estacionario, existe un equilibrio dinámico entre el crecimiento de la película y la disolución asistida por el campo eléctrico en la base del poro, manteniéndose el equilibrio de tal manera que sólo los poros mayores continúen

⁷ **nm:** Nanometro, unidad de longitud que equivale a 1×10^{-9} metros.

⁸ **mA:** Miliamperio, unidad de corriente eléctrica que equivale a 1×10^{-3} amperios.

propagándose durante el crecimiento de la película anódica porosa y la capa barrera de ésta, mantenga un espesor constante.

Tanto el voltaje máximo como el voltaje del estado estacionario, dependen de la densidad de corriente aplicada, la temperatura y el tipo de electrolito ácido.

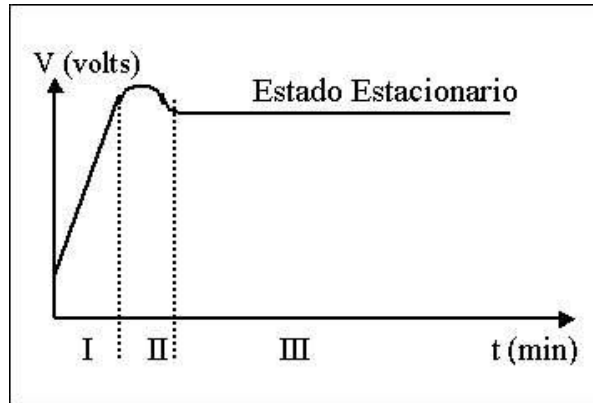


Fig. 1.4 Comportamiento de voltaje en función del tiempo, durante el anodizado a corriente constante, en la formación de películas tipo porosas. Zona I: formación de capa barrera, Zona II: formación de poros y Zona III: equilibrio dinámico entre la formación y disolución del óxido en la base del poro.

1.2.2.2 Morfología y Estructura de las Películas Tipo Porosas

Micrografías electrónicas de las películas han mostrado que estos óxidos están caracterizados por una capa barrera unida al metal base y una capa exterior porosa ubicada sobre la capa barrera (Fig. 1.5). Se informa en la literatura, que el espesor de ambas capas y el diámetro de los poros, se relacionan con las condiciones experimentales usadas durante el anodizado de aluminio.

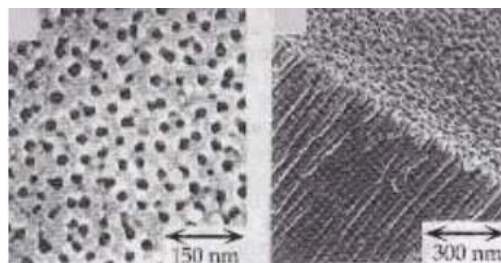


Fig. 1.5 Micrografías de Barrido Electrónico de óxido poroso cercano a la superficie, obtenido en anodizado en ácido sulfúrico.

1.2.3 Pasos del Proceso de Anodización de Perfiles de Aluminio.

El anodizado es un acabado metálico que se obtiene a partir de un proceso de oxidación anódica a un voltaje de 12-18 voltios. Generalmente se utiliza un baño de ácido sulfúrico, la oxidación se lleva a cabo al formarse iones sulfato mediante corriente anódica, estos iones no son capaces de existir por sí mismos, por lo tanto se reconvierten a ácido sulfúrico al reaccionar con iones de hidrógeno formados durante la descomposición de agua, mientras tanto el oxígeno gaseoso liberado oxida la superficie del aluminio. Durante este proceso, en el baño de ácido sulfúrico también se disuelve aluminio, si la concentración de éste es superior a aproximadamente 20 g/l, puede provocar interferencias en el proceso. En general el proceso de anodizado se divide en⁹:

- **Pretratamiento** (desengrasado, decapado)

- **Anodizado** (corriente directa-ácido sulfúrico, corriente directa-ácido oxálico, corriente alterna-ácido oxálico, corriente directa-ácido sulfúrico/ácido oxálico, u otros electrolitos)

- **Postratamiento** (coloración, endurecimiento).

Pulido:

Generalmente antes del anodizado la superficie de las piezas, se pule con discos de tela usando como medio pulidor una mezcla de estearatos y abrasivos de pulido. El polvo de pulido que se genera, está constituido de fibras de tela, de polvos de aluminio, de esmerilado y de estearatos, y generalmente se aspiran mediante filtros. En esta área debe instalarse un sistema de aspiración diseñado adecuadamente, de tal manera que sea aspirado el mayor porcentaje posible de los polvos generados durante la operación de

⁹ www.red-de-autoridades.org/cds/disco04/residuos/manuales_minimizacion/mgalvano.pdf

pulido, para evitar que se dispersen en la nave. Los filtros también deben limpiarse periódicamente.

Desengrase:

A continuación, las piezas a anodizar se desengrasan principalmente con limpiadores alcalinos que contienen hidróxido de sodio, carbonato de sodio, silicatos y emulsificantes. También se usan hidrocarburos halogenados (p. ej. percloroetileno), en este caso la limpieza debe llevarse a cabo en instalaciones cerradas y los trabajadores deben utilizar equipo de protección. El solvente sucio empleado para la limpieza puede ser recuperado por medio de destilación.

Decapado:

Al desengrasado sigue un decapado alcalino, generalmente las soluciones empleadas en el decapado están compuestas de hidróxido de sodio con concentraciones de 50-100 g/l.¹⁰ El **decapado alcalino** también se emplea para remover herrumbre y óxido. La solución generalmente consiste de sosa cáustica con aditivos tales como detergentes. En este proceso, se libera aluminio de la superficie de la pieza, el cual reacciona con el NaOH, formándose un complejo de aluminato de sodio - hidróxido de aluminio, el cual se precipita en el baño o se incrusta en el tanque. Este complejo puede filtrarse continuamente, a fin de evitar que su concentración aumente (10 a 24 g/l). Las incrustaciones en las paredes y del fondo del depósito también deben ser retiradas periódicamente de manera mecánica.

Activado:

El proceso de activado, también llamado neutralizado e inclusive decapado suave, se utiliza para eliminar la pequeña capa de óxido que se ha formado sobre la superficie del metal una vez que la superficie ha sido tratada o lavada en sucesivas etapas. Esa

¹⁰ **g/l:** gramos/litro, unidad de densidad de sustancias.

pequeña capa de óxido hace que la superficie sea pasiva y por lo tanto mal conductora. Las soluciones empleadas son por lo general ácidos muy diluidos. Los activados permiten asimismo eliminar manchas generadas por compuestos orgánicos y/o inorgánicos.

Anodizado:

Después de la limpieza y preparación de la pieza se lleva a cabo el anodizado, mediante el método de corriente directa o alterna en diferentes electrolitos como ácido sulfúrico, ácido oxálico o ácidos carboxílicos alifáticos. Los baños de anodizados ácidos, pueden contener hasta 200 g/l de ácido sulfúrico o de 30 a 50 g/l de ácido oxálico. La regeneración del ácido sulfúrico puede llevarse a cabo a través de resinas de intercambio iónico, en las cuales se eliminan el hidrógeno y componentes de sulfato de la solución de anodizado ácido sulfúrico/aluminio. Para recuperar el ácido, se utiliza agua para enjuagar los componentes ácidos de la resina y se forma una solución de H_2SO_4 ,¹¹ la cual es muy baja en aluminio y se puede reutilizar para los procesos de anodizado. Los baños de anodizado se enriquecen de iones de aluminio y tienen que ser reemplazados o regenerados al alcanzar una concentración de aproximadamente 20 g/l de aluminio para baños con ácido.

Enjuague:

Después del baño de anodizado las piezas deben enjuagarse cuidadosamente; en esta operación se lleva a cabo una dilución de la solución arrastrada del baño en la capa de óxido que se formó.

Acabado en Color:

Después del anodizado, las piezas pueden colorearse en baños con diferentes sales metálicas.

¹¹ H_2SO_4 : Fórmula química del Ácido Sulfúrico.

Sellado:

Finalmente, después de un proceso de lavado, el recubrimiento superficial de las piezas es endurecido en un baño de acetato de níquel, tras lo cual las piezas se enjuagan, se secan y se preparan para el envío al respectivo cliente.

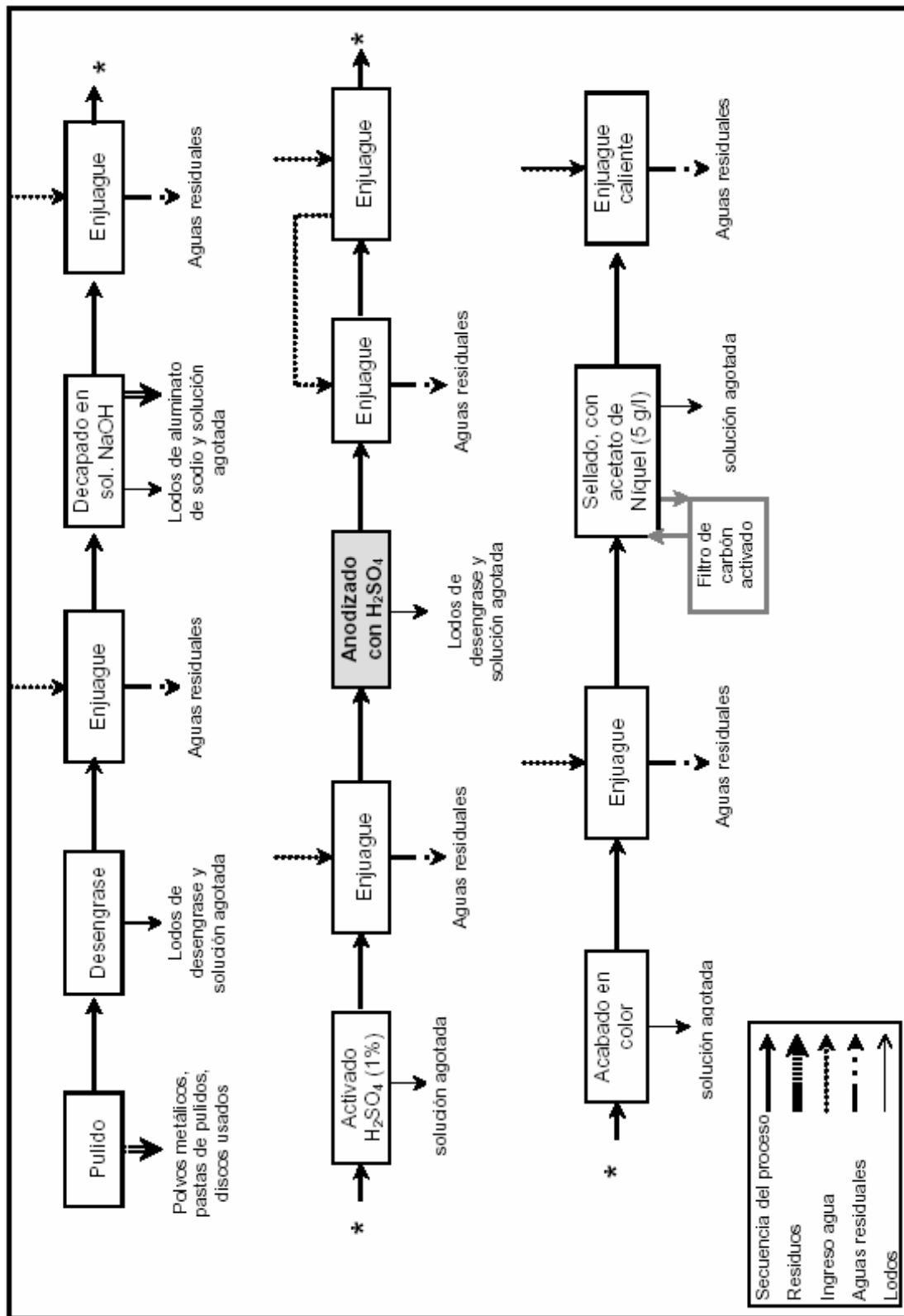


Fig. 1.6 Diagrama de flujo para un proceso de anodizado¹²

¹² www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2004/articulos/aluminio.htm

1.3 CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES.

1.3.1 Introducción al Control de Procesos.

La medición y el control en la industria son muy importantes. El control automático de procesos industriales es hoy en día una actividad multidisciplinar, en la que hay que tener en cuenta aspectos técnicos (electrónica, informática de sistemas, etc.), científicos (investigación de nuevos criterios y materiales, etc.) y económicos (mejora de los márgenes comerciales sin perder calidad y competitividad).

Los sistemas de control sofisticados del tipo de los instalados mediante complejos elementos de instrumentación, no se han creado de la noche a la mañana, aunque el auge que viven actualmente así lo pueda parecer. Son el resultado de más de cien años de trabajo de fabricantes y usuarios, quienes no han de dejado de buscar las mejores soluciones al *control industrial automatizado*.

En la figura 1.7 podemos ver las diferentes soluciones tecnológicas a un problema de control automatizado, pudiéndose distinguir en ellas, de izquierda a derecha, la evolución que han ido teniendo de acuerdo al desarrollo de las tecnologías en los diferentes instantes. Este esquema no debe interpretarse como que la *tecnología eléctrica* haya reemplazado totalmente a la *flúidica*¹³, ni que la primera haya sido desbancada por la *solución programada*, tan sólo como que se está produciendo un complemento entre todas, que poco a poco irá situando a cada una de ellas en el papel que le corresponde.¹⁴

¹³ **Flúidica:** Lógica que utiliza como elemento de control los fluidos (sustancias gaseosas o líquidas que poseen baja cohesión de sus moléculas) originando sistemas de control neumáticos e hidráulicos.

¹⁴ www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf

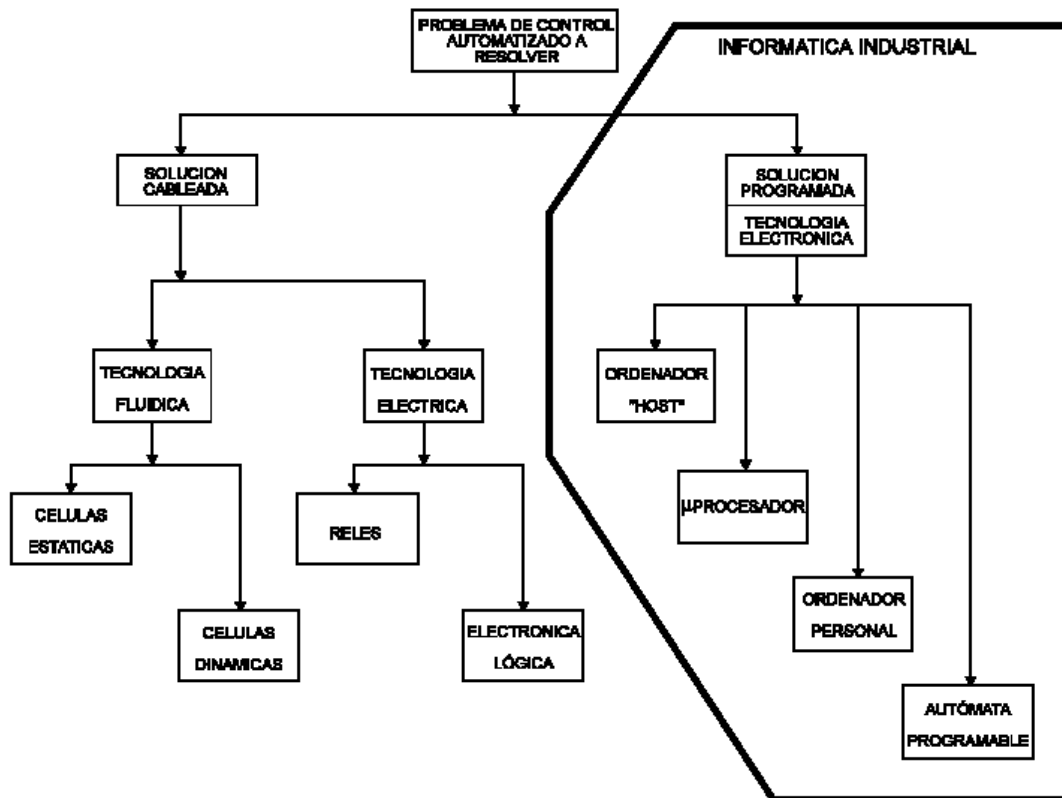


FIG. 1.7 Principales soluciones tecnológicas a un problema de control automatizado.

En todo caso, independientemente del tipo de control utilizado, los objetivos del control de procesos pueden resumirse en:

- a) Operar el proceso en forma segura y estable.
- b) Diseñar sistemas de control que el operador pueda vigilar, comprender y, cuando sea necesario, manipular en forma selectiva.
- c) Evitar desviaciones importantes respecto a las especificaciones de productos durante las perturbaciones.
- d) Permitir que el operador cambie un valor deseado o punto de consigna (valor de referencia) sin perturbar indebidamente otras variables controladas.

e) Evitar cambios considerables y rápidos en variables manipuladas que podrían incumplir restricciones de operación, o perturbar unidades integradas o situadas en escalafones inferiores.

f) Operar el proceso en forma congruente con los objetivos de calidad de cada producto. Así, las desviaciones en la calidad podrían ser menos permisivas (mucho más costosas) en un producto que en otro.

g) Controlar las cualidades del producto en valores que maximicen su utilidad cuando se consideren índices y valores de productos y además, minimicen el consumo de energía.

1.3.2 Definición de Control Automático.

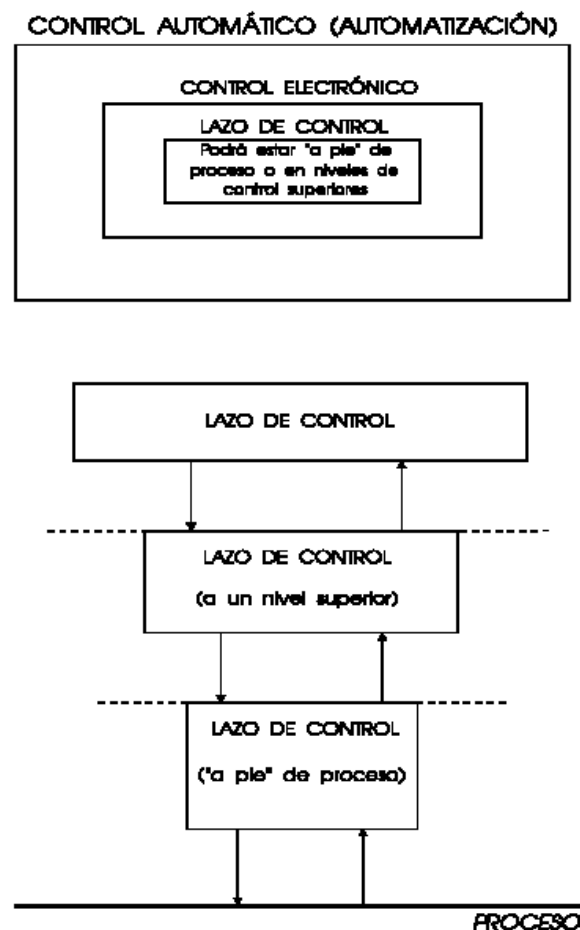


Fig. 1.8 Jerarquización del Control Automático. El Lazo de Control puede estar presente en varios niveles.

El *control automático de procesos* es un caso particular del término *automatización* y engloba al *control electrónico*, por ser esta la rama técnica que ha permitido una evolución continua de la automatización industrial. En la figura 1.8 podemos ver la estructura jerárquica comentada.

Podemos definir el control automático de procesos como: La elaboración o captación de un proceso industrial a través de varias etapas, con el uso libre de los equipos necesarios para ahorrar tiempo manual y esfuerzo mental.

Tal como se ha dicho, el control automático de procesos hace un uso exhaustivo del control electrónico, valiéndose de éste para completar su esquema clásico, basado en el concepto de *lazo o bucle de control* de realimentación, cuya presencia en los distintos niveles del control automático es normal, tal como aparece reflejado también en la figura 8 y cuya estructura típica se muestra en la figura 1.9.

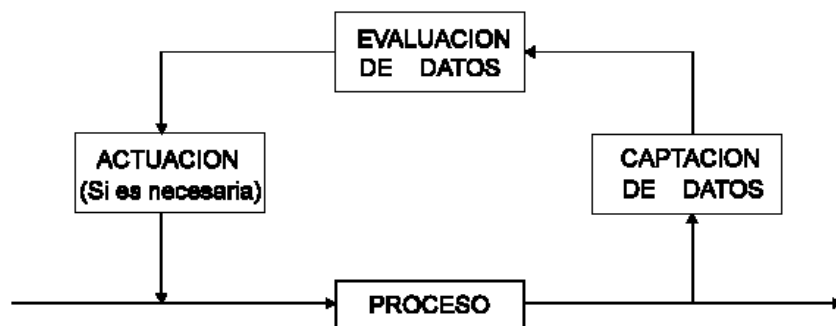


Fig. 1.9 Estructura típica de un lazo de control en un proceso.

El significado de los bloques dibujados en esta última figura es:

- **CAPTACIÓN:** En control de procesos, esto equivale a captar la variable a través de un elemento de medida (sensor/transductor, instrumento de medida). La captación está normalmente formada por *componentes locales*, es decir, próximos al lugar físico donde se producen los datos de interés.

- **EVALUACIÓN:** Consiste en atribuir la importancia adecuada a la captación hecha, de acuerdo con el algoritmo de control del proceso, es decir, por comparación entre la

variable de proceso captada y el valor deseado o punto de consigna. A partir de aquí, se obtendrá una señal de corrección.

- **ACTUACIÓN:** Va dirigida al elemento final de control, siempre y cuando dicha actuación sea requerida. El elemento final o actuador estará en consonancia con el tipo de proceso a controlar: motor, válvula, calefactor, etc.

Tanto la evaluación como la actuación, suelen llevarse a cabo mediante los *componentes de panel* del sistema de control y que actualmente vienen integrados en un equipo informático, sirviendo la pantalla como elemento de presentación (evaluación) y el teclado/puntero como introductor de órdenes de actuación. En muchas ocasiones la actuación como consecuencia de una evaluación es proporcionada automáticamente por el ordenador situado en el nivel correspondiente dentro de la jerarquía del control automático del proceso (control distribuido, DCS).

1.3.3 Evolución del Control de Procesos.

El control de procesos ha evolucionado históricamente hacia la consecución de un grado de automatización lo más elevado posible, pasando por:

1.3.3.1 Control Manual

Al principio, los procesos industriales fueron controlados manualmente por un operador. El operador observaba lo que sucedía (una bajada de temperatura, por ejemplo) y hacía ajustes (manipular una válvula) basados en las instrucciones de operación y en el propio conocimiento que el operador tenía del proceso (figura 1.10). Este “lazo de control” (proceso > sensor > operador > válvula > proceso) ilustra un concepto básico en el control de procesos.

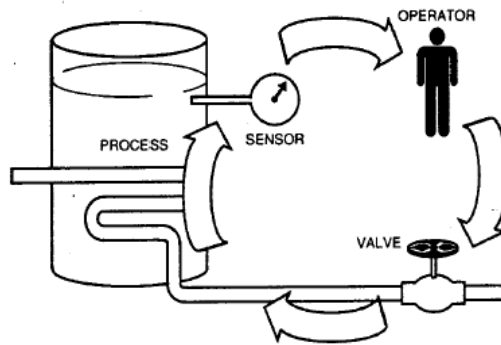


Fig. 1.10 Control manual: un lazo de control que incluye el proceso, un sensor, el operador y un elemento final de control (válvula).

Con el control manual, por tanto, sólo la adecuada reacción de un operador experimentado mediaba entre una evolución normal del proceso y otra errática. Además, un operador sólo podrá observar y ajustar unas pocas variables del proceso, limitando la complejidad de las estrategias de control que puedan ser usadas bajo control manual.

A todo lo anterior, habría que añadir el hecho de que la recolección de datos para un proceso controlado manualmente puede requerir una ardua labor, ya que el operador está, normalmente, demasiado ocupado para escribir “tiras de números”. Por todo ello, los datos recogidos manualmente pueden ser inexactos, incompletos y difíciles de usar.

1.3.3.2 Controladores Locales

Un controlador local permite a un operador *llevar el control de varios “lazos” del proceso*. Como un regulador de la presión del gas doméstico, un controlador local usa la energía del proceso o el aire comprimido de la planta para ajustar la posición de una válvula de control o cualquier otro elemento final de control. Los controladores locales eran muy utilizados como dispositivos de control robustos, aunque simples.

Con los controladores locales haciendo el *control rutinario*, un solo operador puede manejar, como se dijo antes, varios lazos de control puesto que su función sería más supervisora, ya que siempre tendrá una visión más amplia y menos exclusiva que el control manual. Por otro lado, como los controladores locales atacaban directamente al proceso, debían estar repartidos a través de la planta. Esta distribución de los

controladores ocasionaba pérdidas de tiempo en ajustes, que se hacían de forma aleatoria y con más frecuencia de la deseada. Además, los controladores locales no hacían nada para eliminar la necesidad de la captación de datos manualmente y las limitaciones que esto suponía.

Por todo lo anterior, se puede concluir diciendo que los controladores locales permitían el control de un mayor número de variables del proceso, pero no solucionaban los problemas que planteaba el hecho de la presencia física del operario en los lugares y momentos necesarios para hacer muchas de las operaciones.

1.3.3.3 Control Neumático Centralizado

El desarrollo de los dispositivos de control operados neumáticamente, permitieron un notable avance en el control de procesos. Con ésta tecnología, las variables del proceso podían ser convertidas a señales neumáticas y transmitidas hacia controladores remotos.

Se entraba en la confección de los denominados “circuitos neumáticos”.

Usando combinaciones de orificios, palancas, amortiguadores y otros dispositivos mecánicos complejos, un controlador neumático puede hacer cálculos elementales basados en el punto de consigna y el valor de la variable a controlar, ajustando el elemento final de control consecuentemente.

Con controladores neumáticos analógicos, un solo operador puede controlar un grupo de variables (múltiples lazos) desde una habitación de control remota. Los puntos de consigna son fácilmente cambiados y un técnico en instrumentación puede ajustar cada controlador para que aplique adecuadamente el algoritmo de control. Pero la integración de varios lazos de control realimentados (cerrados) en un simple e interactivo sistema de control es difícil.

La *interfase* operador-proceso mejora en el control neumático respecto del método de controladores locales. Así, se introducen pantallas que ofrecen información relevante

sobre el proceso. Al tener que observar el operador varias pantallas, el número y complejidad de lazos de control que uno solo puede controlar queda limitado.

Además, éste modelo de control ofrece demasiadas dificultades para permitir una respuesta rápida ante un desajuste del proceso o para llevar a cabo frecuentes cambios en la estrategia operativa. Cambios en el control o en el proceso, reajuste manual de los controladores y actualización de los conocimientos del operador. Los errores de juicio y la mala interpretación de las instrucciones son frecuentes.

Con variables de proceso convertidas a señales neumáticas, se pueden usar bandas perforadas para automatizar la recolección de datos. Sin embargo, la recolección de datos en grandes sistemas que proporcionaban información sobre muchas variables se a de seguir haciendo manualmente.

1.3.3.3 Controladores Electrónicos de Lazo Simple

En los años 60, los dispositivos electrónicos ya estaban capacitados para ir reemplazando a los controladores neumáticos. Los controladores electrónicos analógicos de lazo simple eran precisos, rápidos y fáciles de integrar en pequeños lazos interactivos.

De este modo, la *interface* para su manejo y control ofrece mejoras respecto de los controles neumáticos, además de permitir la captación electrónica de datos y un procesado de éstos con un índice de errores considerablemente mejorado respecto de aquellos.

1.3.3.5 Control Centralizado por Ordenador. (Control Digital Directo, DDC)

Poco después de la introducción de los sistemas de control electrónicos analógicos y como consecuencia de la gran expansión que la electrónica estaba teniendo, fueron apareciendo ordenadores digitales capaces de llevar a cabo el control de procesos, añadiendo a éstos toda la flexibilidad que da una máquina *programable*.

Un sistema basado en este modo de control, estaba estructurado en torno a un ordenador central que recibe todas las entradas del proceso (variables), ejecuta los cálculos apropiados y produce salidas que se dirigen hacia los actuadores o dispositivos finales de control (figura 1.11).

Así, nació el llamado Control Digital Directo o DDC. El ordenador puede controlar un elevado número de lazos y variables temporales, además de ejecutar estrategias de control. Un teclado y un monitor acoplados directamente al ordenador proporcionan una *interface* del usuario (operador) con el proceso.

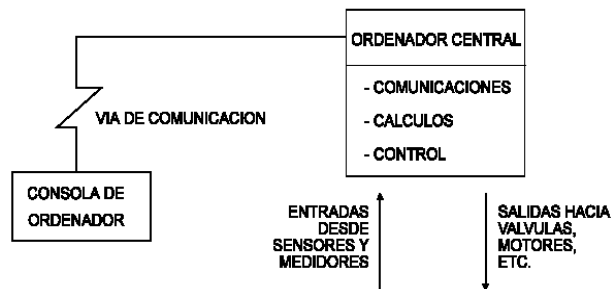


Fig. 1.11 Control centralizado por ordenador.

La introducción de un ordenador como elemento que lleva a cabo toda la supervisión, adquisición y análisis de datos, permite a los sistemas de control avanzar más allá del lazo de control del proceso; ahora pueden ejercer labores de administración, ya que el ordenador puede también recibir y procesar datos, calcular y presentar operaciones financieras que optimicen la estrategia de producción, y que junto a las consignas propuestas por el consejo de administración, establezcan los criterios básicos para dirigir la producción en el sentido adecuado.

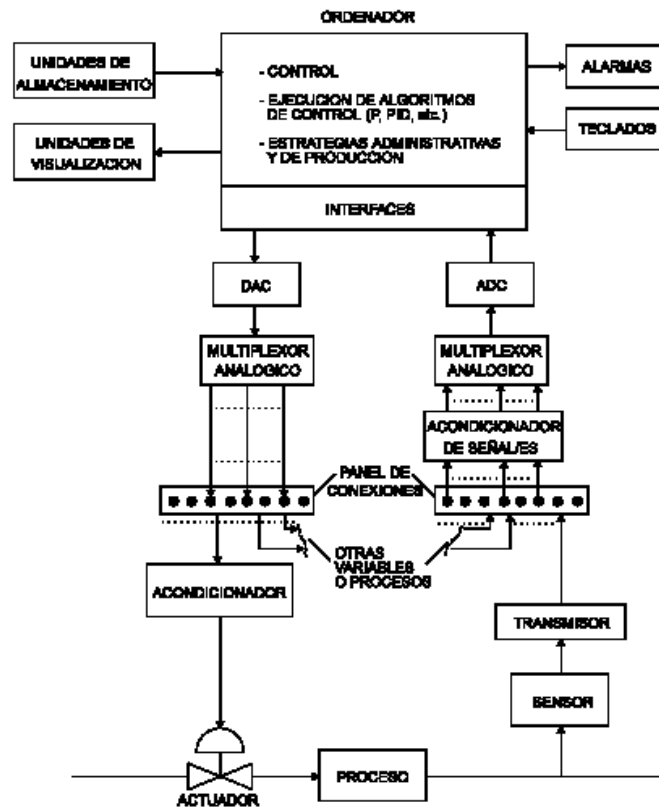


Fig. 1.12 Componentes de un Control Digital Directo (DDC).

Aunque el modelo DDC ofrece múltiples beneficios y significa un paso adelante muy importante en los sistemas de control, la “aglomeración de responsabilidades” que se produce alrededor de un solo elemento (ordenador) acarrea desventajas que habrán de tenerse en cuenta.

Un desglose de los componentes de un DDC es el mostrado en la figura 1.12, en la cual puede verse que no existe una estructura jerárquica sino que se trata de una configuración en estrella, en la cual el ordenador es el elemento principal y las “ramas” están constituidas principalmente por elementos de conexión y acondicionadores de señal.

El manejo de todas las comunicaciones y de las funciones de control para cada uno de los lazos del proceso, impone unas estrictas condiciones a la capacidad de procesamiento del ordenador, así como a su velocidad. Si lo anterior fuese poco, el ordenador central también deberá adquirir otros datos, visualizarlos en pantallas, ejecutar software que permita optimizar los esquemas y otras tareas más. Como consecuencia de todo ello el control centralizado mediante ordenador requiere un

equipo grande que ofrezca el compromiso entre respuesta en tiempo real (velocidad) y capacidad de almacenamiento (análisis off-line¹⁵).

Si el ordenador central falla, la totalidad del proceso se viene abajo, de ahí que los DDC tengan un ordenador redundante que opera simultáneamente (en paralelo) con el principal. De este modo, si el principal falla el secundario toma el control. El costo adicional de este segundo ordenador hace que el control centralizado sea excesivamente caro y no siempre sea la solución óptima en la automatización de procesos.

1.3.3.6 Control Supervisor

Para dotar a los sistemas con ordenador centralizado del nivel de seguridad adecuado y evitar que una “caída” de éste paralice todo el sistema, se empezaron a utilizar muchas veces *controladores analógicos* vinculados directamente al proceso, esto es, optimizados para la variable que debían controlar. Estos controladores son ahora los que realmente controlan el proceso, dejando al ordenador central la función de los cambios de puntos de consigna, es decir, el valor de referencia con el que se a de comparar la variable controlada para mantenerla siempre optimizada.

Esta combinación de actuaciones recibe el nombre de control supervisor o control de puntos de consigna (SPC, Set Point Control) y una estructura típica sería la ofrecida en la figura 1.13, en la cual puede observarse como es en la parte más próxima al proceso donde se materializa la principal diferencia con el DDC.

¹⁵ **análisis off-line:** Análisis posterior de los datos recopilados en un proceso.

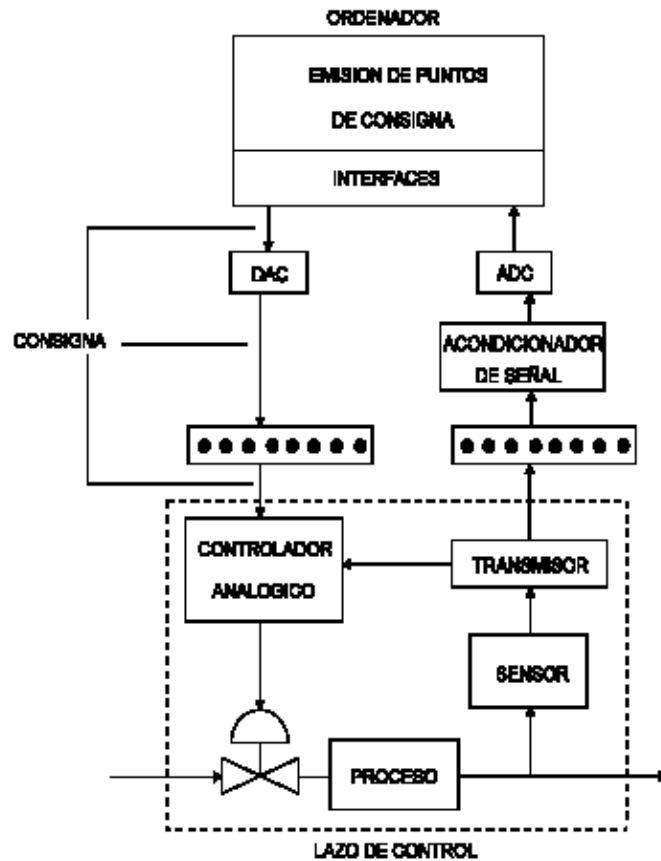


Fig. 1.13 Componentes de un Control de puntos de consigna (SPC).

El estado de la variable a controlar llega ahora tanto al ordenador como al controlador analógico, que además recibe la consigna adecuada en cada instante y que será calculada por el ordenador. Si se presenta cualquier avería (especialmente en el ordenador) el controlador regula la variable del proceso con respecto al último punto de consigna que recibió del ordenador central. Toda esta actuación local formaría el Lazo de Control, tal como se muestra en la figura 1.13, y proporciona un cierto grado de autonomía al proceso respecto del control centralizado.¹⁶

Aunque el SPC permite que el control básico del proceso continúe a pesar del posible fallo del ordenador central, sigue necesitando una ampliación del cableado y un software adicional en caso de querer ampliar el número de entradas y/o salidas.

1.3.4 Características Generales del Control Distribuido.

¹⁶ www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf

El control distribuido es el paso siguiente en la evolución de los sistemas de control que se han expuesto en el punto anterior. Así, en los sistemas centralizados, ya clásicos, su potencia de tratamiento se *concentra* en un único elemento (el ordenador central), mientras que en el control distribuido la potencia de tratamiento de la información se encuentra *repartida* en el espacio. Podríamos decir que los sistemas de control distribuido fueron desarrollados para proporcionar las ventajas del control por ordenador pero con más seguridad y flexibilidad.

En los años setenta, dentro de los esfuerzos de investigación dedicados a la resolución del problema del control electrónico de fábricas con gran número de lazos (variables), y teniendo en cuenta el estado de la técnica de los microprocesadores por un lado y la “fuerte inercia” de la industria a los cambios por otro, se llegó a las siguientes conclusiones generales:

a) Descartar el empleo de un único ordenador (control DDC) por el serio inconveniente de la seguridad y sustituirlo por varios controladores digitales capaces de controlar individualmente un cierto número de variables, para así “*distribuir*” el riesgo del control único.

b) Cada controlador digital debía ser “*universal*”, es decir, disponer de algoritmos de control seleccionables por software, que permitieran resolver todas las situaciones de control y dieran así versatilidad al sistema.

c) La velocidad en la adquisición de los datos y su salida hacia los actuadores debía ser en “*tiempo real*”, lo que obligaba a utilizar la tecnología más avanzada en microprocesadores.

d) Para comunicar entre si los transmisores electrónicos de campo (que suministran datos), los controladores y las *interfaces* para la comunicación con el operador de planta, se adoptó el empleo de una vía de comunicaciones, en forma de cable coaxial instalado en la planta, con un recorrido paralelo a los edificios y a la sala de control.

e) El panel clásico requerido por el control tradicional, se sustituirá por uno o varios monitores, en los cuales, el operador con la ayuda del teclado/puntero deberá examinar las variables de proceso, las características de control, las alarmas, etc., sin perturbar el control de la planta y con la opción de cambiar cualquiera de las características de control de las variables de proceso.

Como resultado de estos esfuerzos, el primer *Control Distribuido* para la industria apareció en noviembre de 1975, bajo el nombre de TDC 2000 y pertenecía a la casa Honeywell.

En esencia, la diferencia entre el control distribuido y el control clásico puede compararse a la existente entre una máquina cuya configuración se hace mediante el cambio de cables y otra donde cualquier modificación se hace por software. En este aspecto el *ordenador personal* es un elemento fundamental, tanto a nivel de planta como en escalafones superiores y permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de control, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

Asociando todas las ideas que se han expresado hasta ahora en este punto, podemos obtener una primera aproximación de lo que sería un esquema básico que vincule los diferentes elementos que forman un control distribuido. Tal esquema podría ser el mostrado en la figura 1.14 y cuya descripción de los componentes que lo forman pasamos a ver.¹⁷

¹⁷www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf

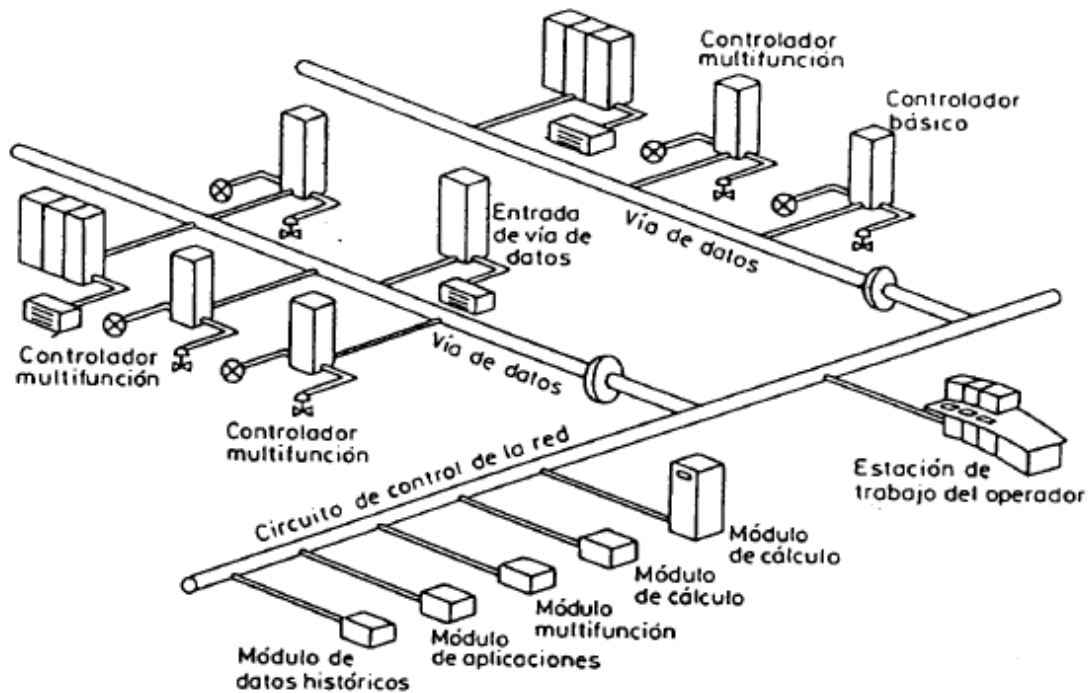


Fig. 1.14 Estructura y componentes de un control distribuido básico.

Controlador básico (Regulador digital)

Es un módulo estructurado en torno a un microprocesador que permite realizar controles PID (Proporcional-Integral-Derivativo) y otros algoritmos de control basados en sumas, multiplicaciones, divisiones, relaciones, raíces cuadradas, contadores, etc. Un controlador básico puede controlar varios lazos, es decir, puede estar “pendiente” de múltiples variables de forma simultánea y proporcionar un control sobre ellas.

Estos algoritmos pueden configurarse, y en caso de avería en las unidades de control superiores, el control que ejercerá el regulador digital será el correspondiente al último algoritmo configurado: tipo de control (directo, inverso, etc.), tipo de señal de entrada (lineal, exponencial, etc.), alarmas a generar, sensores a muestrear, etc.

La red de comunicación externa suministra los datos necesarios que definen el comportamiento del regulador. Estos datos externos junto a los propios del proceso se optimizan, obteniéndose los parámetros que se introducen en el algoritmo de regulación y que unidos a la consigna (referencia), permitirán enviar al proceso la actualización correspondiente.

Normalmente la optimización suele ser un acondicionamiento de señal más o menos complejo: ADC/DAC, conversión V/F¹⁸, variación de nivel, comparación, etc.

En la figura 1.15 podemos observar el diagrama de bloques que define la estructura interna de un regulador digital y nos muestra su modo de funcionamiento.

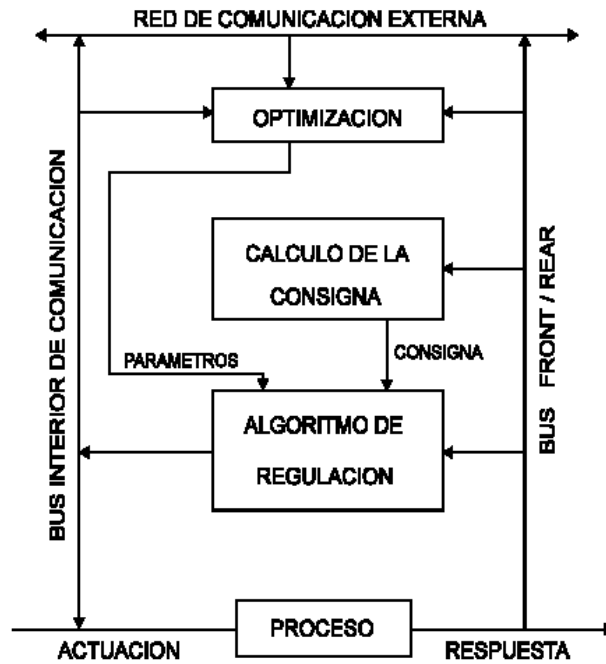


Fig. 1.15 Diagrama de bloques de un regulador digital o controlador básico.

Controlador multifunción

Utiliza en su programación un lenguaje de alto nivel y permite controlar procesos complejos en los que el regulador digital básico no puede:

* Control de procesos por lotes o discontinuos (batch). Un ejemplo puede ser una cadena de dosificación en la que no se fabrica siempre el mismo producto y hay que estar variando la consigna de los dosificadores de acuerdo al producto o receta que se esté fabricando en el momento.

¹⁸ Conversión V/F: Conversión voltaje/frecuencia

* Control en tiempo real. La complejidad de las ecuaciones y la dinámica del proceso no pueden ser encomendadas a un controlador básico.

El controlador multifunción suele estar constituido por un equipo basado en un ordenador personal con elevada capacidad operativa y de comunicación.

Estación de trabajo del operador: Proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos se realiza mediante programas de operación. De este modo:

a) El operador de proceso ve en la pantalla/s un gráfico/s del proceso (o parte de él) que le interesa, y puede manipular las variables deseadas, las alarmas, las curvas de tendencia, etc. Puede archivar datos históricos de la planta que crea interesantes, obtener copias en impresora de las tendencias o de los estados de alarma, etc.

b) El ingeniero de proceso puede editar los programas de control del proceso, construir las representaciones en pantalla de partes del proceso, etc. Tendrá un acceso al proceso mucho más “crítico” que el operador y su actuación será más puntual que la de éste.

c) El técnico de mantenimiento se dedicará desde la estación de trabajo, fundamentalmente, a diagnosticar y resolver problemas en los elementos de control distribuido de la planta.

Todos los componentes del control distribuido están perfectamente comunicados entre ellos, siendo ésta la clave para conseguir una elevada eficiencia global. El sistema es redundante y limita las consecuencias de un fallo, manteniendo el control del sistema y mejorando la fiabilidad.

1.3.5 Secciones y Niveles que forman un Control Distribuido.

En la figura 1.16 se muestra la relación existente entre los diferentes niveles de un DCS, sobre los cuales sería interesante hacer la siguiente precisión: en su definición original (clásica) eran los niveles 1, 2 y 3 los que realmente formaban el DCS, estando el

restante (4) más vinculado al sistema de gestión de la empresa. Sin embargo, hoy en día, cuando se habla de control distribuido se está haciendo referencia a la totalidad de la figura 1.16, de ahí que se tienda a utilizar cada vez más el nombre de *sistemas de información total*.¹⁹

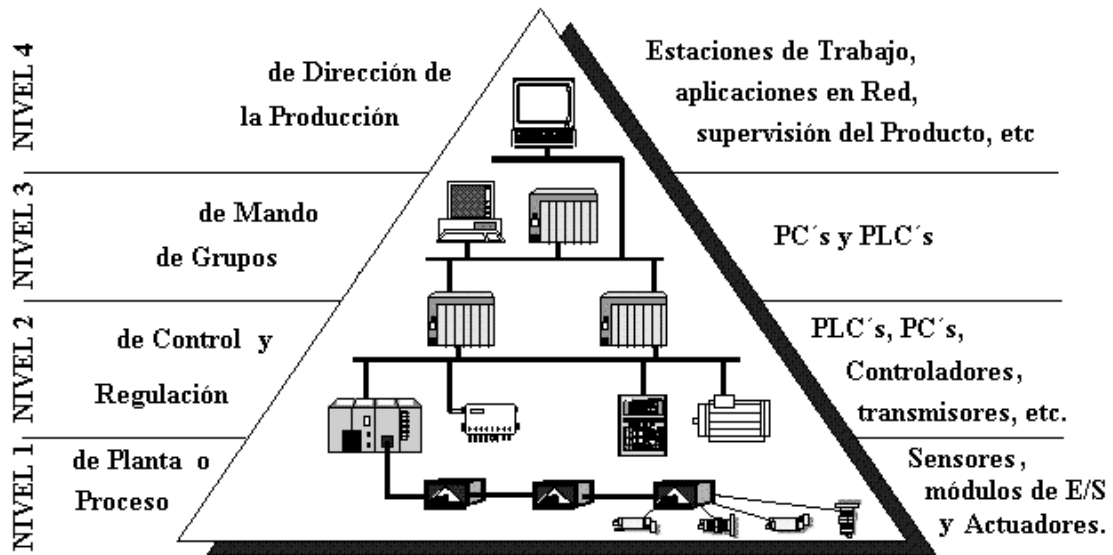


Fig. 1.16 Niveles, conexiones y elementos que intervienen en un sistema de control distribuido (DCS).

A diferencia de un sistema centralizado, sólo el NIVEL 1 debe estar conectado a las entradas y salidas del proceso. Un bus de datos sirve para la comunicación entre los controladores y la *interface* del operador. Esta distribución física en varios niveles de control puede reducir significativamente el coste del cableado y las modificaciones y mantenimiento pueden llevarse a cabo sin interrumpir el proceso.

Inclusive, los DCS son fácilmente ampliables. Cualquier dispositivo que haya de añadirse se comunica con otros dispositivos ya instalados en el mismo lugar. Esta modularidad proporciona una significativa mejora de costes durante todas las fases de un plan de automatización.

1.3.5.1 Elementos que participan en cada Nivel

¹⁹ www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf

NIVEL 1: Este nivel es el denominado *de planta o proceso* y es el que físicamente se encuentra en contacto con el entorno a controlar, tal como su nombre indica.

Para maximizar los beneficios de un DCS, en este nivel se utilizan sensores, actuadores y módulos de E/S de los denominados “inteligentes” y que generalmente están basados en microprocesadores (regulación digital). Este tipo de elementos son muy flexibles, permitiendo modificar tanto el control como los cambios requeridos en el proceso, además de ofrecer una fácil ampliación en caso necesario. Inclusive, los módulos de E/S pueden manejar varios lazos de control, ejecutar algoritmos específicos, proporcionar alarmas, llevar a cabo secuencias lógicas y algunos cálculos y estrategias de control altamente interactivas.

La coordinación de todos estos elementos se hace, bien mediante un bus de campo, bien mediante un bus de dispositivos. La conexión de los actuadores y sensores al resto del DCS se hará directamente al bus de comunicación o a los módulos de E/S, dependiendo de las posibilidades de comunicación que posean. A su vez, los módulos de E/S pueden ser unidades de pequeños autómatas, siendo estos los que integrarán las comunicaciones necesarias.

NIVEL 2: Suele denominarse generalmente de *control y regulación*. En este nivel se encuentra la *interface* de operaciones de cada uno de los procesos controlados.

La *interfase* de operaciones o consola será una estación tipo ordenador personal, ya que constará de teclado, unidad de visualización y puntero. Esta *interface* permite al operador observar el estado del proceso y programar los elementos vinculados a él, individualmente si ello es necesario. Los autómatas (PLC's) ubicados en este nivel suelen ser de prestaciones más elevadas, dotados de módulos de comunicaciones industriales (buses de campo), además de sus funcionalidades características. Por otro lado, los ordenadores irán equipados con tarjetas a modo de *interface*, que permitirán la relación adecuada con el entorno. Ambos equipos “extraen” los datos más significativos del nivel inferior mediante los puentes de comunicaciones adecuados (*gateway* o *bridge*) y los ponen a disposición de la *interface* de operaciones.

La *interfase* de operaciones permite al operador ver datos del proceso en cualquier formato. Los formatos pueden incluir una visión global del estado del proceso, representaciones gráficas de los elementos o equipos de proceso, tendencias de las variables, estado de alarmas y cualquier otro tipo de información. El operador usa el teclado/puntero para dirigir los controladores, requerir información del proceso, ejecutar estrategias de control y generar informes de operación. Esta *interface* se ubica físicamente cerca del proceso o procesos controlados.

En este segundo nivel nos encontramos con las celdas o células, vinculadas a los diferentes procesos (cada una a uno, normalmente) y en ellas se pueden producir los primeros descartes de productos a raíz de las anomalías detectadas.

NIVEL 3: Este nivel es el conocido como de *mando de grupos* y en él se sitúa la denominada en su día “*interface del ingeniero*” y que hoy en día suele conocerse como “*interface para el control de la línea de producción*”.

Para mejorar la productividad, una “*interface de ingeniero*” deberá ser fácil de usar, rápida y eficiente. Menús de operaciones y bases de datos ayudan a mejorar el uso y la productividad. De ahí que en este nivel se incluyan, sobre todo, ordenadores con software muy específico.

En el NIVEL 3 de un sistema de control distribuido se produce la primera centralización, entendiéndose por ello la concentración masiva de información, gracias a lo cual se pueden planificar estrategias sofisticadas en lo que a la producción industrial se refiere. Así, en este nivel se deciden aspectos productivos tan importantes como entrada y salida de materiales, es decir, la logística de aprovisionamiento.

NIVEL 4: Es el nivel de *dirección de la producción*. En este nivel se define la estrategia de la producción en relación con el análisis de las necesidades del mercado y se formulan previsiones de producción a largo plazo. Sobre estas previsiones, se planifica la producción en el NIVEL 3.

En este cuarto nivel se utilizan estaciones de trabajo, que permiten simular estrategias de producción e intercambiar datos con otros departamentos vinculados (diseño, I+D, etc.), además de establecer posibles cambios en ingenierías de los procesos.

Es un nivel con enfoques más mercantiles y los ordenadores en este nivel están especializados en gestión y almacenamiento de datos, además de estar vinculados mediante la red de comunicación correspondiente a sus respectivas aplicaciones.

1.3.5.2 Comunicación entre los diferentes Niveles

Los sistemas de control distribuido (DCS) dependen de la comunicación entre los diferentes equipos y dispositivos, situados en muchos casos en varios niveles de control.

Cualquier nivel debe ser capaz de interrogar y dirigir dispositivos de niveles inferiores y comunicarse eficazmente con dispositivos situados al mismo o superior nivel. Con todo ello, lo que se pretende es dar la “*sensación*” de que todos los componentes de un DCS están conectados sobre una única vía de comunicación (figura 1.17), aunque en la realidad se haga uso de *gateways* que comunican los distintos niveles y elementos.

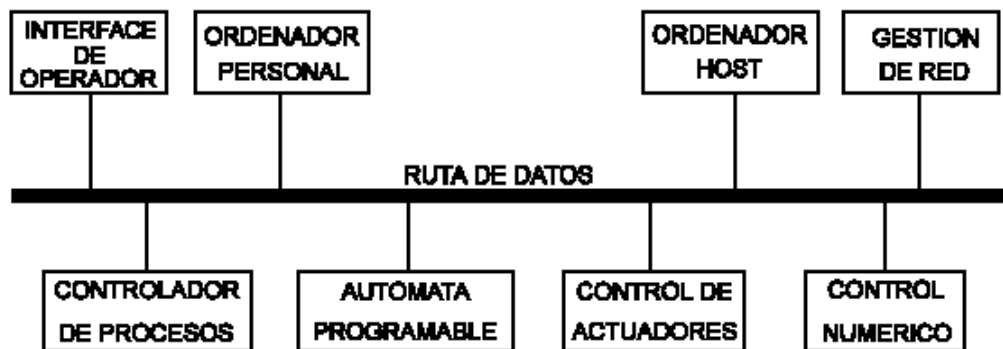


Fig. 1.17 El DCS debe aparecer como un conjunto de elementos perfectamente comunicados.

Un sistema de control distribuido no tiene por qué constar siempre de la estructura de cuatro niveles comentada anteriormente, ya que su complejidad dependerá, esencialmente, de los procesos a controlar y de la complejidad de estos. El utilizar una o varias rutas de datos (redes de comunicación industrial) va a estar condicionado por los aspectos comentados anteriormente y cuestiones tan obvias como la antigüedad de los

equipos que deben coexistir, ámbito de cobertura del DCS, grado de automatización de la planta, etc.

1.3.5.3 Redes de Área Local en Aplicaciones Industriales

En cualquier sistema de automatización de la producción es imprescindible un intercambio de datos. En muchos casos, dicha comunicación es preciso realizarla siempre entre componentes de automatización con más o menos años a sus espaldas, y en la mayoría de los casos de diferentes fabricantes.

La tendencia actual se encamina hacia una integración de la automatización de forma que, en ningún momento, los equipos que la componen sean considerados como *islas de automatización*, sino que estén dotados de un poder de comunicación que revierta en la posibilidad de realizar análisis estadísticos de producción, horas de funcionamiento de cada una de las máquinas, realización de mantenimientos preventivos, etc. Dicho de otra forma, hoy en día ya no se concibe un automatismo, por pequeño que sea, que no tenga como elemento adicional un PC o una pequeña pantalla en la cual se puedan visualizar los datos antes mencionados.

Las LAN (Local Area Network) industriales intentan que la comunicación entre todos los niveles sea completa, es decir, que *los puntos más altos puedan saber en todo momento qué es lo que se está realizando en los puntos más bajos y, en caso necesario, poder dar ordenes hacia ellos*, al ser posible sin la intervención de los “gateways”, en lo cual cada vez se avanza más. Para ello es necesaria una red única que recorra todos los niveles implicados.

En la figura 1.18 se muestra la solución aportada en éste sentido por la firma alemana Siemens mediante su red Ethernet TCP/IP desarrollada para facilitar la interconexión tanto de equipos propios como de otros fabricantes dentro de los niveles superiores de un DCS.

Aunque importante, la solución para las comunicaciones de Siemens no es la única, existiendo otras que, aunque más localizadas, están funcionando en plantas con mucha entidad, tanto desde el punto de vista productivo como tecnológico, por lo que tienen su sitio propio en las comunicaciones industriales.

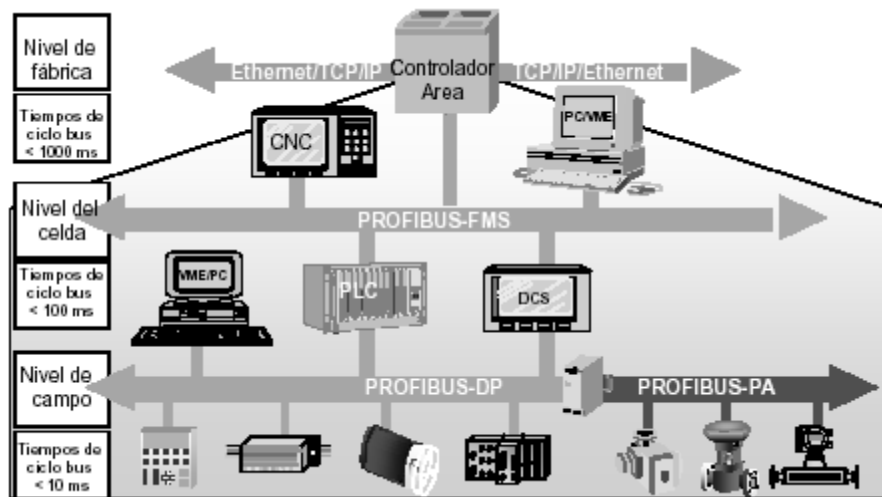


Fig. 1.18 Estructura de comunicaciones entre los niveles de un DCS propuesta por SIEMENS.

1.3.5.4 Bus de campo: definición y características generales

El bus de campo (*fieldbus*, en inglés) es la suma de un protocolo y una tecnología de comunicación cuyo resultado es una red industrial de carácter digital y que transporta información, generalmente, en banda base. El protocolo, la corta longitud de los datos y la velocidad de transmisión que alcanza (1 Mbit/s), le hace ideal para comunicar dispositivos y equipos de campo en *tiempo real*. Así, inicialmente era utilizado como medio de comunicación entre sensores, actuadores, controladores digitales básicos y autómatas de clase baja; pero debido a la mejora en la velocidad de transmisión y la ínfima tasa de errores, el bus de campo ha pasado a ser considerado como una *red local en los entornos de planta*, por lo que suele verse haciendo funciones que antes correspondían exclusivamente a las LAN (Local Area Network).

Dando por hecho que un bus de campo aporta a las comunicaciones industriales todo lo anteriormente citado, se le debe exigir, además:

- *Interconectividad*: equipos de diferentes fabricantes pueden ser conectados físicamente a un mismo bus.

- *Interoperabilidad*: posibilidad de intercambiar con éxito información entre equipos de diferentes suministradores.

- *Intercambiabilidad*: equipos de cualquier procedencia pueden ser reemplazados por equipos funcionalmente equivalentes de otras procedencias.

1.3.6 Software de uso en Sistemas DCS: SCADA

El conjunto de programas que se implementan en uno o varios ordenadores para la supervisión de procesos y control de la producción se denomina software SCADA, siglas correspondientes a *Supervisory Control And Data Acquisition*.²⁰

En todo caso, el software SCADA deberá tener acceso a lo que ocurre en el sistema de control, mediante mecanismos de comunicación adecuados con controladores industriales, reguladores básicos, autómatas programables o SAD (Sistemas de Adquisición de Datos).

En procesos de poca variación en el tiempo, o de carácter autónomo, sin interdependencias con otros procesos anteriores o posteriores, la automatización se cumple programando sobre los controladores locales de planta las secuencias de control deseadas y cerrando los lazos de regulación necesarios para mantener los valores de variables en los rangos fijados por las consignas. Desgraciadamente, la mayor parte de los procesos que hoy en día se desean controlar no cumplen las anteriores condiciones, sino más bien las contrarias: han de ser flexibles, para adaptarse rápida y fácilmente a las demandas, y están firmemente interrelacionados entre sí, por exigencias de factores diversos, como la coordinación de las acciones o la secuencialidad de ciertas operaciones. Además factores hasta hace poco ajenos al control de una planta, se han de tener necesariamente en cuenta hoy en día: gestión de la calidad, gestión del medio ambiente, etc.

²⁰ www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf

Estas necesidades obligan a disponer de sistemas automatizados de control con un alto grado de complejidad y autonomía de funcionamiento, y funciones adicionales a las básicas de ejecución de tareas y monitorización del proceso. Aspectos como la toma automatizada de decisiones, la gestión de los menús, la generación de históricos, gestión de alarmas, etc., así como los referentes al control de calidad y mantenimiento, quedan cubiertos en los niveles de control y supervisión del modelo jerárquico de automatización (pirámide).

La *interfase* entre usuario y planta basada en paneles de control repletos de indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores e interruptores, cableados de forma rígida y con elevados costes de instalación y mantenimiento, que cubrían tradicionalmente estas necesidades, están siendo sustituidos por sistemas digitales que utilizan la informática industrial para implementar el panel sobre la pantalla de un ordenador. Con una supervisión inteligente que permite al operario interactuar con el proceso de forma dinámica, apoyándose en factores como la capacidad de almacenamiento y proceso del ordenador y su facilidad de comunicación con los controladores de planta, el operador conoce inmediatamente cualquier variación significativa del proceso mientras observa su evolución a lo largo del tiempo y sus probables tendencias.

El ordenador u ordenadores se apoyan en la estructura de dispositivos locales, uniéndose a ellos mediante líneas de interconexión digital (buses de campo, redes locales) por donde recoge información sobre la evolución del proceso y envía las ordenes o comandos para el gobierno del mismo: arranque, parada, cambios de parámetros, etc. Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que necesiten, formarán parte del paquete SCADA.

Los beneficios que conllevan los sistemas SCADA son muchos, pero comienzan con el hecho de utilizar ordenadores personales para interactuar con el operador a través de avanzadas *interfaces* de usuario. Con ello se permite aumentar la flexibilidad de funcionamiento y reducir el coste global frente a la opción tradicional de paneles de control con sinópticos del proceso y consolas de operador. Este tipo de sistemas ofrece

un amplio abanico de posibilidades de utilización en entornos diferentes. Sin embargo, se pueden citar como algunos campos de frecuente utilización, los siguientes:

- Industrias de proceso continuo: químicas, petroquímicas, cementeras, alimentación, etc.
- Producción y distribución de energía eléctrica.
- Redes de tratamiento, distribución, suministro y depuración de aguas.
- Control de oleoductos y gaseoductos.
- Control de centrales nucleares.
- Gestión de edificios inteligentes.
- Sistemas de control de tráfico.
- Industria manufacturera.

Hoy en día, los paquetes SCADA están en disposición de ofrecer unas prestaciones verdaderamente interesantes, entre las cuales pueden encontrarse:

- Elevado grado de configuración por parte de los usuarios.
- Utilización de sistemas operativos muy estables y multiusuario.
- Funcionamiento distribuido en red, lo que permite el reparto de funciones a lo largo de diferentes ordenadores de proceso, así como una mayor disponibilidad, redundancia, fiabilidad, tolerancia a fallos, etc.
- Sistemas gráficos que permiten el control, diseño y desarrollo de menús de ventanas, gráficos, creación de paneles de alarma, etc.

- Posibilidad de ver las tendencias que han seguido determinadas variables (históricos), así como la incorporación de funciones SPC (Control Estadístico de Procesos).

- Incorporan módulos propios o permiten la conexión con otras aplicaciones para: diagnóstico de fallos en instalaciones mediante sistemas expertos, supervisión inteligente de procesos, tratamiento de datos (hojas de cálculo y bases de datos), creación de informes (*reports*), generación y lanzamiento de recetas (*recipes*), gestión de avisos y elaboración de documentación.

Para tener una idea global de la vinculación entre el software SCADA y el resto de elementos de software y hardware implicados en una estructura de control distribuido, podemos basarnos en una estructura en que cualquiera de los equipos, con la función asociada, estará ejecutando su software correspondiente. Si se trata de un ordenador, el software será un módulo, más o menos complejo, que forma parte del paquete SCADA.

En un paquete SCADA podemos distinguir los siguientes elementos:

- **Base de Datos integrada:** es el núcleo donde se depositan los datos generados por todo el sistema, tanto los procesados por el principal ordenador SCADA como por el software de aplicación. Es el vínculo entre los elementos que necesitan y los que generan datos, de ahí que no pertenezca completamente a alguno de los niveles, ejerciendo más de un vínculo entre estos.

- **Adquisición de Datos:** desde este módulo el ordenador/software SCADA recopila, interpreta y presenta todos aquellos datos que son importantes para una supervisión y control de la evolución del proceso. Este módulo de adquisición podrá ser un dispositivo, una red de datos (bus de campo) o una combinación de ambos, dependiendo de la complejidad del sistema.

- **Interface hombre-máquina (HMI):** en este módulo se puede producir un primer nivel de supervisión y control, es decir, la *interface* hombre-máquina puede ser un ordenador personal ejecutando un software SCADA de menores prestaciones que el principal. Este módulo comunicará al SCADA principal las posibles actuaciones que efectúe sobre el proceso.

Por lo que respecta al ordenador situado en el nivel superior, ejecutará principalmente un software de aplicación, directamente vinculado a los planteamientos estratégicos del control.

Dicho software recibirá por un lado los datos que dirijan al sistema hacia unos objetivos claros, y por otro, los datos reales y las contingencias que se generan en la planta. Con todos estos datos, el software de aplicación simulará la tendencia del proceso controlado, en aspectos fundamentales para la producción.

En general un sistema SCADA debe cubrir las funciones que las siglas de su nombre definen:

- Adquisición de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida.

- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables del proceso.

- Control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Los módulos, funciones o bloques de software que permiten estas actividades, se citan a continuación.

Configuración

Esta función propia de cualquier software, adquiere especial importancia durante la primera vez que se instala el SCADA, ya que, aunque una vez que el SCADA “toma” el control de la planta su configuración sigue siendo accesible, es en un primer momento cuando la inclusión de parámetros, vinculación de sistemas, relación de variables y demás aspectos, tienen una mayor trascendencia para su operatividad final. Así, durante la configuración inicial de un SCADA se llevan a cabo acciones tan importantes como:

Definición de pantallas gráficas y de texto que se van a utilizar, protecciones, niveles de acceso, claves (tanto para el usuario como para el proceso controlado), instalación de *drivers* de comunicación (que permitirán el enlace con los elementos de campo, bien a través de bus de campo, bien mediante una tarjeta de adquisición de datos, y con otros ordenadores de proceso mediante el protocolo adecuado, definición de etiquetas (*tag*).

Interfase gráfica de operador

La *interfase* gráfica del sistema SCADA a de proporcionar al operador las funciones propias del control supervisor de la planta, mediante una ventana abierta a la misma desde el teclado-ratón-monitor del ordenador.

Los datos reflejados en esta *interface* gráfica mostrarán la evolución del proceso y habrán sido recolectados mediante la comunicación establecida con los controladores de regulación básicos, autómatas programables o sistemas de control distribuido (DCS), en general.

El proceso a supervisar, aparecerá en la pantalla como un conjunto de gráficos que representan sinópticos completos de la planta (o parte de ella), que se está controlando.

Tratamiento de alarmas

Para cada variable que contemple el sistema SCADA, se pueden definir situaciones que den lugar a alarmas (determinados estados de señales digitales, rangos de valores de señales analógicas) y de qué tipo son. Las alarmas llevan asignadas una prioridad en función de la mayor o menor gravedad de la situación.

El sistema SCADA puede mantener una lista general de alarmas, con sus características (día, hora, duración, etc.) y utilizando diferentes colores para que sean fácilmente

identificables por el operador. Las características básicas que definen una alarma, *una vez que se ha producido*, son:

- Reconocimiento, o no, por parte del operador.
- Vigencia de las condiciones que la originaron.

Además, se suele mantener una lista de alarmas activas en el sistema, es decir, aquellas que existen todavía porque se mantienen aún las condiciones del proceso que provocaron dicha situación anómala.

Cuando el sistema SCADA detecta una situación de alarma, tratará de llamar la atención sobre el operador y gestionará el proceso que éste debe seguir en cada caso (modo guía-operador).

Módulo de proceso

Será el encargado de ejecutar las acciones de mando programadas en la estrategia de control del proceso, a partir de los valores instantáneos de variables leídas.

Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, principalmente autómatas y reguladores digitales, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión: gestión global del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc.

El programa de mando incluido en el módulo de proceso, relaciona las variables que el SCADA a de tener en cuenta para llevar a cabo las siguientes funciones: maniobras o secuencias de acciones de mando, acciones de mando automáticas y previamente programadas, animación de los gráficos dinámicos, asociando forma, color, tamaño, cadencia, etc., al valor actual de la variable, guía en los procesos de arranque o parada de la instalación, gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción en procesos *batch* (consignas de tiempo, de conteo, estados de variables, etc.).

Gestión y archivo de datos

Este módulo del paquete SCADA se encarga del almacenamiento, procesado y gestión eficaz y ordenada de los datos que el sistema debe disponer, así como de los que genera.

Estos datos, cuya importancia es fundamental en la estructura global del sistema, deben poseer los formatos adecuados para que sean reconocidos por los equipos implicados, dándole a todo la coherencia necesaria.

Comunicaciones

En los sistemas SCADA, las comunicaciones desempeñan una función de primera importancia, ya que se encargan de soportar la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware sobre la que se apoya el SCADA. Este módulo debe cumplir con varios cometidos, destacando entre ellos:

- La unión mediante redes de comunicaciones de los diferentes ordenadores de proceso, logrando así un funcionamiento distribuido en red del sistema SCADA.
- La conexión entre el SCADA y los equipos de control de planta, resuelta por diversos medios: lazos de corriente, líneas RS-232, RS-422, RS-485, fibra óptica, línea telefónica, etc.
- La unión con elementos auxiliares de comunicación (gateway, router, bridge) para permitir el flujo de datos entre redes diferentes.

El intercambio de datos con los dispositivos de control de planta se realiza en este módulo, que está explícitamente encargado de inicializar las comunicaciones con los equipos, tomar datos de ellos e introducirlos en la base de datos y enviar órdenes a dichos equipos a petición de otros módulos.

El conjunto de funciones y equipos que ha de conectar este módulo, hace necesario que cuente con un amplio número de drivers de conexión para múltiples equipos, que se irán

instalando según el lugar y misión que ocupe cada uno de los equipos (normalmente ordenadores) que dan soporte al SCADA.²¹

²¹ www.monografias.com/trabajos-pdf/sistemas-de-control-distribuido/sistemas-de-control-distribuido.pdf

1.4 PLC ALLEN-BRADLEY DE LA FAMILIA SLC-500.

1.4.1 Introducción.

1.4.1.1 Sistemas de Control Digital.

Un sistema de control donde el controlador es un computador digital es conocido como *sistema de control digital*. El computador digital es un elemento electrónico, que utiliza señales digitales en su funcionamiento.²²

Un *sistema de control digital* se divide en las siguientes partes:

Proceso: Es la parte del sistema que realiza la tarea requerida con el fin de obtener un servicio o producto. También conocido como *planta*, posee parámetros físicos manipulables sobre los que se aplica control con el fin de que la tarea o producto cumpla con las *especificaciones de diseño*. El proceso puede estar constituido por motores, circuitos electrónicos, o partes mecánicas.

Controlador digital: Es un equipo electrónico digital que obtiene información del proceso, por medio de sus entradas, para luego aplicarle el *algoritmo de control*. Los resultados son aplicados a la planta, a través de sus salidas. Las señales que maneja son eléctricas y codificadas en el sistema de numeración binario.

Elementos de medición y transmisión: Son dispositivos que sirven para medir variables físicas de cualquier índole y transformarlas en señales eléctricas, que son realimentadas al controlador digital.

²² www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf

Muestreador: Es el elemento que transforma las señales eléctricas analógicas en señales muestreadas moduladas en amplitud. Para una mejor comprensión se supondrá que los muestreadores son ideales, representados por interruptores que se abren y cierran con un periodo T . Todos los interruptores en los diagramas de bloques están sincronizados.

Retenedor: Dispositivo que transforma las señales muestreadas en señales cuantizadas.

Actuador: El actuador recibe las señales eléctricas que provienen del controlador y realiza una acción directa sobre el parámetro manipulable de la planta. Recuérdese que este parámetro manipulable debe tener un efecto final sobre la variable física que se está controlando.

La figura 1.19 muestra un ejemplo de un sistema de control digital. En este caso, se trata del control del nivel de fluido en un tanque.

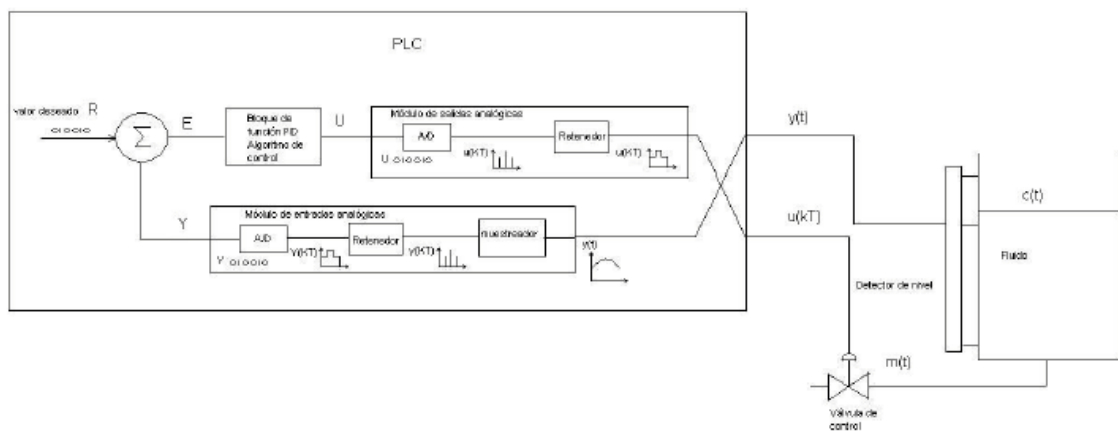


Fig. 1.19 Sistema de control digital.

El actuador es una electroválvula que deja escapar el fluido de la base del tanque. El controlador digital es un PLC, que obtiene el valor del nivel presente de un sensor transmisor.

Las señales que se pueden identificar en el sistema son:

Valor deseado ó consigna R. Es el valor de meta para la *variable controlada*. Esta señal puede ser transmitida al PLC por medio de una entrada analógica, ó por medio de una PC.

Error. E: Señal de error, que es igual a la *señal de consigna* menos la *señal realimentada*. Es una señal digital.

Salida del controlador U: es el resultado de la aplicación de la ley de control sobre el error. Es una señal digital.

Salida del PLC u (k*T): es la señal presente en los bornes de salida del PLC. Es una señal analógica que comanda el actuador.

Variable manipulada m(t): es el parámetro físico de la planta sobre el que se puede actuar para obtener un cambio en la *variable controlada*.

Variable controlada c(t): es la variable de la planta que se controla directamente. En la figura 1.19, esta variable sería el nivel del fluido en el tanque. La magnitud de la *variable controlada* es representada por una señal eléctrica llamada *señal realimentada*. El controlador recibe la información de la *variable controlada* por medio de ella.

Señal realimentada y(t): Es la señal que se obtiene del sensor transmisor. Es una señal eléctrica analógica.

A continuación se explicarán cada uno de los elementos del PLC que intervienen en el diagrama de la figura 1.19.

Entradas del PLC: Es un circuito electrónico, parte del PLC, que realiza las acciones de muestreador y retenedor. Este circuito recibe una señal analógica de entrada y la transforma en una señal cuantizada.

Convertidor analógico/digital A/D: Un convertidor analógico/digital es un codificador que convierte una señal analógica de entrada en un código numérico, generalmente binario. Este tipo de señales son las que el controlador digital puede manipular. Dicha

conversión es realizada con un grado de incertidumbre que depende de las características del convertidor.

Convertidor digital/analógico D/A: Es un decodificador que transforma la señal digital de salida del *algoritmo de control* en una señal tipo cuantizada.

El lazo de control funciona así: la *señal realimentada* es primero transformada a una señal digital que es realimentada y restada a la señal de *valor deseado*. La diferencia es procesada por el PLC al aplicarle el *algoritmo de control*. El resultado es una señal digital que se transforma en analógica mediante el convertidor D/A, para luego ser aplicada al actuador.

Finalmente el actuador varía la *variable manipulada* para obtener el resultado en la *variable controlada*.

1.4.1.2 Controladores lógicos programables PLC.

Los controladores lógicos programables son computadores digitales industriales dedicados a las tareas de control de procesos. Dichos dispositivos fueron creados para mejorar el sistema de control convencional mediante contactores. Entre los problemas que presentaban los sistemas de control convencional están: poca flexibilidad, difícil supervisión y corrección de errores, poca confiabilidad y alto consumo de energía. Las razones de estos problemas radican en que los sistemas convencionales implementan la lógica de control mediante cableados complicados y múltiples elementos discretos como temporizadores, contactores, interruptores, enclaves mecánicos y botoneras, todos los cuales están sujetos a fallo. Además, el hecho de que la lógica esté implementada por cableados hace difícil su modificación.

Como respuesta, surgió la idea de tener un único elemento programable que realizara la lógica de control. Entonces, bastará con programar dicha lógica en la memoria del dispositivo para obtener el mismo resultado que con la intrincada red de contactores que se tenía previamente.

El dispositivo fue llamado controlador lógico programable PLC, nombre que resalta su característica más importante: el hecho de que es programable. Esta cualidad permite que el equipo pueda ser utilizado en una gran diversidad de procesos, ofreciendo a la industria flexibilidad y adaptabilidad a los cambios.²³

1.4.1.2.1 Componentes básicos de los PLC.

1.- Unidad central de proceso: ó CPU por sus siglas en inglés (Central Processing Unit). Es el elemento principal de procesamiento del PLC. Una vez digitalizadas, las señales de entrada son pasadas al CPU, el cual les aplica el *algoritmo de control* para generar las salidas. El *algoritmo de control* está almacenado en la memoria interna del PLC en forma de un *programa*, el cual es creado y almacenado por el usuario. Además de ejecutar el *programa*, el CPU realiza acciones como verificación del sistema, actualización de las imágenes de entrada y salida y la medición del tiempo de ejecución del *programa*.

2.- Memoria del PLC: Es el lugar físico donde residen el sistema operativo, el *programa*, los datos de ejecución y las imágenes de entrada y salida. El sistema operativo es un programa que utiliza el PLC para iniciar su operación y realizar las configuraciones propias de su funcionamiento.

La memoria del PLC se clasifica en diferentes clases dependiendo de su modo de acceso y volatilidad.

a) EEPROM: Es una memoria de sólo lectura que puede ser escrita por medios electrónicos. No necesita de una fuente de poder para mantener sus datos. Por su característica no volátil, se utiliza para guardar datos esenciales, tal como el sistema operativo y el *programa*.

b) RAM: Es una memoria reescribible de acceso aleatorio que se utiliza para guardar los datos generados mientras se ejecuta el programa. Es volátil, por lo que los datos almacenados se pierden si se le suspende la alimentación.

²³ www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf

3.- Entradas: Constituyen la etapa de entrada del PLC. Desde la parte externa del PLC lucen como una bornera donde se deben colocar los cables con las señales que provienen de los transductores, pero internamente están conformadas por circuitos electrónicos que acoplan esas señales a las especificaciones de señales que el PLC puede manipular.

Según la naturaleza de la señal que se recibe de los transductores, las entradas se clasifican en:

a) **Entradas digitales:** Estas entradas se diseñan para recibir señales cuantizadas de los sensores de campo. Dichas señales varían sólo entre dos estados. El PLC codifica estas señales según su amplitud en: 1 lógico para el valor de amplitud mayor, y 0 lógico para el nivel de amplitud menor. Los niveles de amplitud que el PLC entenderá son definidos por el fabricante. Este tipo de señales generalmente provienen de transductores como: interruptores, botoneras, sensores de fin de carrera, etc.

b) **Entradas analógicas:** Son las que reciben señales analógicas de los transductores de campo. Estas señales generalmente provienen de sensores que miden el valor instantáneo de una variable física. Ejemplos de este tipo de señales son: la salida de un tacómetro, de un fotosensor o de un sensor de nivel. El valor de la señal analógica se transforma en una señal digital de tal forma que el procesador la pueda manipular. Un aspecto importante de esta transformación es la resolución con que se realiza en el interior del PLC. Por resolución se entenderá la cantidad de valores cuantizados disponibles para representar una señal analógica.

Por ejemplo, si se tiene sólo dos valores cuantizados para representar una señal que varía de 0 a 5 V, se dice que se tiene una resolución de dos. La resolución depende de las características de la entrada. La cantidad de valores cuantizados es igual a 2^n , con **n** el número de bits del registro donde se almacena la variable digital que resulta de la transformación. Generalmente, en los controladores más sofisticados, se asocia un registro de 16 bits a cada una de las entradas analógicas, con lo que se tiene una resolución de 65536.

Según el tipo de señal eléctrica que reciban, las entradas también se clasifican en: de corriente y de voltaje. A las entradas está asignado un espacio de memoria del PLC llamado *imagen de entradas*, el cual contiene la información de todas las entradas en todo momento.

4.- Salidas: Internamente son circuitos electrónicos que realizan el acople entre las señales digitales utilizadas por el PLC y las señales analógicas o cuantizadas que utilizan los actuadores. Externamente lucen como una bornera donde se realizan las conexiones entre el PLC y los actuadores.

Las salidas se clasifican, al igual que en el caso de las entradas, en digitales y analógicas. Las salidas digitales se aplican a actuadores como bobinas de contactores, electroválvulas, etc.

Existen salidas digitales: de voltaje y de relé. Las salidas de voltaje asignan una magnitud de voltaje, que depende del fabricante, al estado 1 lógico y de 0 V al estado 0 lógico. Las salidas de relé consisten en un contacto seco que se cierra en el estado 1 y se abre en el estado 0.

En el caso de salidas analógicas, los valores de salida están generalmente entre 0 V_{dc} a 10 V_{dc} para las salidas de voltaje y de 4 mA a 20 mA para las de corriente, aunque estos valores varían según el fabricante. Estas señales comandan actuadores como válvulas solenoides, servomotores, etc.

A las salidas se les asigna un espacio de memoria del PLC llamado *imagen de salida*, el cual contiene la información de todas las salidas en todo momento.

5.- Fuente de poder: Es el elemento que brinda la alimentación a todos los componentes del PLC. Generalmente los componentes funcionan a bajos voltajes de *dc*. La fuente realiza la transformación de los voltajes *ac* de las líneas de potencia a esos niveles *dc*.

1.4.1.2.2 Tipos de PLC.

Los PLC se clasifican, según la forma como se presentan sus componentes en compactos y modulares:

Compactos: Todos los componentes se encuentran integrados en un solo gabinete. El usuario no tiene acceso a ellos, por lo que no los puede modificar. Generalmente se pueden encontrar con diferentes capacidades en aspectos como: número de entradas, capacidad de memoria, número de salidas, opciones de comunicación, etc.

Modulares: Consisten en un bastidor o chasis donde se introducen los diferentes componentes o módulos. Los módulos son intercambiables de un bastidor a otro por lo que las capacidades de un PLC pueden ser ampliadas fácilmente. Generalmente son más costosos que los tipo compacto, pero son mucho más versátiles y útiles en aplicaciones que exigen adaptabilidad a cambios.

1.4.1.2.3 Programación de un PLC.

Para que el PLC pueda relacionar lógicamente las entradas con las salidas, necesita seguir un *programa* en su memoria. El *programa* tiene descrito, en forma de instrucciones, el *algoritmo de control* deseado.²⁴

El *programa* consiste en un archivo o archivos que son generados por la *aplicación de programación*. Estas *aplicaciones de programación* son ejecutadas en dispositivos especiales como herramientas portátiles o computadores personales. Una vez generado el archivo de *programa*, éste se debe descargar a la memoria del PLC.

Las *aplicaciones de programación* brindan una serie de herramientas al usuario para que pueda completar la creación de un *programa*. Entre las herramientas que se suelen ofrecer están: configuración de los componentes del PLC que se utilizará, opciones de comunicación, diferentes editores de programa, un compilador y plataformas de simulación y de monitoreo.

²⁴ www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf

La plataforma de simulación sirve para corroborar el funcionamiento del *programa*, facilitando la puesta en marcha en el campo. La plataforma de monitoreo ayuda al operario a verificar el correcto funcionamiento del sistema desde un equipo remoto como un PC.

Las instrucciones que contiene el *programa* son ejecutadas secuencialmente de forma repetitiva por el CPU.

La mayoría de los fabricantes ofrecen tres editores de *programa*: lista de instrucciones, escalera y diagrama de flujo.

Lista de instrucciones: consiste es una programación por texto, en la cual se le indica al CPU la operación a realizar mediante un comando. Los comandos que se pueden utilizar están predeterminados por el fabricante.

Escalera: Es un lenguaje gráfico que se parece mucho a los diagramas en escalera que se acostumbran en el control convencional. Su lógica incluye los conceptos de contactos normalmente abiertos, cerrados, salidas hacia bobinas, etc.

Diagrama de función: es un lenguaje gráfico por bloques, en el que se dispone de una serie de bloques que realizan funciones específicas. La lógica del *programa* se logra al interconectar los bloques.

1.4.1.2.4 Tiempo de ciclo de programa.

El controlador requiere un tiempo para procesar el *programa*. Dicho tiempo se conoce como **tiempo de ciclo de programa**, y depende de la cantidad, tipo de instrucciones del *programa* y de la velocidad del CPU del PLC.

1.4.2 Características y Arquitectura.

La serie SLC 500 de Allen Bradley es una familia de PLC modulares que ofrecen una gran cantidad de opciones en módulos de entradas y salidas, comunicación y memoria.

Además ofrecen diferentes tipos de CPU según las características de la aplicación (ver Anexo E)

1.5 RS-LOGIX Y RS-LINX.

1.5.1 Generalidades

Los programas necesarios para programar el PLC SLC 500 son: RSLogix y RSLinx, propiedad de Allen Bradley. Estos programas son diseñados para un PC con una plataforma Windows de 32 bits versión 95 ó superior.

En la aplicación RSLogix el usuario puede configurar el PLC y programar el *algoritmo de control*. Configurar el PLC es importante, pues se debe corroborar que las direcciones de las variables de entrada/salida que se utilizan en el *programa* corresponden realmente a los módulos conectados al chasis. RSLogix permite escribir el *programa* y descargarlo en el PLC.

El programa RSLinx es una aplicación de comunicación entre los sistemas operativos Windows de 32 bits versión 95 ó superior y una serie de aplicaciones creadas por Rockwell Software para Allen Bradley, entre ellas, RSLogix.²⁵

1.5.1.1 Tiempo de ciclo del PLC SLC 500.

La operación básica del CPU es ejecutar, de forma repetitiva, el *programa* que fue cargado por el usuario en la memoria del PLC. El tiempo de ciclo es el tiempo que requiere el CPU para ejecutar ese *programa* una sola vez. Este tiempo se divide en:

Tiempo de actualización de entradas: Durante esta etapa, el CPU lee los datos de entrada y genera una *imagen de entrada* que almacena en un espacio de la memoria.

Tiempo de ejecución de programa: Aquí el CPU ejecuta, línea por línea, las instrucciones del *programa*.

²⁵ www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf

Tiempo de actualización de las salidas: Durante este intervalo el CPU escribe los nuevos datos obtenidos del algoritmo de control en la *imagen de salida*.

Tiempo de configuración: Es el tiempo utilizado por el CPU para operaciones internas propias de su operación.

1.5.2 Programación del PLC mediante la aplicación RSLogix.

La aplicación RSLogix permite crear y cargar un *programa* en el PLC. Además permite actualizarlo y modificarlo según lo requiera el usuario.

Para realizar un *programa* se deben seguir los siguientes pasos:

1. Abra el programa RSLogix, previamente instalado en un computador personal.
2. Crear un proyecto nuevo. En el cuadro de diálogo que se despliega, se debe dar un nombre al procesador ó CPU, escoger el tipo de CPU. En manipulador “Driver”, se debe escoger el manipulador creado en la aplicación RSLinx. Además, se debe escoger un nodo “Processor Node” de comunicación que se asignará al PLC.
3. En la ventana del proyecto, seleccionar la opción configurar IO “IO Configuration” en la carpeta Controlador “Controller”. Aquí, se deben configurar los módulos que están instalados en el PLC, especificando el modelo y el número de ranura que ocupan. Se debe escoger, también, el modelo de la fuente instalada en el chasis. La configuración de los componentes del PLC es muy importante, pues identifica las direcciones de entrada o salida válidas, y, dependiendo del CPU instalado, las funciones que puede realizar el PLC.
4. En el menú “Comms” y en la opción Comms de sistema “System Comms” se debe escoger el Nodo de Procesador “Processor Node” definido en el paso 2. Además, en última configuración “Last Configured” se debe escoger el nombre de la estación con que se está trabajando según RSLinx. Después se debe presionar Aplicar “Apply”. Si la configuración está bien realizada, en el espacio Manipulador “Driver” deberá aparecer: AB_DF1-1.

5. Ahora se puede proceder a crear el *programa* que especificará el *algoritmo de control*. El área de programación esta a la derecha, en la ventana del proyecto. Para introducir instrucciones de *programa* en una línea, ésta se debe seleccionar, marcándola en rojo. Las instrucciones están disponibles en una barra deslizable sobre el área del programa. Estas instrucciones serán colocadas en la fila seleccionada en el orden que el usuario las seleccione.

6. Una vez que se ha terminado de introducir la lógica del *algoritmo de control*, se debe corroborar que no se han cometido errores de sintaxis. Para ello, se puede seleccionar la opción verificar programa “verify program” en el menú Editar “Edit”.

7. Si el *programa* no tiene errores, puede ser guardado con un nombre adecuado en un directorio del PC, bajo la extensión “.RSS”. Una vez guardado se descarga al PLC. Para ello conecte el PLC a la computadora, mediante el cable serial. En el botón que dice Fuera de línea “OFFLINE” en la esquina superior izquierda de la ventana del proyecto, escoja la opción Descargar “DOWNLOAD”. El *programa* será transferido al PLC. Una vez terminada la descarga, RSLogix preguntará si se quiere Estar en línea “go on line”, esto significa que el *programa* puede ser monitoreado y modificado desde el PC. Si escoge NO, la computadora queda desconectada del PLC. Si se escoge SI “YES”, la función en línea queda activa.

8. Una vez que todo el equipo ha sido conectado y revisado, se puede poner en marcha la ejecución del *programa*. Para ello se debe girar la llave en el panel frontal del PLC a la posición CORRER “RUN”.

1.5.2.1 Elementos Básicos de los *programas* escritos en la aplicación RSLogix.

El *programa* contiene el algoritmo que utiliza el PLC para obtener las salidas a partir de una configuración de entradas dada.

La serie de procesadores SLC 500 tiene un set de instrucciones, codificadas en lenguaje escalera, que especifican todas las operaciones que el PLC puede realizar. Los objetos sobre los que las instrucciones actúan se llaman elementos de lenguaje. Estos elementos

residen en la memoria interna del PLC. La memoria está estructurada en archivos, cada uno con una capacidad de 256 elementos. Cada elemento está formado de 16 bits, 32 bits o 48 bits dependiendo del tipo de archivo. Existen archivos de datos y de programa.

1.5.2.2 Elementos de Lenguaje.

Dependiendo del tipo, los archivos de dato se pueden clasificar en: salida, entrada, estado, bit, temporizador, contador, control, entero y punto flotante. Existen 256 archivos de dato disponibles. El tipo de archivo específico es definido por el usuario, excepto para los primeros 9, los cuales están definidos con un tipo predeterminado. La forma en que el CPU direcciona un elemento dentro de un archivo depende de la clase de archivo que se trate. Un elemento, entonces, es caracterizado por el archivo en donde se encuentra. Para el caso de los archivos de programa existen solamente dos tipos: de sistema y de programa.

1.5.3 Configuración de las comunicaciones mediante el programa RSLinx.

Para poder tener una comunicación entre el PLC y el computador donde se utilizarán RSLogix y RSView32, se debe ejecutar y configurar RSLinx. Para ello, abra RSLinx mediante el vínculo en el apartado ROCKWELL SOFTWARE, en el submenú programas del menú inicio en Windows.

NOTA: si está utilizando su PC en una red de área local o está utilizando la plataforma Windows XP, ejecute primero el Panel de control de servicio RSLinx “RSLinx Service Control Panel” presionando Iniciar “Start” en la ventana que se despliega, para ejecutar después RSLinx.

Seguidamente se debe configurar el controlador de la comunicación entre el PC y el PLC. En el menú Comunicaciones “Communications” se debe escoger la opción Configurar controlador “Configure Driver”. En el recuadro controladores disponibles “Available Drivers” escoger el controlador RS-232 DF1 Devices, presionando agregar nuevo “Add New”.

En la pantalla que se despliega, configure lo siguiente:

Nombre del artefacto “Device Name”: AB_DF1-1.

Puerto Comm “Comm Port”: COM1.

Artefacto “Device”: SLC-CH0/Micro/PanelView.

Taza de baudios “Baud Rate”:19200.

Número de Estación “Station Number”: 00.

Paridad “Parity”: None.

Revisión de Error “Error Checking”: BCC.

Bits de Parada “Stop Bits”: 1.

Protocolo “Protocol”: Full Duplex.

Una vez hecho esto, presionar OK.

De esta manera queda configurada la aplicación RSLinx. El programa no debe cerrarse hasta que se termine de utilizar la comunicación entre el PLC y el PC.²⁶

²⁶ www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf

1.6 RS-VIEW32.

1.6.1 Generalidades

1.6.1.1 Acerca de RSView32

RSView32 es el software para Sistemas SCADA de Allen Bradley. Es un programa de software basado en Windows® para la creación y ejecución de aplicaciones de adquisición de datos, monitoreo y aplicaciones de control.

Diseñado para el uso en ambientes Microsoft® Windows 2000, Windows NT™ y Windows9x o superior, RSView32 contiene las herramientas necesarias para la creación de todos los aspectos de una interface máquina-operador, incluyendo las pantallas de gráficos animados en tiempo real, tendencias, y resúmenes de alarma. RSView32 se integra fácilmente con los productos de Rockwell Software, Microsoft y de otros fabricantes para maximizar la potencia de las tecnologías ActiveX™, VBA, OLE, ODBC, OPC™ y DDE.²⁷

1.6.1.2 RSView32 Works

RSView32 Works contiene los editores necesarios para generar una aplicación completa de interfaz operador-máquina y contiene el software requerido para ejecutar las aplicaciones generadas. Utilice los editores para crear aplicaciones tan simples o sofisticadas como las necesite. Cuando haya terminado de desarrollar su aplicación, cambie al modo de ejecución o utilice RSView32 Runtime (que viene incluido junto con RSView32 Works y utiliza menos memoria) y ejecute su aplicación.

Con RSView32, puede:

²⁷ www.infopl.net/Descargas/Descargas_Allen_Bradley/Descargas-Allenbradley.htm

- Utilizar la capacidad del contenedor RSView32 ActiveX y OLE para aprovechar la tecnología avanzada. Por ejemplo, puede incrustar RSTools™, Visual Basic® u otros componentes ActiveX en las pantallas gráficas de RSView32 para ampliar las capacidades de éste.
- Crear y editar pantallas con las herramientas propias de los programas de Microsoft que Ud. está utilizando. Mediante sofisticados gráficos y animaciones basados en objetos, más las técnicas simples de arrastrar colocar y cortar-pegar, se simplifica la configuración de la aplicación.
- Utilizar el modelo de objetos RSView32 y VBA para compartir datos con otros programas de Windows, tales como Microsoft Access y SQL Server, interactuar con otros programas de Windows tales como Microsoft Excel, así como personalizar y extender RSView32 adaptándolo a sus necesidades específicas.
- Utilizar gráficos de las bibliotecas de gráficos RSView32 o importar archivos de otros paquetes de dibujo tales como CorelDRAW™ y Adobe® Photoshop®.
- Desarrollar rápidamente su aplicación utilizando herramientas de productividad RSView32 tales como el Asistente de comandos, el Examinador de tags y Object Smart Path™ (OSP) - (ruta inteligente de objeto).
- Evitar introducir información repetida. Importe una base de datos de un PLC o SLC de Allen-Bradley con el Examinador de bases de datos de PLC.
- Utilizar las funciones de alarmas de RSView32 para monitorear incidentes ocurridos en el proceso con varios niveles de gravedad. Cree resúmenes de varias alarmas para obtener datos específicos sobre las alarmas en lugar de examinar las alarmas de la totalidad del sistema.
- Crear tendencias que muestren variables del proceso graficadas en relación al tiempo. Muestre datos en tiempo real o históricos hasta con 16 plumas (tags) en cada tendencia.

- Registrar datos simultáneamente en varios archivos de registro o bases de datos ODBC remotas para proporcionar diversos registros de los datos de producción. Lleve los datos registrados directamente a programas de otros fabricantes tales como Microsoft Excel y Seagate Crystal Reports™ sin necesidad de convertir los archivos.

- Bloquear el sistema por medio de la desactivación de las claves de Windows de modo que los usuarios sólo puedan utilizar la aplicación RSVIEW32.

1.6.2 Programación

1.6.2.1 Pasos Iniciales Rápidos

En los siguientes pasos se explica cómo comenzar a utilizar RSVIEW32. Para trabajar con RSVIEW32, debe llevar a cabo los pasos 1 y 2 en el orden especificado. Los otros pasos pueden realizarse en cualquier orden.²⁸

Paso 1: Crear un proyecto

Cree el proyecto que va a ejecutar. Un proyecto es una carpeta en el disco duro que contiene, entre otras cosas, el archivo de proyecto RSVIEW32 (*.RSV).

Paso 2: Configurar comunicaciones en RSVIEW32

Establezca las comunicaciones entre RSVIEW32, el hardware y los dispositivos que esté utilizando. Para las comunicaciones con la mayoría de los dispositivos Allen-Bradley así como con los dispositivos SoftLogix 5, RSVIEW32 utiliza una conexión de controlador directo. RSVIEW32 utiliza los controladores de RSLinx™.

Para configurar comunicaciones entre los controladores directos y los dispositivos, configure un canal y un nodo y, en forma optativa, una clase de escán. Para las comunicaciones con otros dispositivos locales y remotos, RSVIEW32 utiliza conexiones OPC o DDE. El OPC (OLE para control de procesos) permite que RSVIEW32 actúe

²⁸ www.infopl.net/Descargas/Descargas_Allen_Bradley/Descargas-Allenbradley.htm

como cliente o como servidor, permitiendo la comunicación del tipo de compañero a compañero, entre distintas estaciones de RSVIEW32, así como la comunicación con otros servidores OPC. RSVIEW32 utiliza formatos de datos estándar o de alta velocidad AdvanceDDE™ (intercambio dinámico de datos) para comunicarse con servidores DDE tales como los productos RSServer™ de Rockwell Software o servidores de otros fabricantes y clientes DDE tales como Microsoft Excel.

Para establecer comunicaciones OPC o DDE, configure un nodo OPC o DDE.

Paso 3: Crear pantallas, tendencias y resúmenes de alarmas

Cree pantallas gráficas que representen el proceso. Diseñe sus pantallas gráficas de diferentes maneras:

- Utilice las herramientas de dibujo de RSVIEW32 para crear objetos gráficos y texto. Puede crear objetos simples como elipses y rectángulos o crear objetos más complejos, tales como tendencias y resúmenes de alarmas. También puede incrustar objetos ActiveX.
- Arrastre y coloque objetos ya listos desde las bibliotecas de RSVIEW32 a una pantalla.
- Importe objetos o imágenes enteras que ya han sido creadas en otros paquetes de dibujos tales como CorelDRAW
- Cree pantallas gráficas, tendencias y resúmenes de alarmas en el editor de Pantallas gráficas.

Paso 4: Configurar tags

Puede crear tags de diferentes maneras:

- Cree tags según sea necesario utilizando el Explorador de tags
- Cree una base de datos de tags completa en el editor de Bases de datos de tags

- Importe una base de datos de PLC o SLC Allen-Bradley existente utilizando el Examinador de bases de datos de PLC

Paso 5: Configurar registros

Configure el registro de actividades, alarmas y datos para tener un registro permanente de lo que está sucediendo cuando su sistema está activo.

Configure el registro de actividades en el editor de Configuración de registro de actividades. Configure el registro de alarmas en el editor de Configuración de registro de alarmas. Configure el registro de datos en el editor de Configuración de registro de datos.

Toda la información registrada se almacena en el formato dBASE IV® (.DBF) y puede verse con el software de otros fabricantes tales como Microsoft Excel, Seagate Crystal Reports y Visual FoxPro™. Para el registro de datos, también puede utilizar el formato de almacenamiento ODBC para guardar los datos directamente en una base de datos compatible con ODBC.

Paso 6: Asegurar el sistema

Establezca sistemas de seguridad a nivel de:

- Proyecto: a fin de poder controlar qué usuarios o grupos de usuarios tienen acceso a cuáles funciones.
- Sistema: a fin de bloquear a usuarios en su aplicación RSView32. Para Windows 9x, configure la seguridad a nivel del sistema en el editor de Inicio de RSView32. Para Windows NT 4.0, configure el nivel de seguridad del sistema usando la herramienta NT 4.0 Desktop Lock, incluida en el CD-ROM de RSView32 Resources.

Paso 7: Personalizar e integrar RSView32 con otras aplicaciones

Utilice el Modelo de Objetos RSVIEW32 con Visual Basic o Visual Basic para Aplicaciones (VBA) para personalizar y ampliar la capacidad de RSVIEW32, y para integrar RSVIEW32 con otras aplicaciones. Algunas maneras en que usted podría hacer esto son:

- Redes. Si su aplicación RSVIEW32 incluye lógicas para cambiar entre PLCs redundantes, puede utilizar el Modelo de Objetos de RSVIEW32 con Visual Basic o VBA para incluir información del nodo en una pantalla gráfica. Esto le permite indicar el número de la estación del PLC activo, y le permite a un operador tomar medidas correctivas si un PLC se desconecta.

- Administración de tags. Escriba un programa VBA para modificar la información de alarmas, tales como umbrales y gravedad, cada vez que un producto diferente es manufacturado en una línea de producción de propósitos múltiples.

- Control de usuarios y acceso. En un programa VBA, verifique el código de seguridad para un ingeniero u operador, y luego permita al programa VBA cambiar las configuraciones de alarmas, o mostrar sólo la información del estado, dependiendo del nivel de acceso de la persona.

- Alarmas. Escriba sus propios algoritmos de detección de alarmas utilizando Visual Basic o VBA, y luego agregue los eventos de alarma a RSVIEW32, para responder a sus algoritmos para anuncio, registro, impresión, y para mostrar en los resúmenes de alarmas.

- Registro de datos. Utilice el Modelo de Objetos de RSVIEW32 y otros modelos de objetos para recolectar datos de varias fuentes, tales como sistemas expertos, algoritmos auto-sintonizantes PID, y tags, y luego consulte los datos en las tendencias. Puede también filtrar datos para sus propias necesidades leyendo de un modelo de registro de datos, y luego escribiendo a otro modelo de registro de datos.

- Registro de actividades. Utilice el Modelo de Objetos de RSVIEW32 con Visual Basic o VBA para registrar las acciones específicas del operador para propósitos de

seguimiento y documentación. Escriba la información de actividades en categorías personalizadas para clasificación y análisis.

- Interfaz de aplicaciones. Utilice el Modelo de Objetos de RSView32 para hacer interfaz con los modelos de objetos de otras aplicaciones. Por ejemplo, puede utilizar el modelo de objeto de Microsoft Excel para crear un informe en una hoja de trabajo, para agregar fórmulas estadísticas para análisis, y luego imprimir el informe.

1.6.2.2 ¿Qué es un tag?

Un tag es un nombre lógico para una variable contenida en un dispositivo o en la memoria local (RAM). A los tags que reciben sus datos de una fuente externa, tal como un controlador programable o un servidor, se les llama tags de dispositivo.

A los tags que reciben sus datos internamente de RSView32 se les llama tags de memoria.

Los tags se almacenan en la base de datos de tags y sus nombres se pueden utilizar en otras partes de RSView32. Usted puede crear tags de diferentes maneras.

Usted puede:

- Crear los tags a medida que los necesita
- Crear muchos tags a la vez
- Importar tags de una base de datos de PLC Allen-Bradley
- Crear tags utilizando el Modelo de Objetos de RSView32 y Visual Basic o Visual Basic para Aplicaciones.

1.6.2.3 Tipos de tags

RSView32 utiliza los siguientes tipos de tags:

- Tags analógicos almacenan un rango de valores.

- Tags digitales almacenan 0 ó 1.

- Tags de cadena almacenan cadenas ASCII, una serie de caracteres o palabras enteras. La longitud máxima de la cadena es de 82 caracteres.

- Tags del sistema almacenan información generada mientras el sistema está ejecutándose, incluso información de alarmas y la fecha y hora del sistema. RSView32 crea los tags del sistema cuando se crea un proyecto y almacena los tags en la carpeta del sistema en la base de datos de tags. Usted no puede editar o escribir los tags del sistema, pero puede utilizarlos en cualquier lugar en donde utilizaría otro tag.

1.7 TOUCH SCREEN.

1.7.1 Generalidades

El interfaz de operador PanelView Plus es ideal para aplicaciones donde se necesite supervisar, controlar, y mostrar la información gráficamente, permitiendo a operadores entender rápidamente el estado de la aplicación. PanelView Plus es programado con el software RSVIEW Studio que tiene la funcionalidad RSView Machine Edition, además del PanelBuilder³². PanelView Plus proporciona máxima flexibilidad, integradores de sistema, y un terminal de usuarios para seleccionar, modificar, o el upgrade²⁹ de componentes que sean compatibles con las exigencias de las aplicaciones (ver Anexo E11).³⁰

1.7.2 Programación

La programación de la Touch Screen³¹ se la realiza mediante el software PanelBuilder³².

1.7.2.1 Software PanelBuilder

PanelBuilder es el paquete de Rockwell Automation basado en Microsoft Windows que permite diseñar aplicaciones de tipo panel de control para terminales PanelView. Simplifica el diseño de la aplicación, usando los menús del software, cuadros de diálogo y los instrumentos que son estándar en Windows.

²⁹**Upgrade:** Actualización integral de los sistemas de control y supervisión a nivel hardware y software.

³⁰ ROCKWELL AUTOMATION. Visualization Platformrs, Selection Guide. USA. March 2006.

³¹ **Touch Screen:** Panel de operador con pantalla de control de interfaz táctil.

1.7.2.2 Configuración del Terminal y Comunicaciones

La operación y ejecución de los parámetros de comunicación para el terminal PanelView y el controlador lógico son obtenidos del cuadro de diálogo de la configuración del Terminal, incluyendo:

- Configuración del puerto RS-232 de la impresora
- Encendido predeterminado
- Formato de la visualización de tiempo/fecha
- Selección del archivo del tipo de letra (para un idioma específico)
- PLC/SLC opciones del controlador (los cambios de pantalla y tiempo/fecha)
- Auto repetición de la configuración de teclas/celdas de toque de los terminales, despliegue de la configuración, configuración del idioma para mensajes a los terminales, y tiempo muerto de respuesta de comunicación.³²

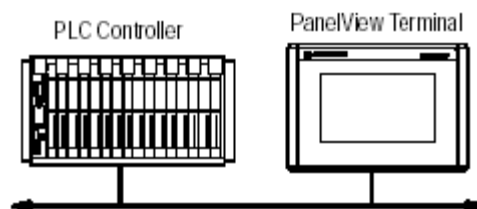


Fig. 1.20 Red PLC – PanelView

³² ROCKWELL AUTOMATION. PanelBuilder Software, User Manual. USA. December 1998.

CAPITULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 INTRODUCCIÓN.

2.1.1 Situación Actual del Proceso para Anodizado de Naturales en CEDAL

- Se cuenta con 4 tanques operativos para Anodizado de Naturales³³, conformado por la cuba electrolítica, cátodos laterales y central, contacto anódico con los racks que soportan los perfiles de aluminio; cada sistema conectado con un rectificador (Convertor AC/DC de 440V ac trifásico a 20V dc).
- Cuenta cada Tanque para Anodizado de Naturales con sus respectivos timers, controladores de temperatura, Indicadores Luminosos y Acústicos.

2.1.2 Parámetros Utilizados en el Proceso para Anodizado de Naturales en CEDAL.

Corriente Nominal del Rectificador: 10000 A

Voltaje Nominal del Rectificador: 20 V dc

Temperatura Segura del Electrolito: 24°C – 26°C

Concentración de Acido Sulfúrico (SO₄H₂) y Químicos Adicionales en el Electrolito: Determinada por el Departamento de Acabados.

³³ **Naturales:** Perfiles de aluminio anodizados pero que no se les ha dado ninguna coloración, conservando su color natural (original).

2.1.3 Variables a Supervisar y Controlar en el Proceso de Anodizado.

Variables de Entrada:

- Tamaño de la Carga, superficie total de los perfiles (m^2) → Ingresada por el operador
- Temperatura del Electrolito ($^{\circ}C$ ó $^{\circ}F$) → Ingresada por Técnicos del Departamento de Mantenimiento, la misma que es determinada por el departamento de Acabados basada en la sugerida por el Proveedor de los Químicos.
- Corriente entregada por el Rectificador (Amperios)
- Voltaje entregado por el Rectificador (Voltios)
- Densidad de Corriente (Corriente entregada por el Rectificador / Tamaño de Carga)

Variables de Salida:

- Tiempo de Inmersión de la Carga (minutos) → En función del Tamaño de la Carga, Composición y Temperatura del Electrolito.
- Espesor de la Capa del Anodizado, Óxido de Aluminio (Al_2O_3) medida en micras (μm) → En función del Tiempo de la Inmersión de la Carga, Composición y Temperatura del Electrolito.

2.1.4 Requerimientos del Sistema de Supervisión y Control para el Anodizado de Naturales: Sugeridos por el Dr. Alonso Solís JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ACABADOS de CEDAL:

1. Control de la Temperatura del Electrolito, teniendo como punto de consigna la temperatura sugerida por el Proveedor de los Químicos.

2. Control del Tiempo de Inmersión de las Cargas, basado en la Tabla de Tiempos del Anodizado (ver Tabla 2.1).
3. Indicadores del Estado del proceso (Eventos), de tipo Acústico y Luminoso, que señalen el Inicio, Desarrollo y fin del proceso.
4. Alarmas, de tipo Acústica (diferente Intensidad y frecuencia) y Luminosa, con sus cuatro variantes alarma de tipo: HI/HI, HI, LO y LO/LO.
5. Supervisión Remota.
6. Ajuste de parámetros de entrada que necesite el proceso de forma local y remota (temperatura, tamaño de carga, etc.)
7. Registros: Variables, Tiempo de “para” del proceso (para determinar la utilización) y Alarmas
8. Gráfico de Tendencias (trends): Temperatura y Densidad de Corriente.

Justificación e Importancia del Problema a resolver: El ingreso de los parámetros necesarios para determinar el Tiempo de Inmersión de las Cargas se lo realiza de forma manual, según una Tabla de Tiempos del Anodizado (ver Tabla 2.1), controlados mediante Timers y Controladores de Temperatura, que realizan el control de temperatura de la siguiente forma: al sobrepasar el electrolito la temperatura de referencia el controlador activa una bomba que extrae el electrolito caliente del tanque de anodizado y lo pasa a través de un intercambiador de calor para enfriarlo. Existe un intercambiador de calor para cada tanque; estos intercambiadores son enfriados por el flujo de agua producido por una sola bomba que lo hace circular a través de un radiador. Presentándose un alto riesgo de seleccionar erróneamente el tiempo de inmersión de las cargas porque este depende de la interpretación que dé el operador a la Tabla de Tiempos. Por lo anteriormente expuesto la importancia de la realización de este proyecto radica en:

- Eliminar la intervención en los ajustes de los parámetros del proceso de anodizado del factor humano, para suprimir errores de tipo humano, por lo que se requiere de un control adecuado del proceso.
- Obtener y registrar información más veraz, confiable y precisa del proceso de anodizado, sin intermediarios humanos para ser presentada en un ambiente visual amigable con el usuario. Útil tanto para la supervisión del Departamento de Acabados, como la mejora de las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo por parte del Departamento de Mantenimiento.
- Mejorar la utilización de los equipos para el proceso de anodizado (**utilización:** relación entre las horas que permanece funcionando correctamente los equipos de anodizado y las horas de duración de cada turno de trabajo -> horas funcionamiento / 8 horas del turno de trabajo).
- Disminuir la cantidad de perfiles de aluminio que son rechazados por el área de control de calidad, repercutiendo en una reducción de los costos de producción.
- Mejorar la calidad del producto final, al tratarse el proceso de anodización de los perfiles de aluminio crucial para garantizar su durabilidad y resistencia a los agentes externos a los que pueden estar expuestos.

Tamaño de Carga m ²	Densidad de Corriente Amp/ m ²	Tiempo en minutos	
		Para 10 μm	Para 20 μm
30-35	200	16	32
36-40	200	16	32
41-45	200	16	32
46-50	200-190	18	36
51-55	186-172	18	36
56-60	169-158	22	44
61-65	155-146	23	46
66-70	144-135	26	52
71-75	134-126	28	56
76-80	125-119	29	58
81-85	117-112	31	62
86-90	110-106	33	66

Tabla 2.1 Tabla de tiempos para anodizado a voltaje constante considerado a un valor de 18Vdc y 9500Amp por rectificador.

Nota: Para aplicar el criterio de densidad de corriente se divide el número de amperios totales que da cada rectificador para los metros cuadrados que tiene cada carga, en base a este valor se aplica el programa cuyo timer tenga el valor de tiempo más próximo.

2.1.5 Visión General del Proyecto.

El proyecto consiste en sustituir los controladores de temperatura de cada tanque de anodizado por un solo PLC, el cual permitirá automatizar la selección del tiempo de inmersión de los perfiles, así como la implementación de un sistema HMI-SCADA basado en un Control Distribuido del proceso de anodización. Además flexibilizará las posteriores ampliaciones tanto del proceso en sí, como del sistema de control, ya que se tiene previsto la adición de un tanque más de anodizado en el mediano plazo por lo que todo el diseño del presente proyecto está concebido para el control y supervisión del proceso de cinco tanques sin por esto decir, que en el futuro no se pueda incorporar otros tanques al sistema para realizar su control y supervisión.

Para esto se diseñará una interfase gráfica de usuario (HMI) que correrá en un PC utilizando la aplicación RSView32, programa propiedad de Allen Bradley. Mediante esta interfase, el usuario podrá monitorear las variables necesarias y cumplir con los requerimientos dados por el Jefe del Departamento de Acabados que tiene bajo su responsabilidad la supervisión general del área de anodizado.

Con el fin de optimizar las bondades del control distribuido y el SCADA se utilizará una Touch Screen ubicada en el panel central de control del proceso de anodizado de naturales con una interfase gráfica para la supervisión del proceso y ajustes de puntos de consigna, como el ingreso por parte del operador de los dos parámetros de entrada que requiere el PLC para determinar el tiempo de inmersión con una temperatura, voltaje y corriente de rectificador dadas, estos parámetros son:

- Tamaño de la Carga, superficie total de los perfiles (m^2)
- Espesor de la Capa del Anodizado, Óxido de Aluminio (Al_2O_3) medida en micras (μm)

El PLC se comunicará con el PC donde residirá el software SCADA a través de una red industrial Ethernet/IP, contribuyendo con las prestaciones del sistema HMI-SCADA.

Este capítulo tiene como ejes fundamentales el diseño e implementación del control y las comunicaciones. El análisis y diseño del sistema HMI-SCADA se llevará a cabo en dos etapas. En la primera etapa se realizarán el diseño e implementación del hardware del sistema. En la segunda etapa se desarrollará el diseño e implementación del software utilizado por los diferentes dispositivos (PLC, Touch Screen y PC), se especificará la configuración de los dispositivos, programación del PLC y creación de las interfaces de usuario. En esta etapa se define cómo se distribuirá la memoria del PLC, los diferentes niveles de acceso que tendrá cada usuario, alarmas, tipos de registros, tendencias y que funciones de control se tendrán sobre el proceso.

Un aspecto importante a considerar en el diseño e implementación de este proyecto es el mencionado en la descripción de la situación actual del proceso, porque se cuenta con una infraestructura ya instalada para el control de la temperatura de los tanques de anodizado, esto permite reutilizar algunos de los componentes del sistema de control actual como sensores, actuadores, paneles de operadores, etc.

2.2 DISEÑO DEL HARDWARE.

2.2.1 Diseño e Implementación del Sistema de Sensores y Actuadores.

Análisis de las entradas y salidas para el Sistema de Control y Supervisión:

	NOMBRE VARIABLE	TIPO	SENSOR - ACTUADOR	NUMERO
ENTRADAS	Temperatura del Electrolito	Analógica (entero)	Termocupla Tipo T	5
	Corriente_Rectificador	Analógica (entero)	Galvanómetro (Voltaje)	5
	Voltaje_Rectificador	Analógica (entero)	Galvanómetro (Voltaje)	5
			ANALÓGICAS	15
	Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	Digital (booleano)	Relé	5
	Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	Digital (booleano)	Relé	5
	Alarma por falla de energía en bomba para enfriar intercambiadores	Digital (booleano)	Relé	1
	Alarma por ausencia de caudal para enfriar intercambiadores	Digital (booleano)	Relé	1
			DIGITALES	12
			TOTAL INs	27

Tabla 2.2 Entradas del Sistema de Control y Supervisión

Nota: Para determinar la corriente entregada por el rectificador se realiza una medición indirecta a través del voltaje que cae en una derivación shunt a la salida del rectificador.

	NOMBRE VARIABLE	TIPO	SENSOR - ACTUADOR	NUMERO
SALIDAS	Activación de la bomba para extraer el electrolito	Digital (booleano)	Relé	5
	Aviso de Fin de Ciclo (sirena)	Digital (booleano)	Relé	5
	Activación de Luz de Advertencia para evitar sumergir las cargas	Digital (booleano)	Relé	5
	Activación de Luz de Aviso de Fin de Ciclo	Digital (booleano)	Relé	5
	Activación del Rectificador y Luz de Fin de Ciclo	Digital (booleano)	Relé	5
			DIGITALES	25
			TOTAL OUTs	25

Tabla 2.3 Salidas del Sistema de Control y Supervisión

Total de Entradas y Salidas: 67

2.2.2 Dimensionamiento de la Fuente de Poder del PLC.

Módulo I/O	CARGA INDIVIDUAL		CARGA TOTAL	
	5V	24V	5V	24V
CPU 16K, Ethernet & RS232 1747-L551	1000 mA	200 mA	1000 mA	200 mA
Módulo de Entradas Analógicas 1746-NI8 (2)	200 mA	100 mA	400 mA	200 mA
Módulo de Entradas Digitales 1746-IB16 (2)	85 mA	0 mA	170 mA	0 mA
Módulo de Salidas Digitales 1746-OB16 (2)	280 mA	0 mA	560 mA	0 mA
Módulo Termocuplas 1746-NT8 (1)	120 mA	70 mA	120 mA	70 mA
TOTAL	1685 mA	370 mA	2250 mA	470 mA

Tabla 2.4 Cálculo de Carga de la Fuente

2.2.3 Requerimientos de Hardware del PLC para el Sistema de Control y Supervisión.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	PLC Allen- Bradley SLC 5/05, CPU 16K, Ethernet & RS232 (1747-L551)
2	2	Modulo de Expansión del PLC para Entradas Analógicas (8 entradas) 1746-NI8
3	2	Modulo de Expansión del PLC para Entradas Digitales (16 entradas) 1746-IB16
4	2	Módulo de Expansión del PLC para Salidas Digitales (16 salidas) 1746-OB16
5	1	Módulo de Expansión del PLC para Termocuplas (8 entradas) 1746-NT8
6	1	Fuente de alimentación del PLC (10A/5V, 2.88A/24V) 1746-P4
7	1	Chassis (13 slots) 1746-A13
8	20	Relés (24V) 700-HK36Z24
9	20	Socket para Relés 700-HN 121
10	1	Cable PLC-PC 1747-CP3
11	5	Modular Card Slot Filler 1746-N2
12	1	Computador
13	1	Termocupla tipo T
14	1	Cable de compensación para Termocupla

Tabla 2.5 Requerimientos del Control por PLC

Nota: La longitud del cable de compensación para la termocupla tipo T se determinará una vez instalado el tanque de anodizado número 5. Los demás tanques ya cuentan con cable de compensación en cada una de sus termocuplas.

2.2.4 Diseño e Implementación del Panel de Control.

El sistema de control y supervisión a desarrollarse contará con un panel central de control donde se encontrarán empotrados: el PLC con sus módulos de expansión, las diferentes conexiones y acondicionamientos tanto de entrada como de salida, las protecciones de la alimentación del panel de control, también se colocará en su parte frontal el PanelView (Touch Screen).

El panel central de control se encontrará interconectado con los paneles de operadores distribuidos en el área de anodizado, en esta área existe un panel de operador por cada tanque de anodizado de naturales para facilitar la supervisión y ajuste de los parámetros de control de cada tanque por parte del operador responsable de retirar con la ayuda de una grúa la carga de perfiles del tanque donde se encontraba sumergida una vez que ha completado su tiempo de anodizado. Cada panel de operador cuenta con timers para la selección del tiempo de inmersión de los perfiles, controlador de temperatura del electrolito, pulsadores para inicio de ciclo y reconocimiento de fin de ciclo, así como un indicador acústico y otro luminoso de fin de ciclo, además de una luz indicadora de falla.

2.2.4.1 Ambiente de Operación.

Al ser el área de anodizado un ambiente rodeado de humedad, líquidos y gases corrosivos es muy importante considerar el tipo de materiales y las normativas de construcción del panel de control para precautelar la integridad física de los distintos dispositivos que van a incorporarse al panel.

2.2.4.2 Diseño Eléctrico.

El diseño de adecuados sistemas de protección eléctrica, calibres de cable y distribución de las conexiones garantizará una correcta operación de los equipos y alargará la vida útil de los mismos. En el Anexo B se muestra el plano de las conexiones eléctricas del panel de control.

2.2.4.2.1 Protección de la Alimentación del PLC y PanelView.

La fuente del PLC y el PanelView serán protegidos contra cortocircuitos colocando portafusibles con fusibles de 20 A en el neutro y fase de alimentación. A continuación se colocará una protección contra sobrecorriente con un interruptor termomagnético (breaker) de 15A y de tres polos para que a él ingresen el neutro y la fase que vienen de los portafusibles además de algún cable de alimentación adicional.

2.2.4.3 Diseño Mecánico.

El chasis del PLC se puede colocar en el interior del panel con pernos; las protecciones eléctricas y los otros dispositivos deben ir montados en rieles DIN de 35 mm.

2.2.4.2.1 Cableado.

Para la alimentación de energía de la fuente de poder del PLC, la Touch Screen, conexiones de salidas de los relés y dispositivos que lo requieran se utilizará cable flexible calibre 16 AWG. En cambio para el cableado de las entradas y salidas de los módulos de expansión del PLC se empleará cable flexible calibre 18 AWG, para evitar caídas excesivas de voltaje y sobrecalentamiento de los conductores. Todas las conexiones con sus respectivos terminales.

2.2.4.3.2 Protección contra Esfuerzos Mecánicos.

Para evitar daños a las borneras de los módulos de expansión del PLC por torque excesivo y esfuerzos mecánicos por tensión de los cables se colocará clemas³⁴ de paso para que sobre estas se haga las reconfiguraciones del cableado, como también las pruebas necesarias del sistema implementado.

³⁴ Clema: Bornera adecuadamente aislada con o sin protección de fusibles utilizada como puente para las conexiones de cables en la construcción de paneles de control.

2.2.4.3.3 Dimensiones y Distribución de Dispositivos en el Panel de Control.

El cableado requerido para los diferentes dispositivos del panel de control estará contenido en canaletas de dimensiones adecuadas, así también se dejará con suficiente holgura los cables para facilitar su conexión y mantenimiento posterior, con este fin además todos los terminales de las conexiones estarán debidamente identificadas con marquillas.

En la tabla 2.6 se puede observar el equipo necesario para la construcción del panel de control. El plano de las dimensiones y distribución del panel de control se muestra en el Anexo B.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Tablero de Control (IP:51) 70 x 120 x 40 cm
2	1	Breaker 3 Polos 15 A
3	2	Porta Fusible con fusibles de 20 A
4	1	Funda de Terminales Tipo Pin para Marquillas
5	1	Funda de Terminales para Bornera de los Módulos del PLC
6	1	Rollo de Cable flexible AWG 16
7	1	Rollo de Cable flexible AWG 18
8	100	Borneras para Riel DIN de 35 mm
9	2	DIN Symmetrical Rail 199-DR1 (100 x 3.5 x 1.5 cm)
10	2	Canaleta PVC de 5 x 2''
11	2	Canaleta PVC de 5 x 1''
12	1	Marquillas
13	1	Tubos Conduit, Abrazaderas, Tornillos y Artículos Varios para Acometidas de Alimentación y Panel de Control

Tabla 2.6. Equipo requerido para la implementación del Panel Central de Control.

2.2.5 Diseño e Implementación de la Red de Comunicaciones.

A continuación se revisará algunas características de hardware de la red de comunicación del PLC SLC 5/05 con un PC a través de una red Ethernet/IP.

2.2.5.1 Conexión del SLC 5/05 y PC para una Red Ethernet.

El conector de Ethernet del SLC 5/05 está conforme con la ISO 8802-3 STD 802-3 y utiliza una 10Base-T como medio. Las conexiones son hechas directamente desde el SLC 5/05 a un hub de Ethernet. Una topología típica de red es la que se muestra en la figura 2.1.

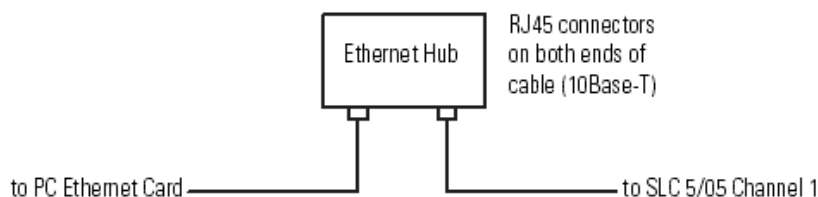


Fig. 2.1 Topología de red Ethernet³⁵

El procesador SLC 5/05 contiene una 10Base-T, conector Ethernet RJ45 el cual se conecta a hubs para Ethernet estándar a través de cable directo de 8 alambres trenzados en pares. Para acceder a otros medios de Ethernet, se debe usar convertidores de medios 10Base-T o hubs de Ethernet que puedan ser conectados juntos vía fibra, cable coaxial fino o grueso, u otros medios físicos comerciales disponibles con los hubs para Ethernet.

2.2.5.2 Canal 1: Ethernet 8-Pines, Conector 10Base-T.

El conector Ethernet es un RJ45, 10Base-T. Los pines de salida del conector se muestran en la tabla 2.7.

³⁵ ROCKWELL AUTOMATION. SLC Modular Hardware Style, User Manual. USA. April 2003, p. E-3.

PIN	NOMBRE
1	TD+
2	TD-
3	RD+
4	No usado por 10Base-T
5	No usado por 10Base-T
6	RD-
7	No usado por 10Base-T
8	No usado por 10Base-T

Tabla 2.7 Distribución de pines del conector de Ethernet del SLC 5/05.

Cuando usar cable directo o cruzado:

- Desde el puerto Ethernet de un SLC 5/05 al puerto 10Base-T Ethernet de un hub se utiliza un cable directo (1-1, 2-2, 3-3, 6-6).
- Conexiones directas punto a punto 10Base-T desde el puerto Ethernet de un SLC 5/05 al puerto Ethernet de otro SLC 5/05 (o al puerto 10Base-T de un computador) requiere un cable cruzado (1-3, 2-6, 3-1, 6-2).

2.2.5.3 Cableado de Red.

Cables de pares trenzados apantallados y no apantallados 10Base-T con conectores RJ45 son admitidos para las conexiones de la red. El largo máximo del cable entre un puerto Ethernet de un SLC 5/05 y un puerto 10Base-T en un hub de Ethernet (sin repetidor o fibra) es de 100 metros (323 pies). Sin embargo en una aplicación industrial, el largo del cable debería ser mantenido al mínimo.³⁶

2.2.5.4 Análisis de la Selección de Equipos para la Implementación de la Red Ethernet.

³⁶ ROCKWELL AUTOMATION. SLC Modular Hardware Style, User Manual. USA. April 2003, p. E-4.

Una red de área local (LAN) es una red de alta velocidad de transmisión que se encuentra dentro de un espacio o edificación determinada. Se puede emplear como medios de transmisión cable de pares trenzado, coaxial o fibra dependiendo de los requerimientos de velocidad de transmisión o características especiales de la red. La red de área local más utilizada es la Ethernet o el estándar IEEE 802.3.

Tipos de Cable de Par Trenzado.

Cable UTP (Unshielded Twisted Pair): Es un cable de pares trenzados sin cubierta exterior metálica por lo que es sensible a las interferencias externas, pero el tener sus pares trenzados suprime las inducciones electromagnéticas producidas entre las líneas de transmisión del mismo cable. Por ello es importante considerar la numeración de los pares, ya que de lo contrario el efecto del trenzado no será eficaz, disminuyendo sensiblemente, o incluso impidiendo, la capacidad de transmisión. Es un cable barato, flexible y sencillo de instalar. Posee una impedancia de 100 ohmios. En la tabla 2.8 se pueden observar los distintos tipos de cable UTP.

Cable STP (Shielded Twisted Pair): Posee un trenzado similar al UTP pero se le agrega una cubierta metálica envolvente para suprimir las interferencias externas. Por lo que es un cable menos sensible al ruido externo, pero más rígido que el UTP. Posee una impedancia de 150 ohmios.

En los cables de pares trenzados existen dos clasificaciones:

1. **Por Categorías:** La categoría indica algunas características eléctricas para el cable como atenuación, capacidad de la línea e impedancia.
2. **Por Clases:** La clase determina las distancias permitidas, el ancho de banda conseguido y las aplicaciones para las que es útil en función de estas características (tabla 2.8).

CLASES	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Ancho de Banda	100 KHz	1 MHz	20 MHz	100 MHz
En categoría 3	2 Km	500 m	100 m	no existe
En categoría 4	3 Km	600 m	150 m	no existe
En categoría 5	3 Km	700 m	160 m	100 m

Tabla 2.8 Características del cable UTP por categorías y clases.³⁷

Cables y Categorías

Hace algún [tiempo](#) existía el problema de que no se disponía de cable UTP con un alto rendimiento en ambientes industriales, tal y como si lo podía hacer el Token Ring tipo 1 (STP), la única opción era colocar dentro de tuberías metálicas al cable UTP. Debido a este requerimiento surge el ScTP que posee las mismas características de protección contra el ruido que el STP (malla metálica y forro de [aluminio](#)), al igual que sus conectores y módulos debidamente blindados. Este tipo de cable pertenece a la categoría 5 y es de un [costo](#) económico bastante bajo en comparación con el STP.

Capa física 100Base-TX

Esta capa física define la especificación para Ethernet 100Base-T sobre dos pares de cables UTP de Categoría 5, o dos pares de STP Tipo 1. Un par de cables se usa para la transmisión a una frecuencia de 125 MHz. Transmite a 100 Mbps (tabla 2.9).

CAPA FÍSICA	ESPECIFICACIÓN DE CABLE	LONGITUD (metros)
100 BASE T4	UTP 3, 4 y 5 (Cuatro Pares)	1000 HALF FULL/DUPLEX
100 BASE TX	UTP 5 (dos pares) STP Tipo 1 y 2 (dos pares)	100 HALF FULL/DUPLEX
100 BASE FX	FIBRA MULTIMODO 625/125 (dos segmentos)	400 HALF/DUPLEX 2000 FULL/DUPLEX

Tabla 2.9 Clasificación de Ethernet a 100 Mbps según la capa física.³⁸

³⁷ www.monografias.com/trabajos5/ponchado/ponchado.shtml#cable2

Cabe destacar que una red que utilice el estándar Ethernet se trata de una red LAN (Local Area Network), como los equipos a comunicarse con esta red se encuentran dentro de las instalaciones de la Planta de Producción de CEDAL (PLC SLC 5/05 y PC donde residirá el software del SCADA el RSView32), por esto una red Ethernet 100Base-TX si puede emplearse y cumple con las expectativas del proyecto tanto a nivel de velocidad, confiabilidad y flexibilidad; pero para garantizar su correcta operación en el ambiente industrial donde será tendida se requiere que esta red se base en las normativas que rigen al Ethernet Industrial, que determinará el tipo de equipos a emplearse, el diseño de la distribución del cableado, medidas para evitar los distintos acoplamientos de ruido y puestas a tierra. Basándose en estos criterios en la tabla 2.10 se puede observar los equipos seleccionados.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	Industrial Ethernet Switch 10/100Base TX Marca N-TROM
2	1	Rollo (100 m) de Cable UTP Categoría 5 Clase D
3	10	Conectores RJ45

Tabla 2.10 Equipo requerido para la implementación de la red Ethernet.

2.2.6 Diseño e Implementación de las Tarjetas para la medición de la Corriente en los Rectificadores de los Naturales.

Como se mencionó en el apartado Diseño e Implementación del Sistema de Sensores y Actuadores la medición de la corriente de los rectificadores se la realiza indirectamente estableciendo el valor de la caída de tensión (en el orden de los milivoltios) en una resistencia shunt a la salida de cada rectificador, debido a dos motivos:

1. Los rectificadores proveen de una corriente que se encuentra en el orden de los miles de amperios por lo que no existen instrumentos o sensores de fácil adquisición en el mercado que operen a tan elevados rangos.

2. Cumpliendo con su función los rectificadores entregan un voltaje y corriente continua, por este motivo no es posible el uso de transformadores de corriente ya que estos se basan en el principio de transformación por la inducción que genera el paso por el conductor de una corriente variable en el tiempo (alterna).

Para realizar la medición de un valor tan bajo de voltaje en la resistencia shunt se hizo necesario el diseño y construcción de tarjetas electrónicas que puedan recibir en su entrada voltaje en el orden de los milivoltios (0 – 60mV), lo amplifique y convierta a un valor estándar de corriente (4 – 20mA) que pueda ser adquirido por los módulos de entradas analógicas del PLC, evitando los inconvenientes de los errores de medición por la caída de tensión en los cables que llevan la señal a medir, ya que se está utilizando corriente y no voltaje, además de poder implementar alarmas SBA (Sensor Break Alarm) originadas por los módulos de entradas analógicas con que cuenta el PLC utilizado en el proyecto.

Las tarjetas electrónicas se diseñaron con circuitos basados en amplificadores operacionales. Constituyéndose en tres etapas de amplificación – conversión bien definidas:

Primera Etapa: Amplificador de Instrumentación.- Se trata de un amplificador diferenciador (Restador - No Inversor) al que se le agrega en una configuración especial seguidores de tensión para aumentar su impedancia de entrada y poder medir voltajes diferenciales muy pequeños.

Segunda Etapa: Conversor de Niveles.- Es un amplificador Sumador - Inversor que pasa de un nivel de voltaje en su entrada a otro nivel de voltaje en su salida y cuya ecuación de funcionamiento puede ser puesta en términos de la ecuación de la recta $y = mx + b$ para lograr la conversión de niveles deseada.

Tercera Etapa: Conversor Voltaje – Corriente.- Se basa en un amplificador Inversor que permite que el voltaje de ingreso convenientemente escalado provoque una corriente dentro de un rango estandarizado (4 – 20mA).

2.2.7 Diagramas de Bloques.

2.2.7.1 Sistema HMI-Scada del Proceso de Anodización de Naturales.

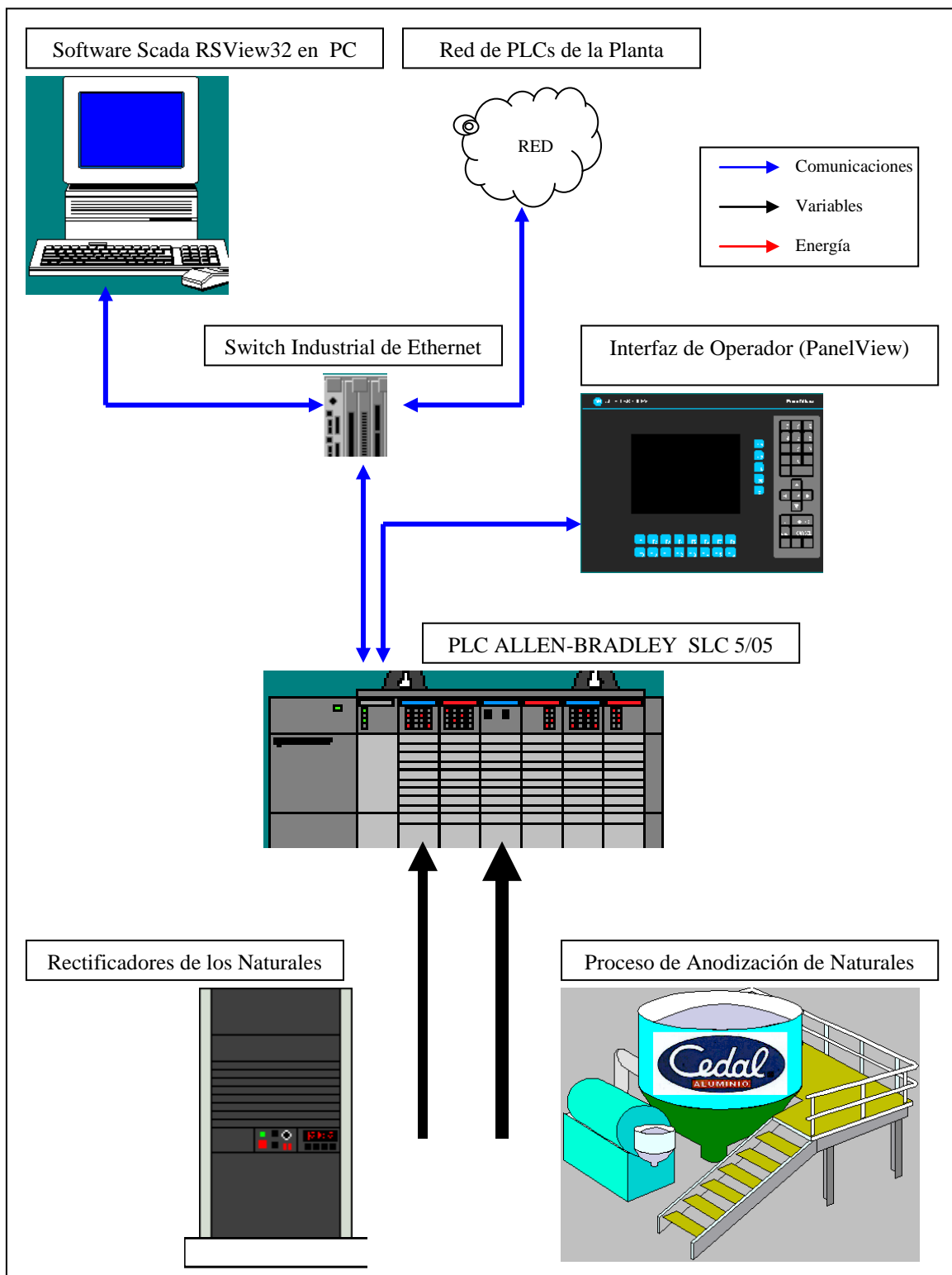
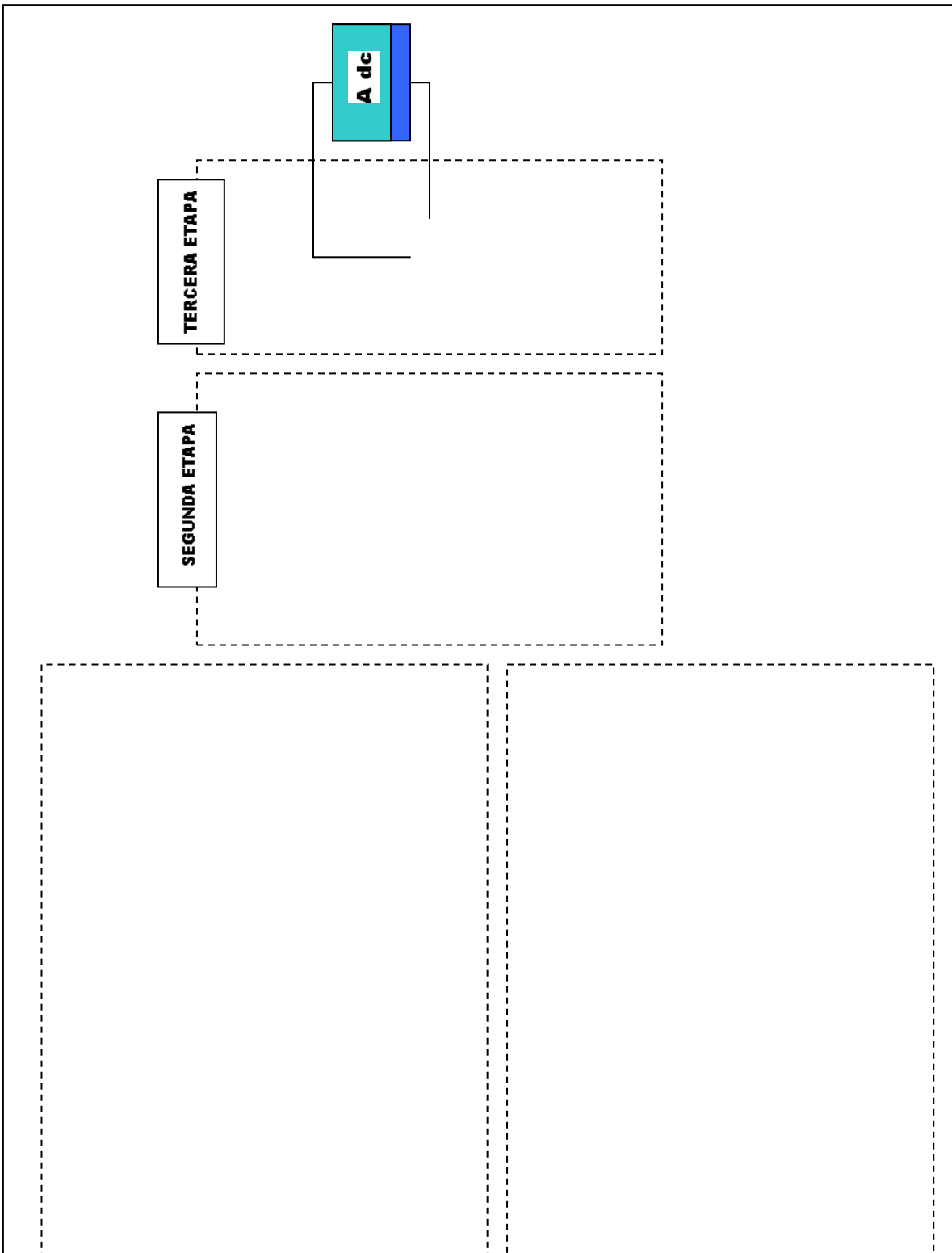




Fig. 2.2 Diagrama de Bloques del Sistema HMI-Scada del Proceso de Anodización de Naturales.
2.2.7.2 Diagramas de las Tarjetas Electrónicas para medición de la Corriente a la salida de Rectificadores de los Naturales.



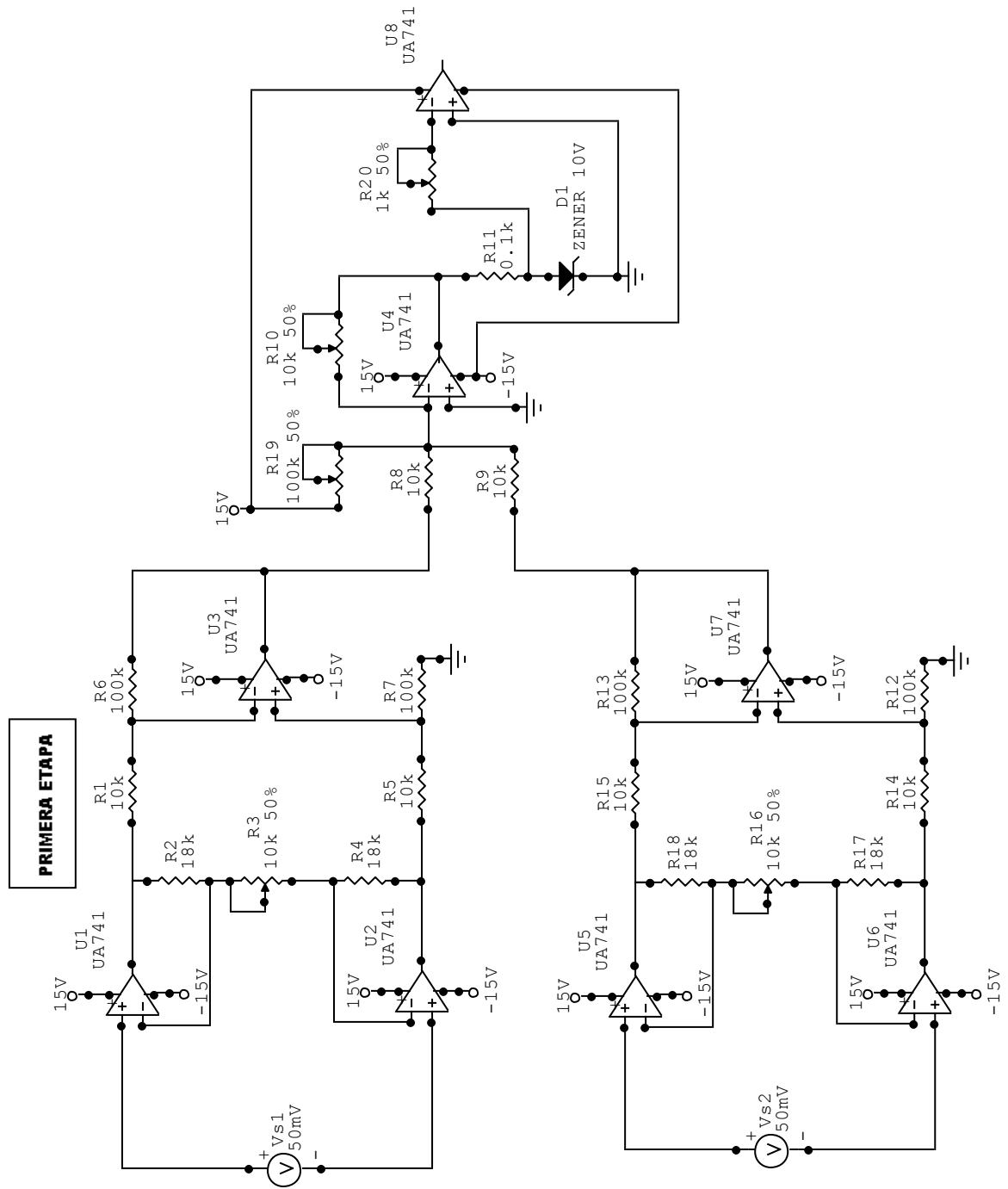


Fig. 2.3 Diagrama de la tarjeta electrónica para cada uno de los 3 Rectificadores tipo Maestro-Eslavo.



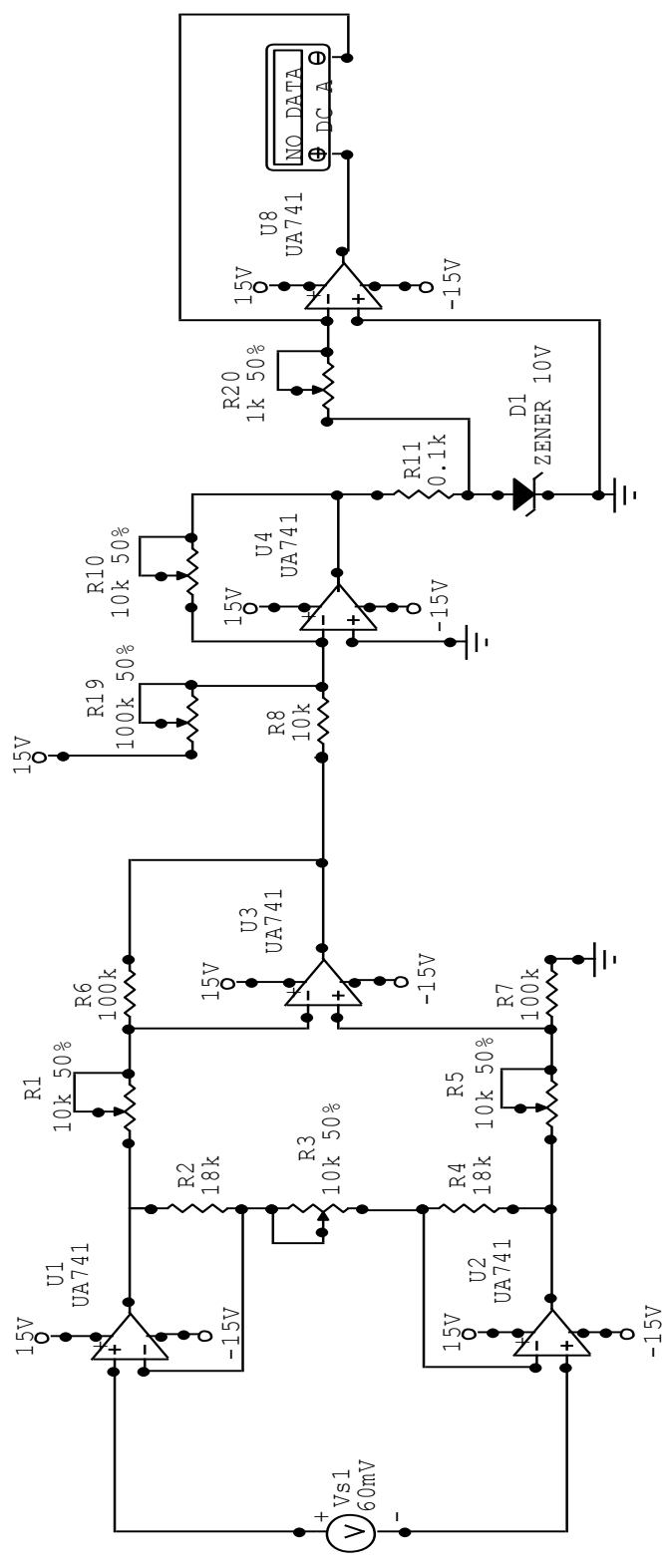
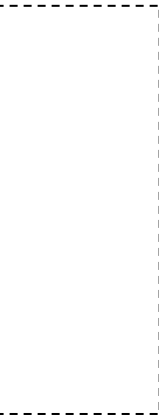




Fig. 2.4 Diagrama de la tarjeta electrónica para cada uno de los 2 Rectificadores ALSAN.

2.3 DISEÑO DEL SOFTWARE.

2.3.1 Diseño e Implementación del Programa del PLC.

En la tabla 2.11 se encuentra la distribución de las entradas/salidas de los módulos en la estructura de la memoria interna del PLC, así como algunas de las alarmas generadas

por elementos de hardware externo y cuya señal de disparo ingresa por las entradas digitales detalladas en la tabla 2.11, con una breve descripción del uso que se le da en el programa, la dirección, el tipo de dato y la marca o registro asociados a ellas.

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 1			
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	MARCA REGISTRO
Inicio de Ciclo	PanelView I:1/0	Entrada Digital (boolean)	B3:0/0
Fin de Ciclo	PanelView I:1/1	Entrada Digital (boolean)	B3:0/1
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	I:1/2	Entrada Digital (boolean)	B3:0/2
Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	I:1/3	Entrada Digital (boolean)	B3:0/3
Reconocimiento de Alarma (Reset)	PanelView I:1/4	Entrada Digital (boolean)	B3:0/4
Valor de la Temperatura del electrolito	I:7.0	Entrada Análoga	N7:10
Valor del Corriente en el Rectificador	I:5.0	Entrada Análoga	N7:75
Valor del Voltaje en el Rectificador	I:6.0	Entrada Análoga	N7:96
Activación de la bomba para extraer el electrolito	O:3/0	Salida Digital (boolean)	B3:2/0
Aviso de Fin de Ciclo (sirena y luz)	O:3/1 O:3/2	Salida Digital (boolean)	B3:3/5
Activación de Advertencia para evitar sumergir las cargas	PanelView	Marca (boolean)	B3:5/9
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma)	O:3/3	Salida Digital (boolean)	B3:1/11 B3:8/0 B3:6/10
Activación de Luz de Inicio del Ciclo	O:4/4	Salida Digital (boolean)	B3:0/0

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 2			
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	MARCA REGISTRO
Inicio de Ciclo	PanelView I:1/7	Entrada Digital	B3:0/7

		(boolean)	
Fin de Ciclo	PanelView I:1/8	Entrada Digital (boolean)	B3:0/8
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	I:1/9	Entrada Digital (boolean)	B3:0/9
Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	I:1/10	Entrada Digital (boolean)	B3:0/10
Reconocimiento de Alarma (Reset)	PanelView I:1/11	Entrada Digital (boolean)	B3:0/11
Valor de la Temperatura del electrolito	I:7.1	Entrada Análoga	N7:11
Valor de la Corriente en el Rectificador	I:5.1	Entrada Análoga	N7:76
Valor del Voltaje en el Rectificador	I:6.1	Entrada Análoga	N7:97
Activación de la bomba para extraer el electrolito	O:3/4	Entrada Digital (boolean)	B3:2/1
Aviso de Fin de Ciclo (luz y sirena)	O:3/5 O:3/6	Salida Digital (boolean)	B3:3/6
Activación de Luz de Advertencia para evitar sumergir las cargas	PanelView	Salida Digital (boolean)	B3:5/10
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma)	O:3/7	Salida Digital (boolean)	B3:1/12 B3:8/1 B3:6/11
Activación de Luz de Inicio del Ciclo	O:4/5	Salida Digital (boolean)	B3:0/7

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 3			
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	MARCA REGISTRO
Inicio de Ciclo	PanelView I:1/12	Entrada Digital (boolean)	B3:0/12
Fin de Ciclo	PanelView I:1/13	Entrada Digital (boolean)	B3:0/13
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	I:1/14	Entrada Digital (boolean)	B3:0/14
Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	I:1/15	Entrada Digital	B3:0/15

		(boolean)	
Reconocimiento de Alarma (Reset)	PanelView I:2/0	Entrada Digital (boolean)	B3:1/0
Valor de la Temperatura del electrolito	I:7.2	Entrada Análoga	N7:12
Valor de la Corriente en el Rectificador	I:5.2	Entrada Análoga	N7:77
Valor del Voltaje en el Rectificador	I:6.2	Entrada Análoga	N7:98
Activación de la bomba para extraer el electrolito	O:3/8	Salida Digital (boolean)	B3:2/2
Aviso de Fin de Ciclo (sirena y luz)	O:3/9 O:3/10	Salida Digital (boolean)	B3:3/7
Activación de Advertencia para evitar sumergir las cargas	PanelView	Salida Digital (boolean)	B3:5/11
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma)	O:3/11	Salida Digital (boolean)	B3:1/13 B3:8/2 B3:6/12
Activación de Luz de Inicio del Ciclo	O:4/6	Salida Digital (boolean)	B3:0/12

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 4			
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	MARCA REGISTRO
Inicio de Ciclo	PanelView I:2/1	Entrada Digital (boolean)	B3:1/1
Fin de Ciclo	PanelView I:2/2	Entrada Digital (boolean)	B3:1/2
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	I:2/3	Entrada Digital (boolean)	B3:1/3
Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	I:2/4	Entrada Digital (boolean)	B3:1/4
Reconocimiento de Alarma (Reset)	PanelView I:2/5	Entrada Digital (boolean)	B3:1/5
Valor de la Temperatura del electrolito	I:7.3	Entrada Análoga	N7:13
Valor de la Corriente en el Rectificador	I:5.3	Entrada Análoga	N7:78
Valor del Voltaje en el Rectificador	I:6.3	Entrada Análoga	N7:99

Activación de la bomba para extraer el electrolito	O:3/12	Salida Digital (boolean)	B3:2/3
Aviso de Fin de Ciclo (sirena y luz)	O:3/13 O:3/14	Salida Digital (boolean)	B3:3/8
Activación de Advertencia para evitar sumergir las cargas	PanelView	Salida Digital (boolean)	B3:5/12
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma)	O:3/15	Salida Digital (boolean)	B3:1/14 B3:8/3 B3:6/13
Activación de Luz de Inicio del Ciclo	O:4/7	Salida Digital (boolean)	B3:1/1

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 5

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE DATO	MARCA REGISTRO
Inicio de Ciclo	PanelView I:2/6	Entrada Digital (boolean)	B3:1/6
Fin de Ciclo	PanelView I:2/7	Entrada Digital (boolean)	B3:1/7
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito	I:2/8	Entrada Digital (boolean)	B3:1/8
Alarma por ausencia de bombeo del electrolito	I:2/9	Entrada Digital (boolean)	B3:1/9
Reconocimiento de Alarma (Reset)	PanelView I:2/10	Entrada Digital (boolean)	B3:1/10
Valor de la Temperatura del electrolito	I:7.4	Entrada Análoga	N7:14
Valor de la Corriente en el Rectificador	I:5.4	Entrada Análoga	N7:79
Valor del Voltaje en el Rectificador	I:6.4	Entrada Análoga	N7:100
Activación de la bomba para extraer el electrolito	O:4/0	Salida Digital (boolean)	B3:2/4
Aviso de Fin de Ciclo (sirena y luz)	O:4/1 O:4/2	Salida Digital (boolean)	B3:3/9
Activación de Advertencia para evitar sumergir las cargas	PanelView	Salida Digital (boolean)	B3:5/13
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma)	O:4/3	Salida Digital (boolean)	B3:1/15 B3:8/4 B3:6/14
Activación de Luz de Inicio del Ciclo	O:4/8	Salida Digital (boolean)	B3:1/6

TANQUES DE ANODIZADO DE NATURALES 1, 2, 3, 4, 5

DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE	MARCA
--------------------	------------------	----------------	--------------

		DATO	REGISTRO
Alarma por falla de energía en bomba para enfriar intercambiadores	I:1/5	Entrada Digital (boolean)	B3:0/5
Alarma por ausencia de caudal para enfriar intercambiadores	I:1/6	Entrada Digital (boolean)	B3:0/6

Tabla 2.11 Estructura de la Memoria del PLC.

El programa que reside en el PLC realiza el control de temperatura y el tiempo de inmersión en cada tanque de anodizado.

La temperatura es regulada a través de un control ON/OFF con histéresis, el cual permite el comando de una bomba que hace circular por un intercambiador de calor el electrolito del tanque cada vez que éste sobrepasa la temperatura de referencia y segura para el correcto desenvolvimiento del proceso de anodizado.

El algoritmo para el control del tiempo de inmersión se fundamenta en la función matemática obtenida por la extrapolación de los valores de tiempo de inmersión en minutos versus el tamaño de la carga (cantidad de perfiles de aluminio a anodizar) en metros cuadrados que constan en la tabla 2.1 de tiempos de anodizado para 10 y 20 micras de espesor de la capa anódica, estos valores se graficaron en Excel para obtener una línea de tendencia aproximada y su función tal como se aprecia en la figura 2.5 y 2.6. Esto permitirá tener un tiempo de inmersión para cada tamaño de carga a anodizar y no como anteriormente que era necesario siempre aproximar los tiempos, por ser estos demasiados espaciados entre si, dependiendo el tiempo de inmersión del número de timers utilizados en cada tablero de operador y la interpretación que dé el operador a la tabla de tiempos de anodizado, cumpliendo el objetivo de mejorar el proceso de anodizado y el acabado final que se le da a los perfiles de aluminio.

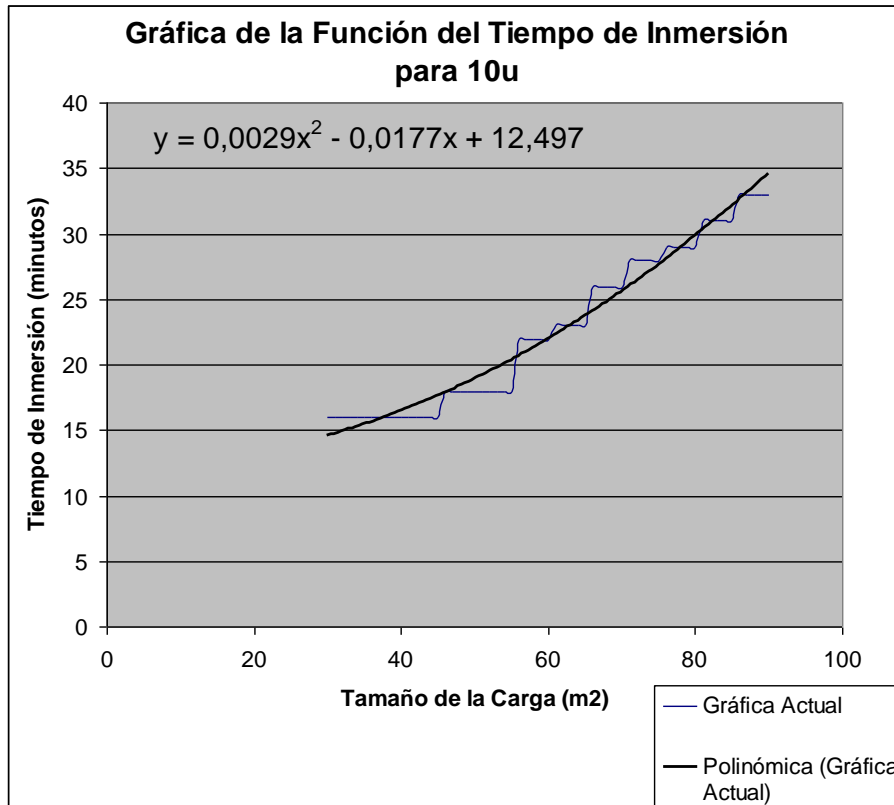


Fig. 2.5 Gráfica y función de la línea de tendencia para 10 micras de la capa anódica.

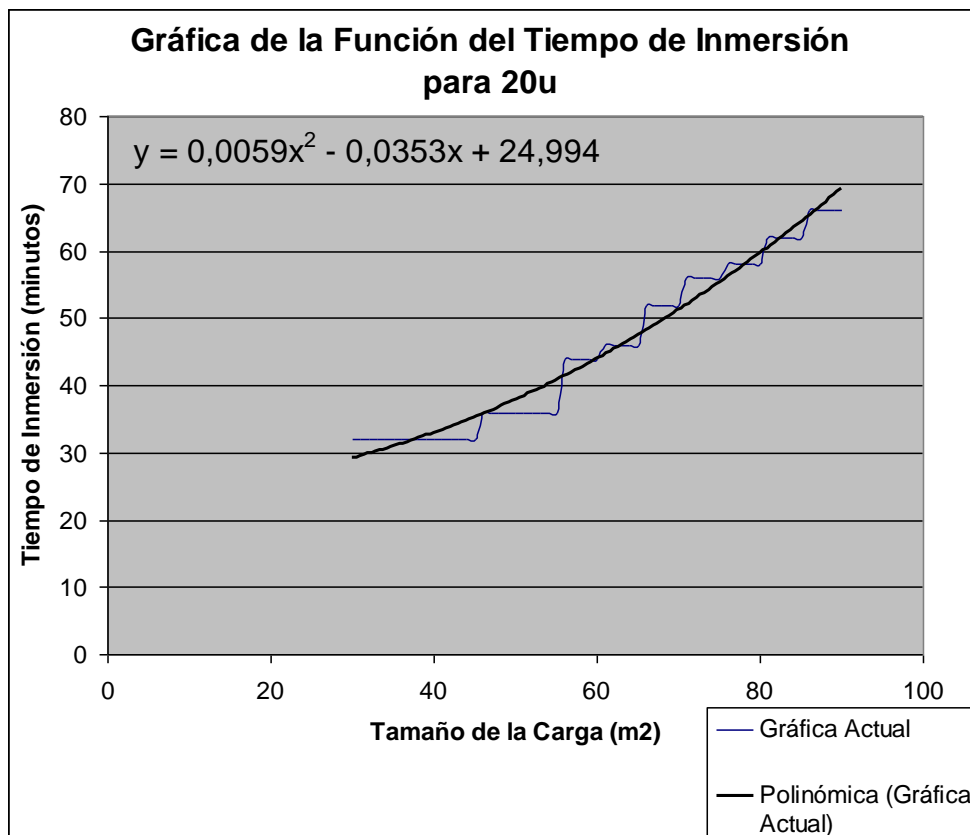


Fig. 2.6 Gráfica y función de la línea de tendencia para 20 micras de capa anódica.

2.3.2 Diseño e Implementación de la Configuración de las Comunicaciones.

Con la utilización del RSLinx se habilita las comunicaciones tanto para programar el PLC con el RSLogix 500 como para enlazarlo con el RSView32. Para lo cual se ingresa al RSLinx y se configura el driver de comunicación con el siguiente procedimiento:

1. En la opción Configure Driver se selecciona el interfaz de comunicación:

A1) Se elige para la interfaz RS-232 con el protocolo DF1:

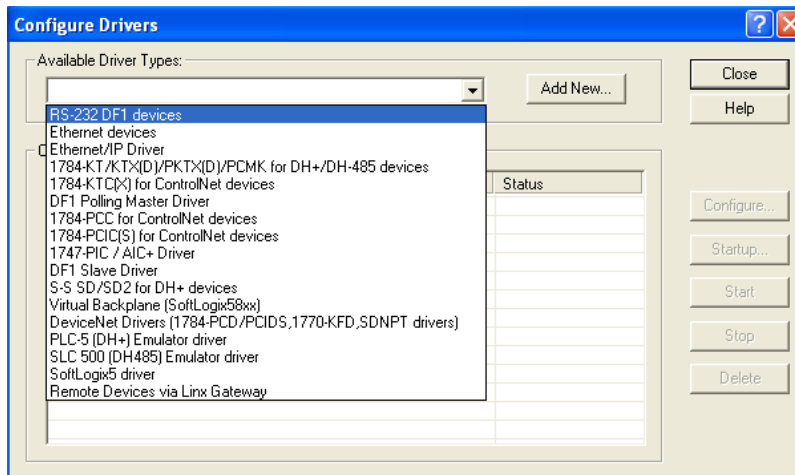


Fig. 2.7 Selección con el RSLinx del driver de comunicación para la interfaz RS-232.

A2) Se selecciona un nombre para el driver.

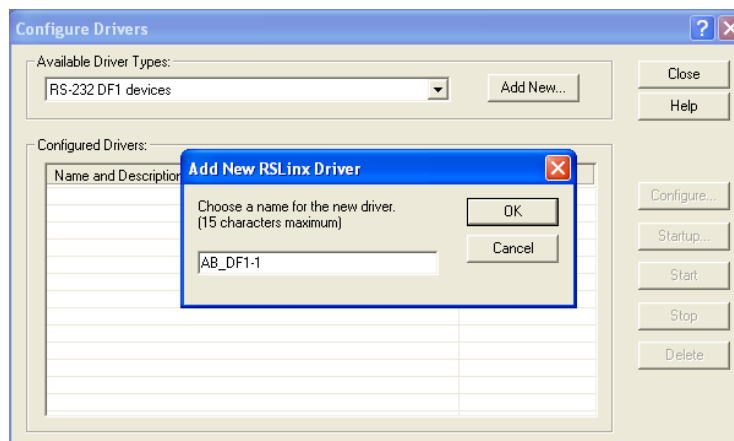


Fig. 2.8 Elección del nombre del driver de comunicación para el interfaz RS-232.

A3) Se configura el driver eligiendo el puerto serial de comunicación del PC, el canal de comunicación del PLC, la velocidad de transmisión, la paridad, los bits de parada, el tipo de detección de errores y el protocolo.

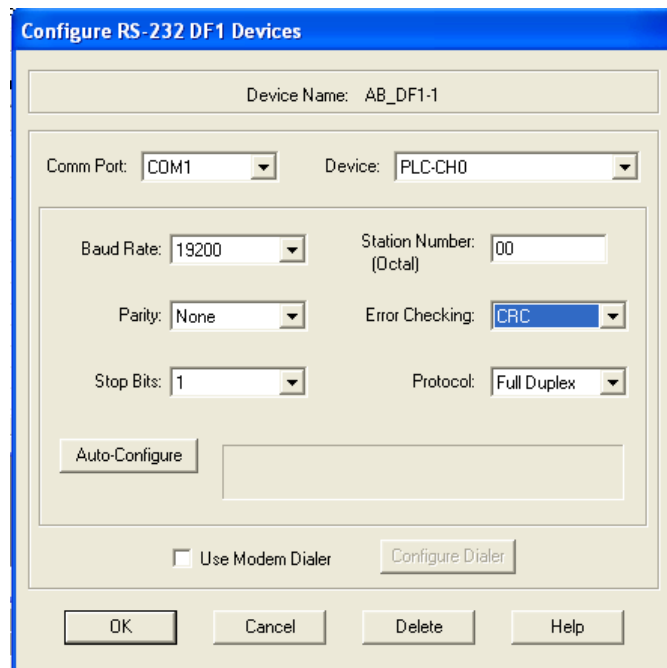


Fig. 2.9 Configuración del driver para la interfaz RS-232.

A4) Se ejecuta el driver.

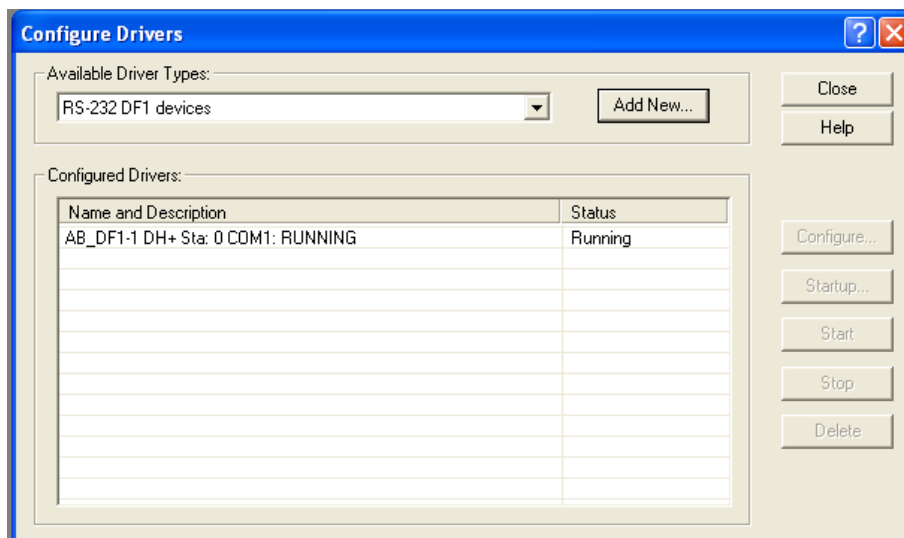


Fig. 2.10 Ejecución del driver para la interfaz RS-232.

B1) Se elige para la interfaz Ethernet con el protocolo para dispositivos de una red Ethernet:

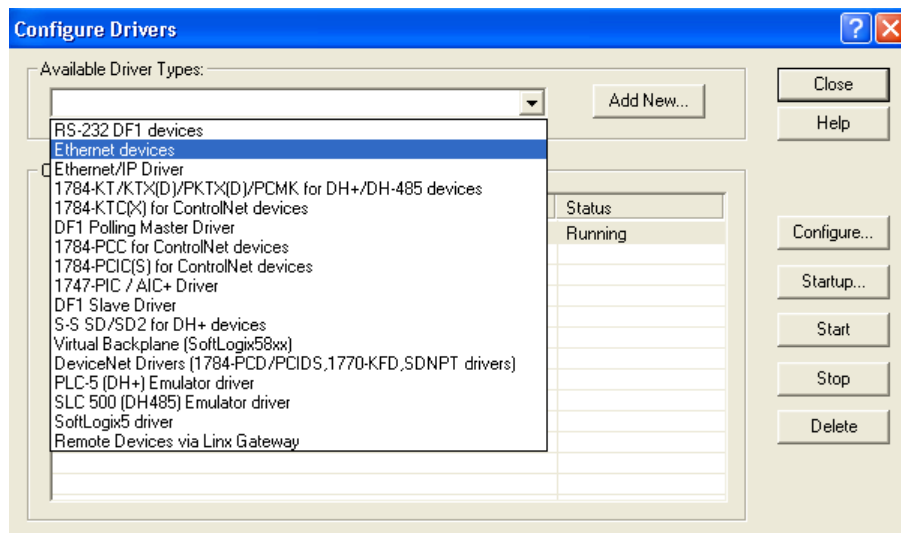


Fig. 2.11 Selección con el RSLinx del driver de comunicación para la interfaz Ethernet.

B2) Se selecciona un nombre para el driver.

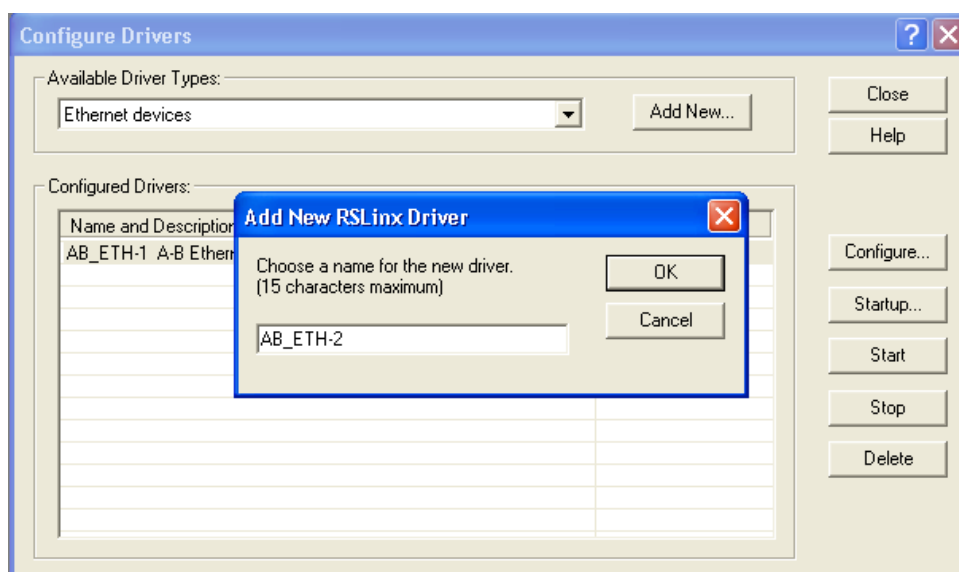


Fig. 2.12 Elección del nombre del driver de comunicación para el interfaz Ethernet.

B3) Se configura el driver ingresando la dirección IP del PLC.

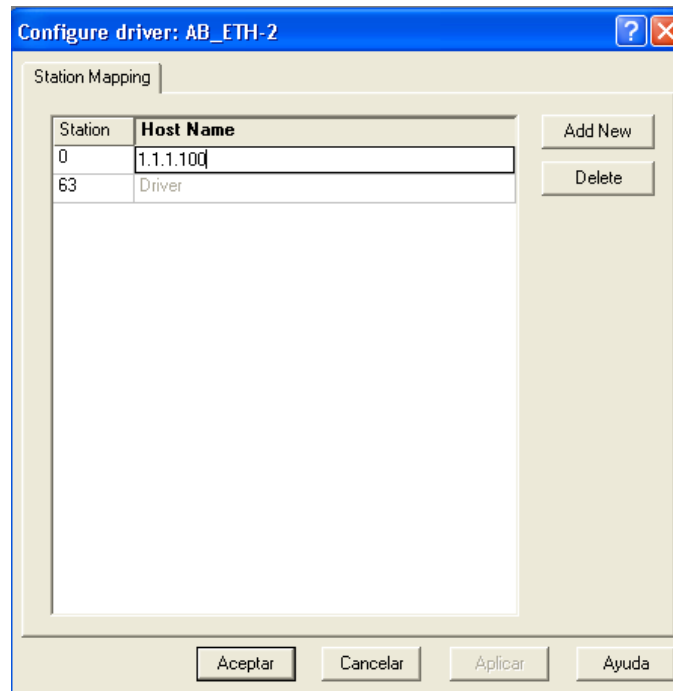


Fig. 2.13 Configuración del driver para la interfaz Ethernet.

B4) Se ejecuta el driver.

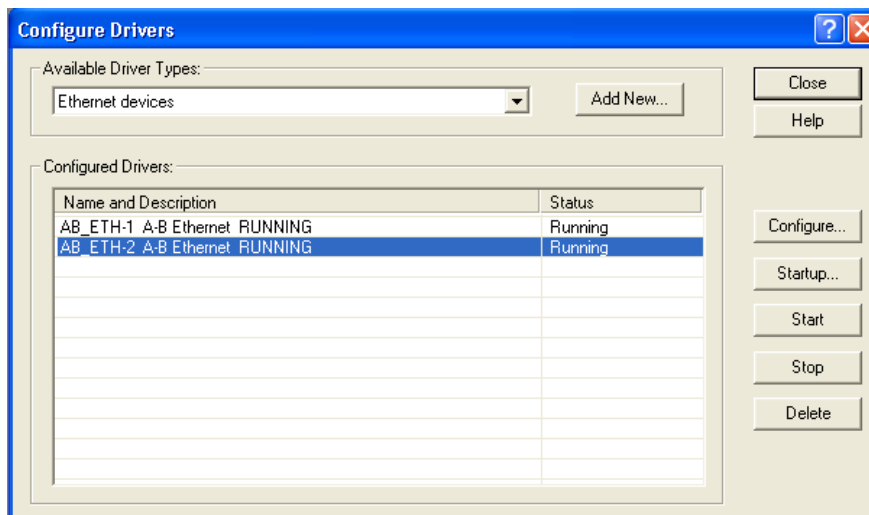


Fig. 2.14 Ejecución del driver para la interfaz Ethernet.

B5) Dentro del RSLinx haciendo uso del RSWho se verifica que el PLC este en red con el PC.

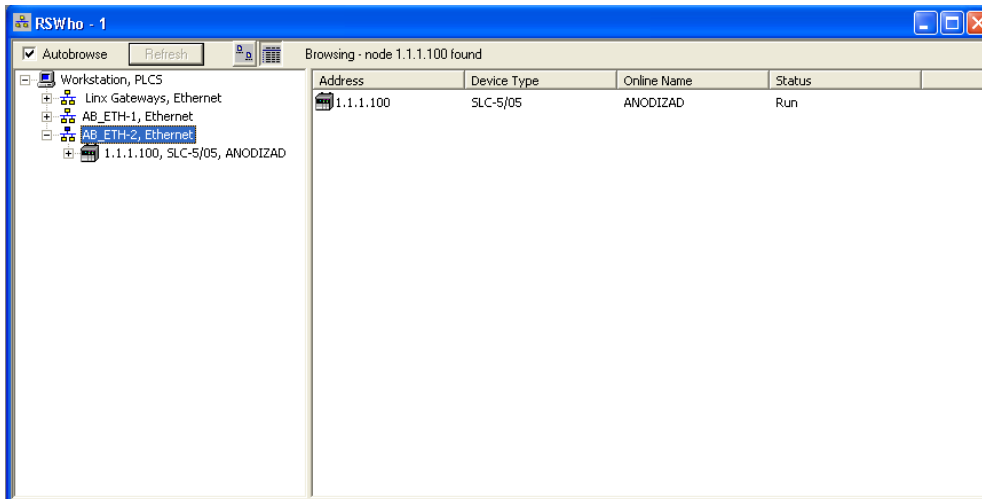


Fig. 2.15 Verificación de la red Ethernet entre la PC y el PLC.

2. Al realizar el programa del PLC con el RSLogix ingresando a la opción Channel Configuration se debe configurar los dos canales de comunicación que posee la CPU del PLC SLC 5/05 el Channel 0 con una interfaz RS-232 y el Channel 1 con la interfaz Ethernet.

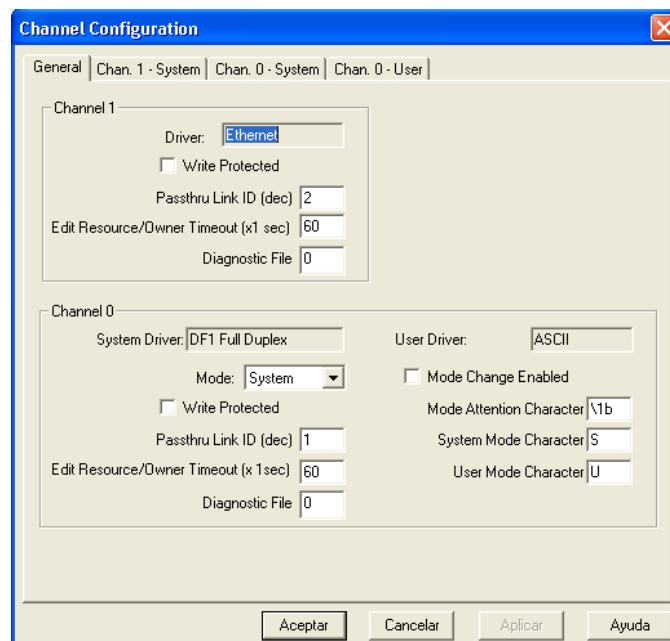


Fig. 2.16 Ventana Channel Configuration del RSLogix500.

A) Al configurar el Channel 0 del PLC SLC 5/05 se elige el driver de comunicación, el número de dispositivo que tiene el PLC en la red, la velocidad de transmisión, la paridad, los bits de parada y el tipo de detección de errores.

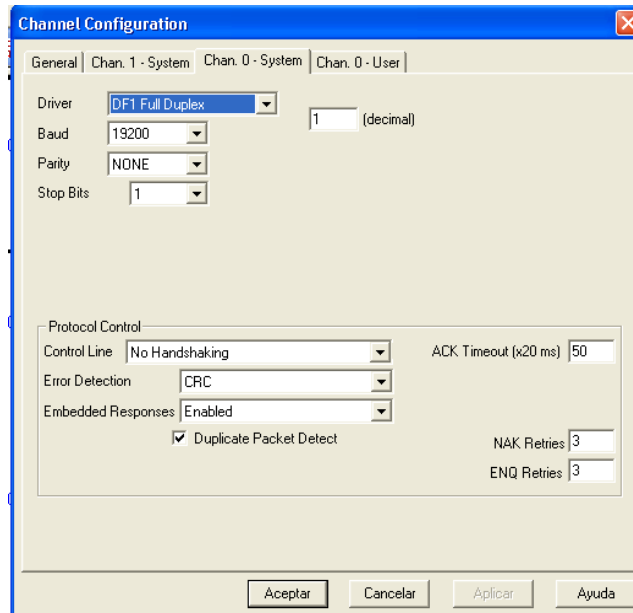


Fig. 2.17 Configuración del Canal 0 de comunicación del SLC 5/05.

B) Al configurar el Channel 1 del PLC SLC 5/05 se ingresa la dirección IP del PLC y la máscara de red.

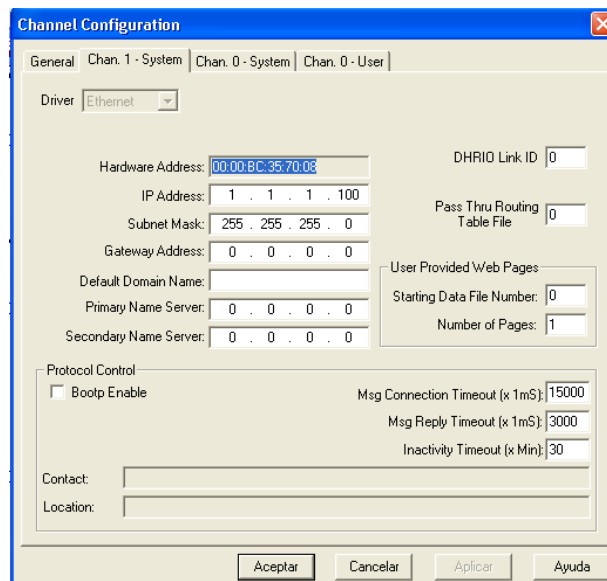


Fig. 2.18 Configuración del Canal 1 de comunicación del SLC 5/05.

2.3.3 Diseño e Implementación del Software del SCADA (RSView32).

En la tabla 2.12 se encuentra la distribución de alarmas generadas por algoritmos de programación en la estructura de la memoria interna del PLC con una breve descripción del uso que se le da en el programa, el módulo asociado con la respectiva dirección del canal de entrada donde se obtiene el dato o evento que disparará la alarma, el tipo de dato y las marcas relacionadas con ellas.

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 1			
DESCRIPCIÓN	MODULO ASOCIADO	TIPO DE DATO	ADDRESS
Alarma de Cable de Sensor de Corriente del Rectificador Cortado	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:4/10
Alarma de Corriente Insuficiente	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:4/11
Alarma de Corriente Cero	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:4/12
Alarma de Corriente Excesiva	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:16/0
Alarma de Cable de Sensor de Voltaje del Rectificador Cortado	1746-NI8 (2) I:6.0	Digital (boolean)	B3:9/0
Alarma de Voltaje Insuficiente	1746-NI8 (2) I:6.0	Digital (boolean)	B3:9/1
Alarma de Voltaje Cero	1746-NI8 (2) I:6.0	Digital (boolean)	B3:9/2
Alarma de Cable de Sensor de Temperatura Cortado	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:6/5
Alarma por Temperatura fuera de Rango Seguro	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:6/0
Alarma por Temperatura Crítica	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:17/0

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 2			
DESCRIPCIÓN	MODULO ASOCIADO	TIPO DE DATO	ADDRESS
Alarma de Cable de Sensor de Corriente del Rectificador Cortado	1746-NI8 (1) I:5.1	Digital (boolean)	B3:4/13

Alarma de Corriente Insuficiente	1746-NI8 (1) I:5.1	Digital (boolean)	B3:4/14
Alarma de Corriente Cero	1746-NI8 (1) I:5.1	Digital (boolean)	B3:4/15
Alarma de Corriente Excesiva	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:16/1
Alarma de Cable de Sensor de Voltaje del Rectificador Cortado	1746-NI8 (2) I:6.1	Digital (boolean)	B3:9/3
Alarma de Voltaje Insuficiente	1746-NI8 (2) I:6.1	Digital (boolean)	B3:9/4
Alarma de Voltaje Cero	1746-NI8 (2) I:6.1	Digital (boolean)	B3:9/5
Alarma de Cable de Sensor de Temperatura Cortado	1746-NT8 I:7.1	Digital (boolean)	B3:6/6
Alarma por Temperatura fuera de Rango Seguro	1746-NT8 I:7.1	Digital (boolean)	B3:6/1
Alarma por Temperatura Crítica	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:17/1

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 3			
DESCRIPCIÓN	MODULO ASOCIADO	TIPO DE DATO	ADDRESS
Alarma de Cable de Sensor de Corriente del Rectificador Cortado	1746-NI8 (1) I:5.2	Digital (boolean)	B3:5/0
Alarma de Corriente Insuficiente	1746-NI8 (1) I:5.2	Digital (boolean)	B3:5/1
Alarma de Corriente Cero	1746-NI8 (1) I:5.2	Digital (boolean)	B3:5/2
Alarma de Corriente Excesiva	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:16/2
Alarma de Cable de Sensor de Voltaje del Rectificador Cortado	1746-NI8 (2) I:6.2	Digital (boolean)	B3:9/6
Alarma de Voltaje Insuficiente	1746-NI8 (2) I:6.2	Digital (boolean)	B3:9/7
Alarma de Voltaje Cero	1746-NI8 (2) I:6.2	Digital (boolean)	B3:9/8
Alarma de Cable de Sensor de Temperatura Cortado	1746-NT8 I:7.2	Digital (boolean)	B3:6/7
Alarma por Temperatura fuera de Rango Seguro	1746-NT8 I:7.2	Digital (boolean)	B3:6/2

Alarma por Temperatura Crítica	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:17/2
--------------------------------	-------------------	----------------------	---------

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 4			
DESCRIPCIÓN	MODULO ASOCIADO	TIPO DE DATO	ADDRESS
Alarma de Cable de Sensor de Corriente del Rectificador Cortado	1746-NI8 (1) I:5.3	Digital (boolean)	B3:5/3
Alarma de Corriente Insuficiente	1746-NI8 (1) I:5.3	Digital (boolean)	B3:5/4
Alarma de Corriente Cero	1746-NI8 (1) I:5.3	Digital (boolean)	B3:5/5
Alarma de Corriente Excesiva	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:16/3
Alarma de Cable de Sensor de Voltaje del Rectificador Cortado	1746-NI8 (2) I:6.3	Digital (boolean)	B3:9/9
Alarma de Voltaje Insuficiente	1746-NI8 (2) I:6.3	Digital (boolean)	B3:9/10
Alarma de Voltaje Cero	1746-NI8 (2) I:6.3	Digital (boolean)	B3:9/11
Alarma de Cable de Sensor de Temperatura Cortado	1746-NT8 I:7.3	Digital (boolean)	B3:6/8
Alarma por Temperatura fuera de Rango Seguro	1746-NT8 I:7.3	Digital (boolean)	B3:6/3
Alarma por Temperatura Crítica	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:17/3

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 5			
DESCRIPCIÓN	MODULO ASOCIADO	TIPO DE DATO	ADDRESS
Alarma de Cable de Sensor de Corriente del Rectificador Cortado	1746-NI8 (1) I:5.4	Digital (boolean)	B3:5/6
Alarma de Corriente Insuficiente	1746-NI8 (1) I:5.4	Digital (boolean)	B3:5/7
Alarma de Corriente Cero	1746-NI8 (1) I:5.4	Digital (boolean)	B3:5/8
Alarma de Corriente Excesiva	1746-NI8 (1) I:5.0	Digital (boolean)	B3:16/4

Alarma de Cable de Sensor de Voltaje del Rectificador Cortado	1746-NI8 (2) I:6.4	Digital (boolean)	B3:9/12
Alarma de Voltaje Insuficiente	1746-NI8 (2) I:6.4	Digital (boolean)	B3:9/13
Alarma de Voltaje Cero	1746-NI8 (2) I:6.4	Digital (boolean)	B3:9/14
Alarma de Cable de Sensor de Temperatura Cortado	1746-NT8 I:7.4	Digital (boolean)	B3:6/9
Alarma por Temperatura fuera de Rango Seguro	1746-NT8 I:7.4	Digital (boolean)	B3:6/4
Alarma por Temperatura Crítica	1746-NT8 I:7.0	Digital (boolean)	B3:17/4

Tabla 2.12 Descripción de las alarmas generadas por algoritmos de programación.

2.3.4 HMI (Pantallas) del Scada (RSView32).

El HMI de la aplicación para el Scada está desarrollado con el RSView32 de Rockwell Automation, consta de 9 pantallas, que se describirán a continuación con sus respectivas funciones y seguridades:

1. Inicio_Anodizado: Es la primera ventana que siempre aparece al correr la aplicación del Scada en el RSView y es de libre acceso; en ella se aprecia la fecha, hora, título del proyecto, logo de la empresa con un gráfico aproximado del proceso y el botón MENU. También se puede acceder desde las pantallas que posean el botón INICIO (Figura 2.19).



Fig. 2.19 Vista de la pantalla Inicio_Anodizado

2. Menú_Principal_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón MENU que se encuentra en varias pantallas de la aplicación. A ella pueden acceder con la clave propia de esta pantalla. En ella se aprecia el título de la pantalla y los botones: PROCESO, DENSIDAD CORRIENTE, TEMPERATURAS, VOLTAJE Y CORRIENTE y ALARMAS; además del botón INICIO (Figura 2.20).

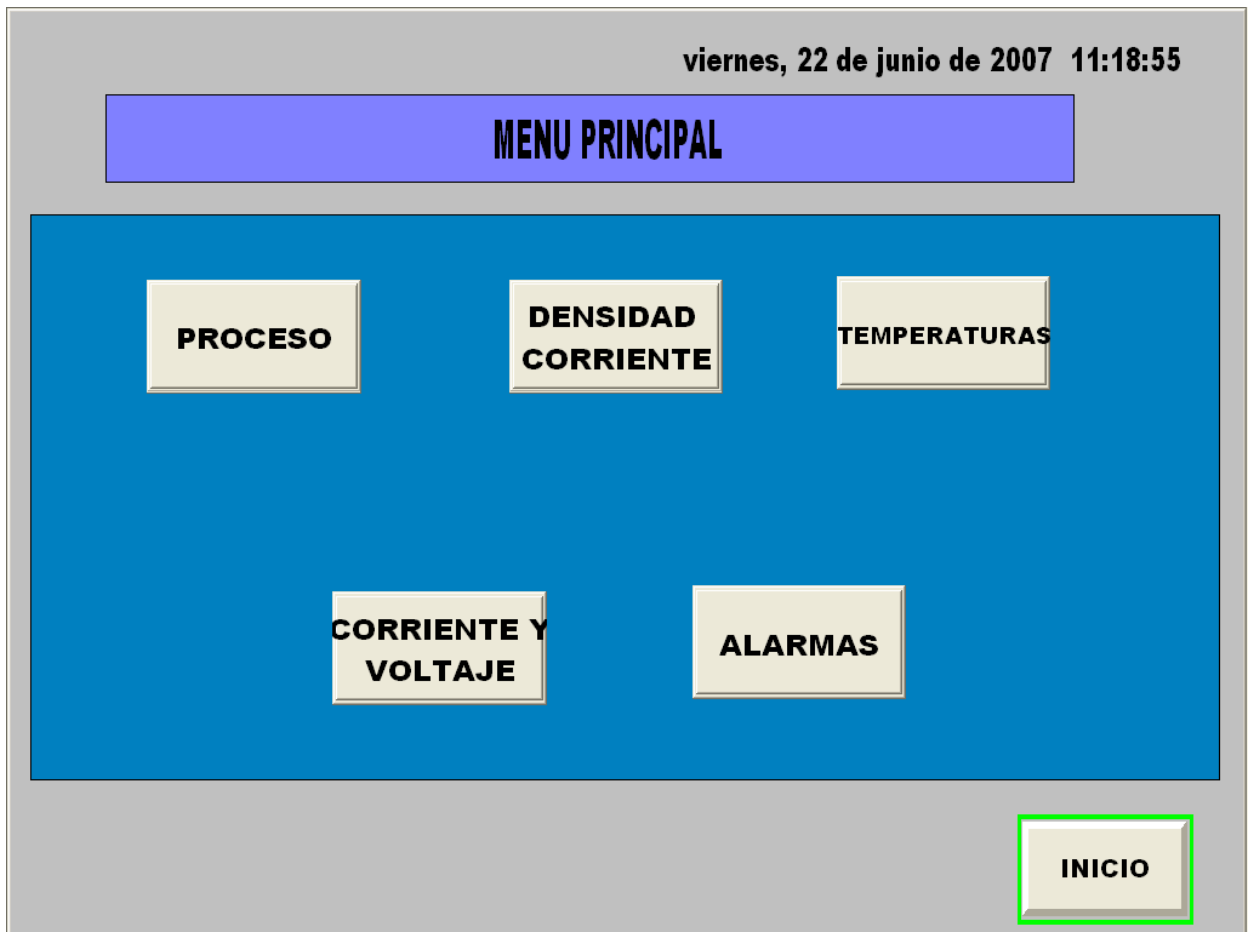


Fig. 2.20 Vista de la pantalla Menú_Principal_Naturales.

3. Proceso_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón PROCESO que se encuentra en la pantalla Menu_Principal_Naturales. A esta se puede acceder una vez se halla ingresado a la pantalla MENU. En ella se puede apreciar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar y el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado de cada Natural que se esté efectuando en ese momento, además de visualizar si este tiempo ha sido ajustado de forma automática o manual. Posee también título de la pantalla y el botón MENU (Figura 2.21).

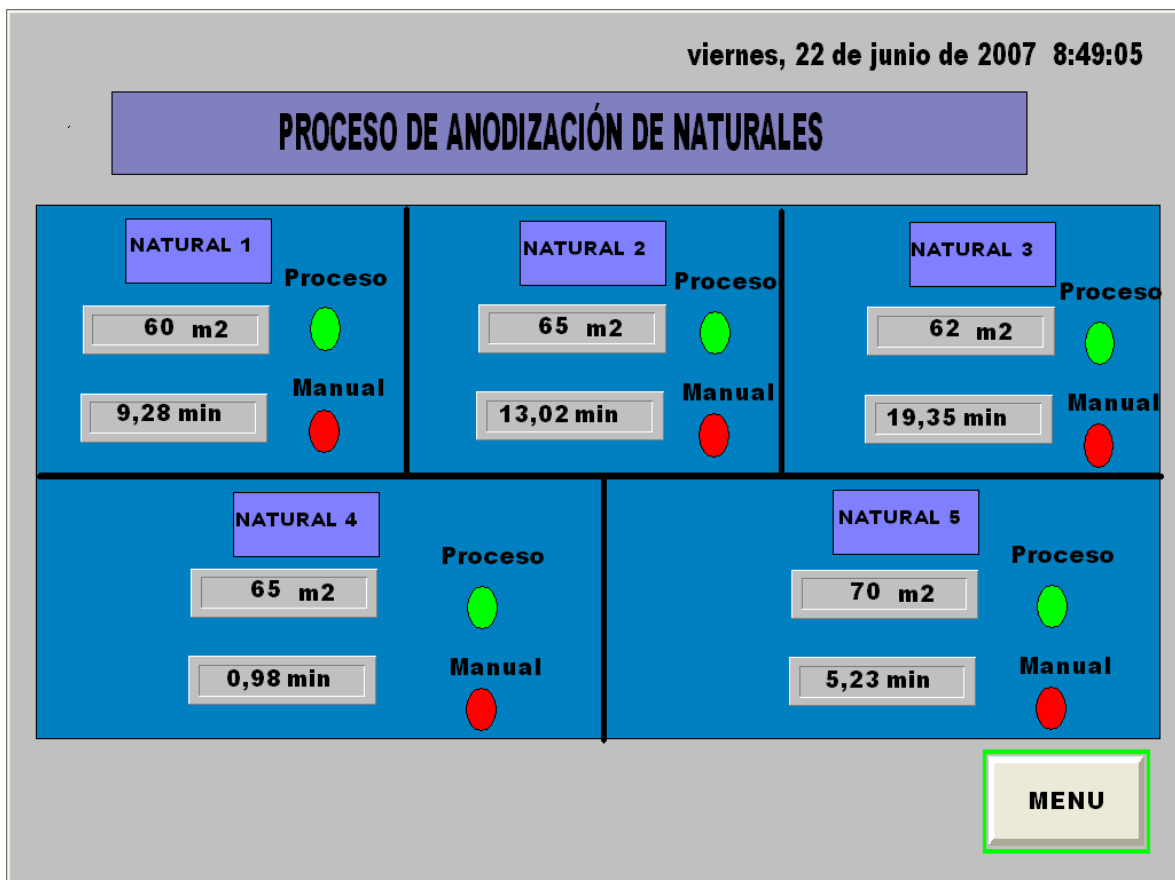


Fig. 2.21 Vista de la pantalla Proceso_Naturales.

4. Densidad de Corriente_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón DENSIDAD CORRRIENTE que se encuentra en la pantalla Menú_Principal_Naturales y el botón RETURN de la pantalla Gráfico_Densidad_Corriente_Naturales. A esta se puede acceder una vez se halla ingresado a la pantalla MENU. En ella se puede visualizar la densidad de corriente en los cinco tanques de anodizado de naturales (Corriente de Salida del Rectificador/Superficie de la Carga: A/m²). Posee el título de pantalla y el botón MENU y TRENDS (Figura 2.22).

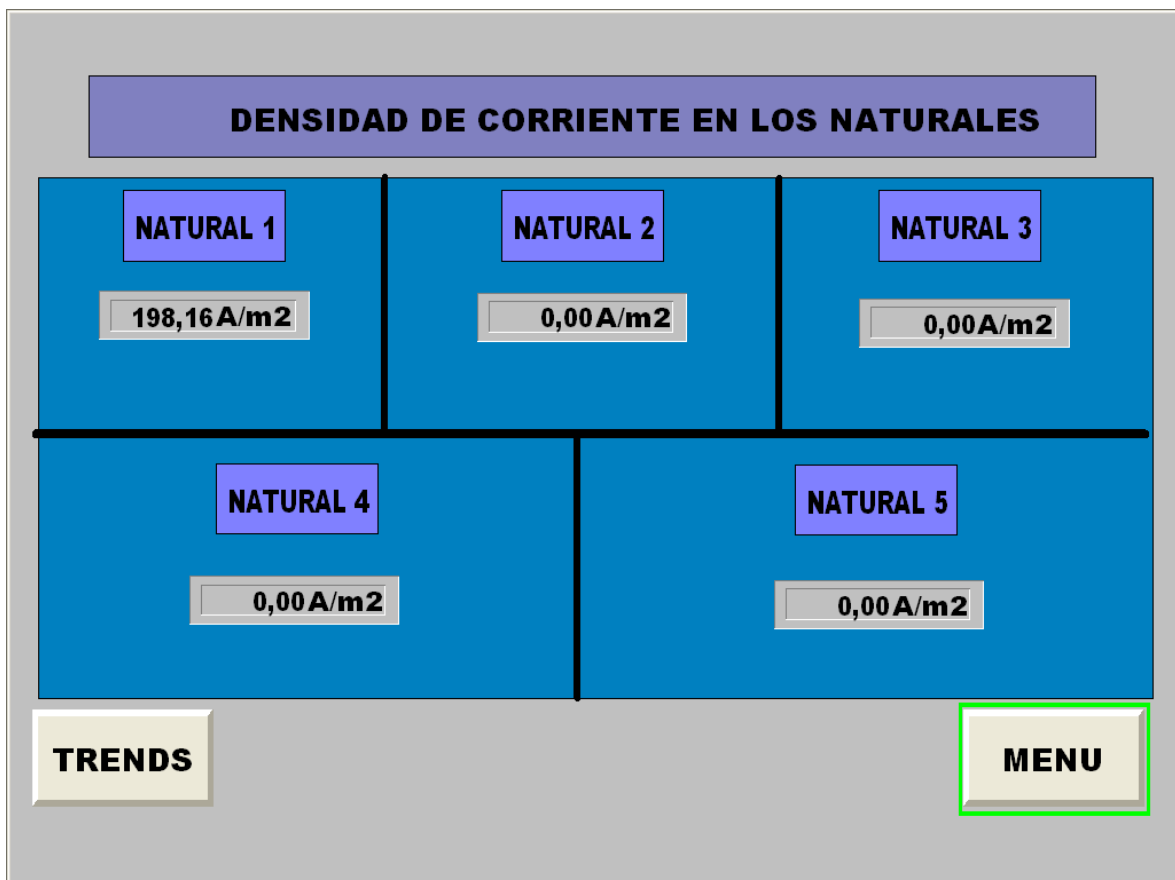


Fig. 2.22 Vista de la pantalla Densidad de Corriente_Naturales.

5. Temperaturas_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón TEMPERATURAS que se encuentra en la pantalla Menú_Principal_Naturales y el botón RETURN de la pantalla Gráfico_Temperatutas_Naturales. A esta se puede acceder una vez se halla ingresado a la pantalla MENU. En ella se aprecia la temperatura del electrolito de los cinco tanques de naturales y se hace visible una bomba con animación por cada natural, cada vez que su bomba de enfriamiento se encienda. Posee título de pantalla y el botón MENU y TRENDS (Figura 2.23).

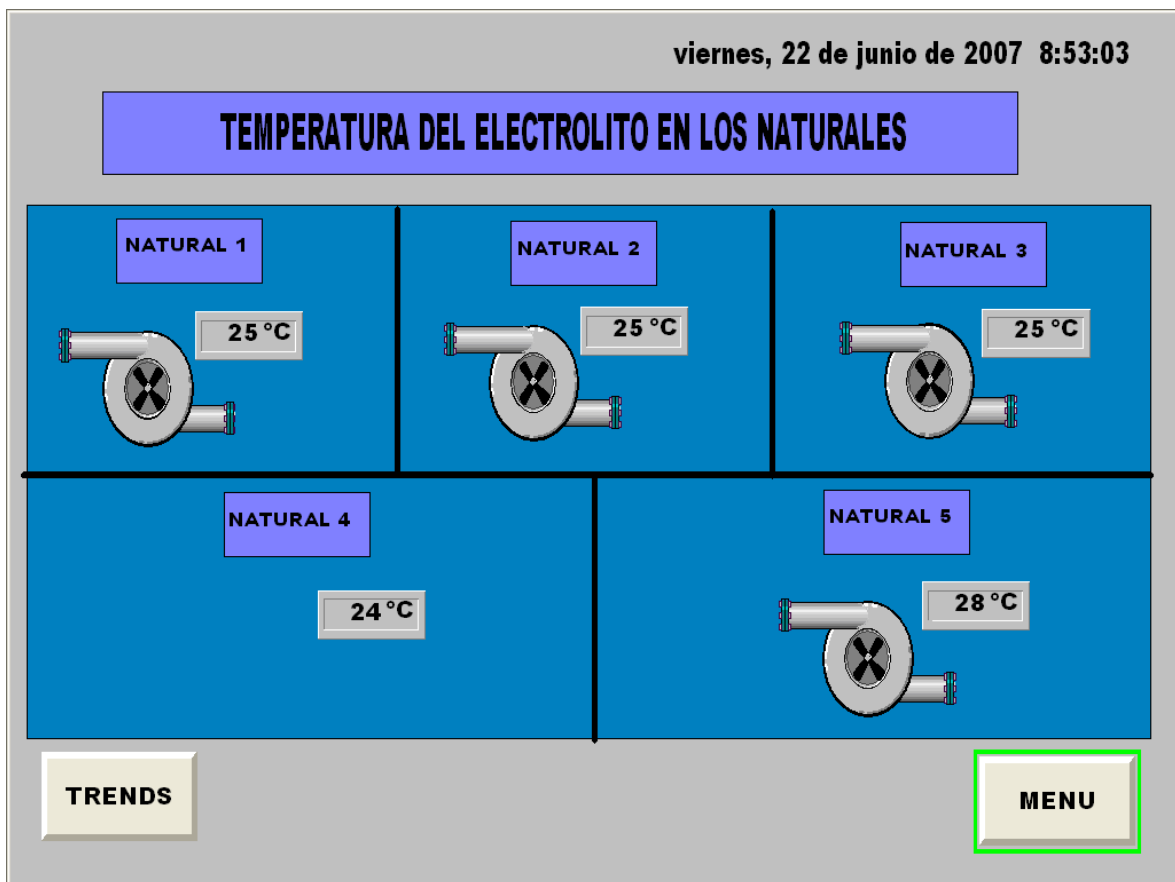


Fig. 2.23 Vista de la pantalla Temperaturas_Naturales.

6. Corriente y Voltaje_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón CORRIENTE y VOLTAJE que se encuentra en la pantalla Menú_Principal_Naturales. A esta se puede acceder una vez se haya ingresado a la pantalla MENU. En ella se puede visualizar la corriente y voltaje de salida de los cinco rectificadores de naturales. Posee el título de pantalla y el botón MENU (Figura 2.24).

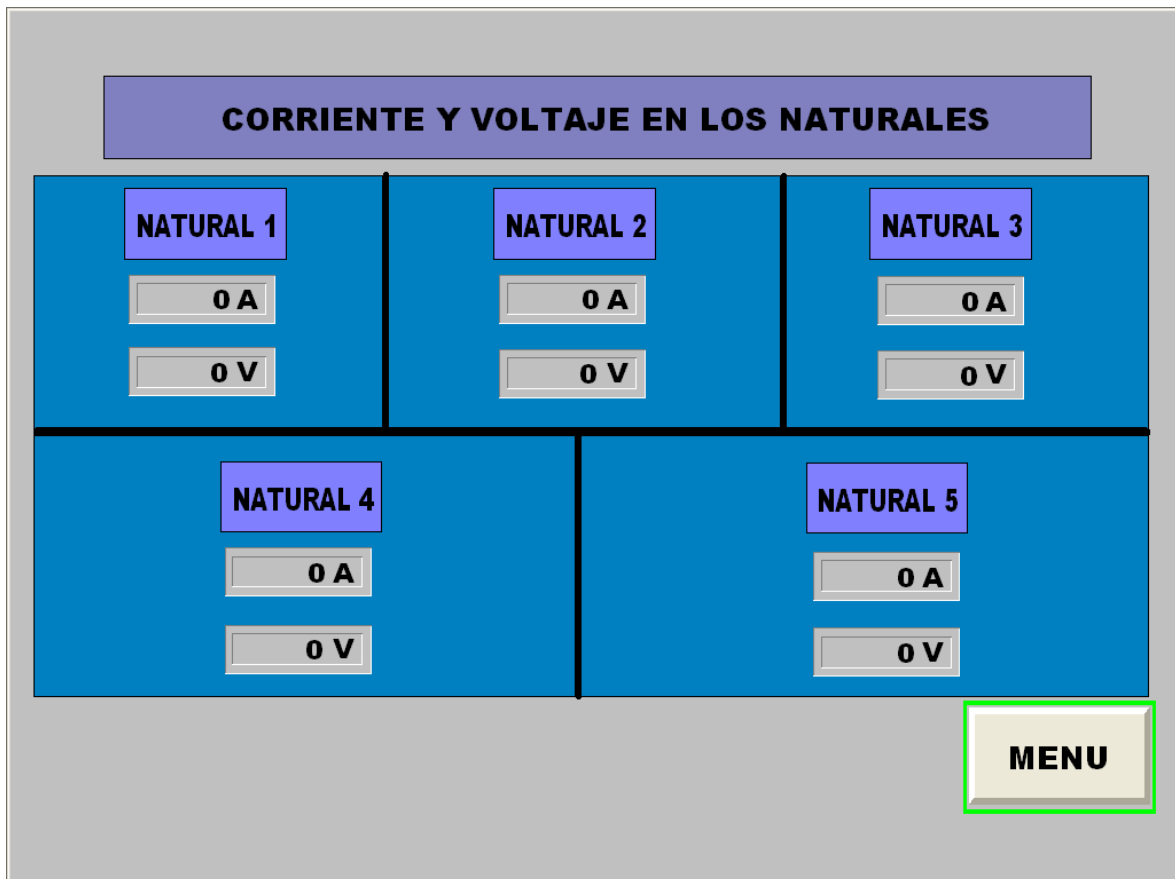


Fig. 2.24 Vista de la pantalla Corriente y Voltaje_Naturales.

7. Alarmas_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón que se encuentra en la pantalla Menú_Principal_Naturales. En esta se puede visualizar el tag de origen, valor, unidades, fecha, hora y que alarma o alarmas sucedieron. Posee botones para reconocer, filtrar e identificar las alarmas (Figura 2.25).

viernes, 22 de junio de 2007 8:53:59

ALARMAS DE LOS NATURALES

Alarm Date	Alarm Time	Tagname	Tag Value	Tag Units	Alarm Severity	Alarm Label
22/06/2007	5:33:36	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	Grados Centigrados		
22/06/2007	5:33:34	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat5
21/06/2007	21:16:51	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	21:16:38	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4
21/06/2007	19:50:11	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	19:50:08	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4
21/06/2007	19:36:09	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	25	Grados Centigrados		
21/06/2007	19:36:07	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	39	Grados Centigrados	1	Temp_Crit_Elect_Nat4
21/06/2007	19:12:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	19:12:48	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4
21/06/2007	18:32:18	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	18:32:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	36	Grados Centigrados	1	Temp_Crit_Elect_Nat4
21/06/2007	18:32:01	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	18:31:59	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4
21/06/2007	17:32:38	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	32	Grados Centigrados		
21/06/2007	17:32:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	35	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4
21/06/2007	16:15:22	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	Grados Centigrados		
21/06/2007	16:15:16	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	34	Grados Centigrados	2	Temp_Exc_Elect_Nat4

<

>

Ack All
Filter
Sort

MENU

Fig. 2.25 Vista de la pantalla de Alarmas_Naturales.

8. Gráfico_Temperaturas_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón TRENDS que se encuentra en la pantalla Temperaturas_Naturales. A esta se puede acceder una vez se haya ingresado a la pantalla MENU. En ella se aprecia un gráfico de tendencia histórico (Historical) de las temperaturas del electrolito de los cinco tanques de naturales. Tiene controles que permiten variar la escala en Y(valor de la temperatura) y en X (rango de tiempo en segundos), detener e iniciar la visualización del histórico y navegar tanto en X como en Y a través del gráfico histórico. Posee también título de pantalla, los botones MENU y RETURN (Figura 2.26).

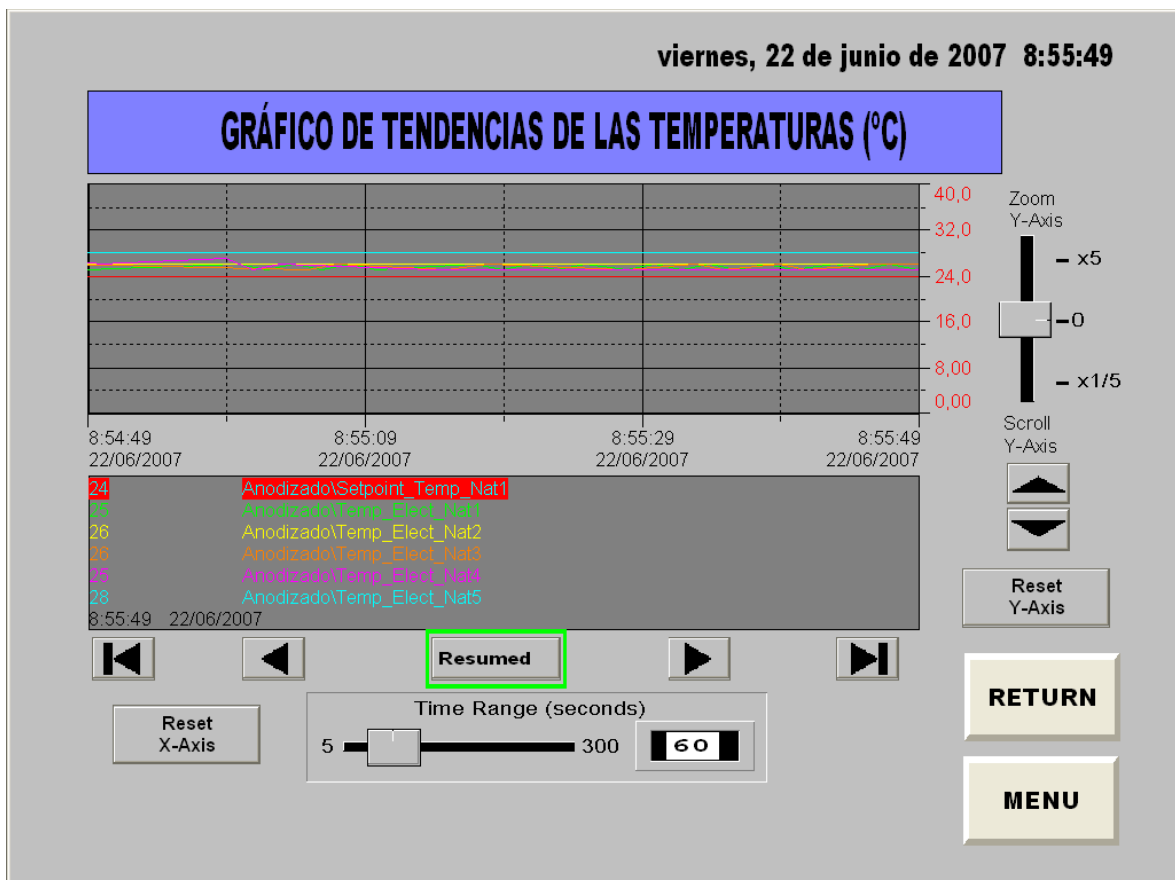


Fig. 2.26 Vista de la pantalla Gráfico_Temperaturas_Naturales.

9. Gráfico_Densidad_Corriente_Naturales: Se ingresa a esta ventana al presionar el botón TRENDS que se encuentra en la pantalla Densidad de Corriente_Naturales. A esta se puede acceder una vez se haya ingresado a la pantalla MENU. En ella se aprecia un gráfico de tendencia histórico (Historical) con las densidades de corriente en los cinco naturales. Tiene controles que permiten variar la escala en Y (valor de la densidad de corriente) y en X (rango de tiempo en segundos), detener e iniciar la visualización del histórico y navegar tanto en X como en Y a través del gráfico histórico. Posee también título de pantalla, los botones MENU y RETURN (Figura 2.27).

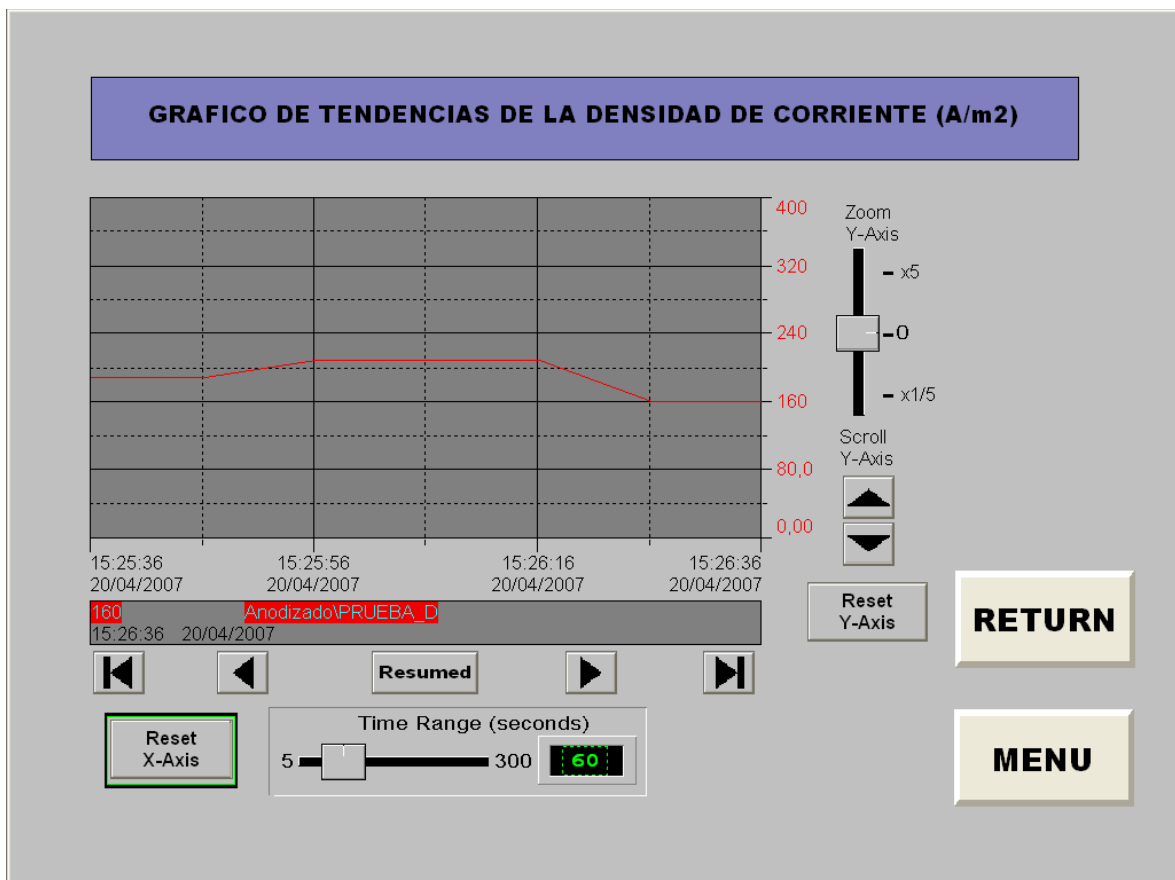


Fig. 2.27 Vista de la pantalla Densidad de Gráfico_Densidad_Corriente_Naturales.

2.3.5 Diseño e Implementación del Software de la Touch Screen.

En la tabla 2.13 constan las características de los tags que son utilizados en el Panel Builder32 por la Touch Screen para conseguir el enlace con las respectivas marcas y registros del PLC, así poder leer y escribir en la memoria de programa del PLC. Además la marca que disparará su alarma. La aplicación creada se denomina **Anodizado_Naturales**.

Estos tags son creados y editados con el Tag Editor que se encuentra en la carpeta System de la ventana Application del PanelBuilder.

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 1				
Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Inicial Value
Ajuste_Tiempo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:13/0	0
Act_Tiempo_10u_Nat1	Bit	SLC-1	B3:4/0	0
Act_Tiempo_20u_Nat1	Bit	SLC-1	B3:2/10	0
Activacion_Bomba_Nat1	Bit	SLC-1	B3:2/0	0
Ajuste_Espesor_Nat1	Bit	SLC-1	B3:18/0	0
Ajuste_Tiempo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:13/0	0
Apagar_Alarma_Nat1	Bit	SLC-1	B3:19/0	0
Ausencia_Bombeo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:0/3	0
Aviso_Fin_Ciclo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:3/5	0
Banda_Histeresis_Nat1	Integer	SLC-1	N7:35	10
Corriente_Nat1	Integer	SLC-1	N7:75	0
Elegir_Tiempo_10u_Nat1	Bit	SLC-1	B3:2/5	0
Elegir_Tiempo_20u_Nat1	Bit	SLC-1	B3:2/10	0
Estado_Ciclo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:0/0	0
Falla_Energia_Bomba_Nat1	Bit	SLC-1	B3:0/2	0
Fin_Ciclo_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/1	0
Inicio_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/0	0
Rec_Alarmas_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/2	0
Rec_Fin_Ciclo_Nat1	Bit	SLC-1	B3:0/1	0

Tamaño_Carga_m2_Nat1	Integer	SLC-1	N7:60	30
Temperatura_Nat1	Integer	SLC-1	N7:10	0
Temperatura_Setpoint_Nat1	Integer	SLC-1	N7:15	24
Tiempo_Inmersion_Nat1	Float	SLC-1	F8:5	0
Tiempo_Manual_Nat1	Integer	SLC-1	N7:110	0
Ver_Tiempo_Min_Nat1	Float	SLC-1	F8:41	0
Voltaje_Nat1	Integer	SLC-1	N7:96	0

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 2				
Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Inicial Value
Ajuste_Tiempo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:13/1	0
Act_Tiempo_10u_Nat2	Bit	SLC-1	B3:4/1	0
Act_Tiempo_20u_Nat2	Bit	SLC-1	B3:2/11	0
Activacion_Bomba_Nat2	Bit	SLC-1	B3:2/1	0
Ajuste_Espesor_Nat2	Bit	SLC-1	B3:18/1	0
Ajuste_Tiempo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:13/1	0
Apagar_Alarma_Nat2	Bit	SLC-1	B3:19/1	0
Ausencia_Bombeo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:0/10	0
Aviso_Fin_Ciclo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:3/6	0
Banda_Histeresis_Nat2	Integer	SLC-1	N7:36	10
Corriente_Nat2	Integer	SLC-1	N7:76	0
Elegir_Tiempo_10u_Nat2	Bit	SLC-1	B3:2/6	0
Elegir_Tiempo_20u_Nat2	Bit	SLC-1	B3:2/11	0
Estado_Ciclo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:0/7	0
Falla_Energia_Bomba_Nat2	Bit	SLC-1	B3:0/9	0
Fin_Ciclo_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/4	0
Inicio_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/3	0
Rec_Alarmas_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/5	0
Rec_Fin_Ciclo_Nat2	Bit	SLC-1	B3:0/8	0
Tamaño_Carga_m2_Nat2	Integer	SLC-1	N7:63	30
Temperatura_Nat2	Integer	SLC-1	N7:11	0
Temperatura_Setpoint_Nat2	Integer	SLC-1	N7:16	24

Tiempo_Inmersión_Nat2	Float	SLC-1	F8:11	0
Tiempo_Manual_Nat1	Integer	SLC-1	N7:111	0
Ver_Tiempo_Min_Nat2	Float	SLC-1	F8:43	0
Voltaje_Nat2	Integer	SLC-1	N7:97	0

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 3				
Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Inicial Value
Ajuste_Tiempo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:13/2	0
Act_Tiempo_10u_Nat3	Bit	SLC-1	B3:4/2	0
Act_Tiempo_20u_Nat3	Bit	SLC-1	B3:2/12	0
Activacion_Bomba_Nat3	Bit	SLC-1	B3:2/2	0
Ajuste_Espesor_Nat3	Bit	SLC-1	B3:18/2	0
Ajuste_Tiempo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:13/2	0
Apagar_Alarma_Nat3	Bit	SLC-1	B3:19/2	0
Ausencia_Bombeo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:0/15	0
Aviso_Fin_Ciclo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:3/7	0
Banda_Histeresis_Nat3	Integer	SLC-1	N7:37	10
Corriente_Nat3	Integer	SLC-1	N7:77	0
Elegir_Tiempo_10u_Nat3	Bit	SLC-1	B3:2/7	0
Elegir_Tiempo_20u_Nat3	Bit	SLC-1	B3:2/12	0
Estado_Ciclo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:0/12	0
Falla_Energia_Bomba_Nat3	Bit	SLC-1	B3:0/14	0
Fin_Ciclo_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/7	0
Inicio_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/6	0
Rec_Alarmas_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/8	0
Rec_Fin_Ciclo_Nat3	Bit	SLC-1	B3:0/13	0
Tamaño_Carga_m2_Nat3	Integer	SLC-1	N7:66	30
Temperatura_Nat3	Integer	SLC-1	N7:12	0
Temperatura_Setpoint_Nat3	Integer	SLC-1	N7:17	24
Tiempo_Inmersión_Nat3	Float	SLC-1	F8:17	0
Tiempo_Manual_Nat1	Integer	SLC-1	N7:112	0
Ver_Tiempo_Min_Nat3	Float	SLC-1	F8:45	0

Voltaje_Nat3	Integer	SLC-1	N7:98	0
--------------	---------	-------	-------	---

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 4				
Ajuste_Tiempo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:13/3	0
Act_Tiempo_10u_Nat4	Bit	SLC-1	B3:4/3	0
Act_Tiempo_20u_Nat4	Bit	SLC-1	B3:2/13	0
Activacion_Bomba_Nat4	Bit	SLC-1	B3:2/3	0
Ajuste_Espesor_Nat4	Bit	SLC-1	B3:18/3	0
Ajuste_Tiempo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:13/3	0
Apagar_Alarma_Nat4	Bit	SLC-1	B3:19/3	0
Ausencia_Bombeo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:1/4	0
Aviso_Fin_Ciclo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:3/8	0
Banda_Histeresis_Nat4	Integer	SLC-1	N7:38	10
Corriente_Nat4	Integer	SLC-1	N7:78	0
Elegir_Tiempo_10u_Nat4	Bit	SLC-1	B3:2/8	0
Elegir_Tiempo_20u_Nat4	Bit	SLC-1	B3:2/13	0
Estado_Ciclo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:1/1	0
Falla_Energia_Bomba_Nat4	Bit	SLC-1	B3:1/3	0
Fin_Ciclo_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/10	0
Inicio_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/9	0
Rec_Alarmas_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/11	0
Rec_Fin_Ciclo_Nat4	Bit	SLC-1	B3:1/2	0
Tamaño_Carga_m2_Nat4	Integer	SLC-1	N7:69	30
Temperatura_Nat4	Integer	SLC-1	N7:13	0
Temperatura_Setpoint_Nat4	Integer	SLC-1	N7:18	24
Tiempo_Inmersion_Nat4	Float	SLC-1	F8:23	0
Tiempo_Manual_Nat1	Integer	SLC-1	N7:113	0
Ver_Tiempo_Min_Nat4	Float	SLC-1	F8:47	0
Voltaje_Nat4	Integer	SLC-1	N7:99	0

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 5				
Tag Name	Data Type	Node Name	Address	Inicial Value

Ajuste_Tiempo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:13/4	0
Act_Tiempo_10u_Nat5	Bit	SLC-1	B3:4/4	0
Act_Tiempo_20u_Nat5	Bit	SLC-1	B3:2/14	0
Activacion_Bomba_Nat5	Bit	SLC-1	B3:2/4	0
Ajuste_Espesor_Nat5	Bit	SLC-1	B3:18/4	0
Ajuste_Tiempo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:13/4	0
Apagar_Alarma_Nat5	Bit	SLC-1	B3:19/4	0
Ausencia_Bombeo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:1/9	0
Aviso_Fin_Ciclo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:3/9	0
Banda_Histeresis_Nat5	Integer	SLC-1	N7:39	10
Corriente_Nat5	Integer	SLC-1	N7:79	0
Elegir_Tiempo_10u_Nat5	Bit	SLC-1	B3:2/9	0
Elegir_Tiempo_20u_Nat5	Bit	SLC-1	B3:2/14	0
Estado_Ciclo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:1/6	0
Falla_Energia_Bomba_Nat5	Bit	SLC-1	B3:1/8	0
Fin_Ciclo_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/13	0
Inicio_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/12	0
Rec_Alarmas_Aux_Nat1	Bit	SLC-1	B3:15/14	0
Rec_Fin_Ciclo_Nat5	Bit	SLC-1	B3:1/7	0
Tamaño_Carga_m2_Nat5	Integer	SLC-1	N7:72	30
Temperatura_Nat5	Integer	SLC-1	N7:14	0
Temperatura_Setpoint_Nat5	Integer	SLC-1	N7:19	24
Tiempo_Inmersion_Nat5	Float	SLC-1	F8:29	0
Tiempo_Manual_Nat1	Integer	SLC-1	N7:114	0
Ver_Tiempo_Min_Nat5	Float	SLC-1	F8:49	0
Voltaje_Nat5	Integer	SLC-1	N7:100	0

Tabla 2.13 Características de los tags utilizados para el programa de la Touch Screen.

2.3.6 Configuración de Comunicaciones de la Touch Screen.

Dentro de la aplicación creada con el PanelBuilder32 seleccionar Terminal Setup de la carpeta Application Settings e ingresar la siguiente configuración (Figura 2.28):

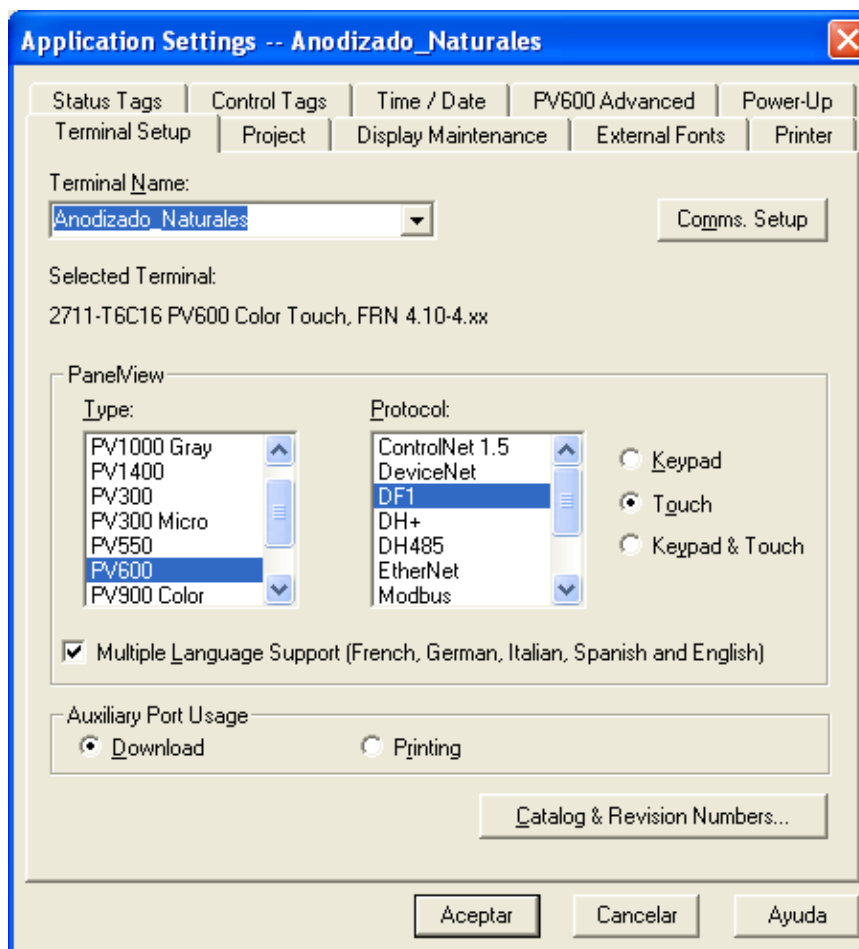


Fig. 2.28 Selección del protocolo de comunicaciones del PanelView

En esta ventana se debe acceder a la configuración del canal de comunicación de acuerdo al protocolo seleccionado, ingresando a la opción Comms_Setup. Esta configuración debe ser la misma que la realizada para el Canal 0 del PLC para que

pueda intercambiar datos con la Touch Screen. Además de que será punto a punto, creando y nombrando un nodo de comunicación con un PLC SLC 5/05 (Figura 2.29).

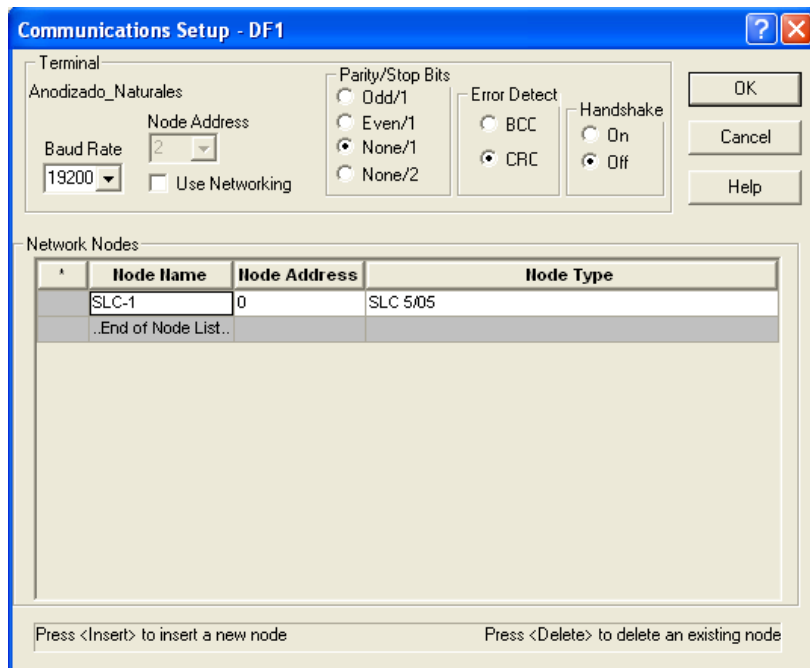


Fig. 2.29 Configuración del canal de comunicación del PanelView.

2.3.7 HMI (Pantallas) de la Touch Screen.

El HMI de la aplicación para el PanelView consta de 24 pantallas, que se describirán a continuación con sus respectivas funciones y seguridades:

1. Inicio_Anodizado: Es la primera pantalla que siempre aparece al encender el PanelView y es de libre acceso; en ella se aprecia la fecha, hora, título del proyecto, logo de la empresa, los botones SETUP y MENU. También se puede acceder desde las pantallas que posean el botón INICIO (Figura 2.30).



Fig. 2.30 Vista de la pantalla Inicio_Anodizado

2. Menú_Principal: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón MENU que se encuentra en varias pantallas de la aplicación. A ella pueden acceder todos los operadores, el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad o con la clave propia de esta pantalla. En ella se aprecia el título de la pantalla, hora; los botones: NATURAL 1, NATURAL 2, NATURAL 3, NATURAL 4 y NATURAL 5; además de los botones TIEMPOS, CORRIENTE, DENSIDAD, VOLTAJE, TEMPERATURA, BOMBAS e INICIO (Figura 2.31).

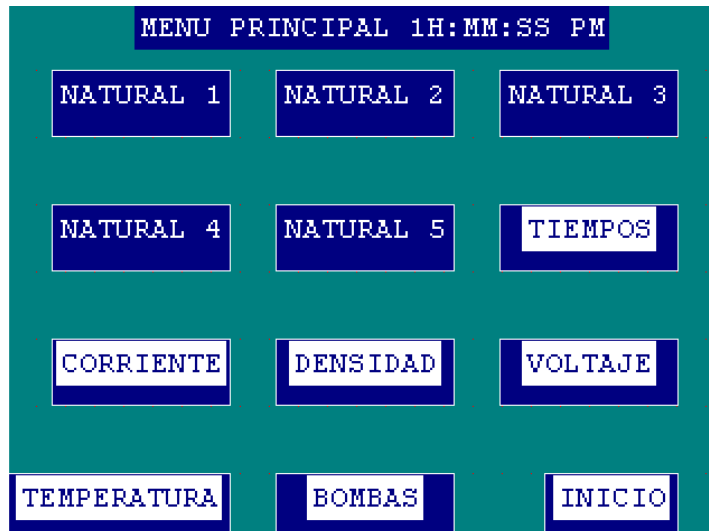


Fig. 2.31 Vista de la pantalla Menú_Principal

3. Tiempo_Inmersión_Natural 1: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón NATURAL 1. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 1 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede determinar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar, el grosor de la capa anódica en micras y visualizar el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado; además de seleccionar el inicio del ciclo (botón START), fin de ciclo (botón STOP) y resetear la alarma (botón RESET ALARMA). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones MENU y PROCESO (Figura 2.32).



Fig. 2.32 Vista de la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 1.

4. Tiempo_Inmersión_Natural 2: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón NATURAL 2. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 2 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede determinar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar, el grosor de la capa anódica en micras y visualizar el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado; además de seleccionar el inicio del ciclo (botón START), fin de ciclo (botón STOP) y resetear la alarma (botón RESET ALARMA). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones MENU y PROCESO (Figura 2.33).



Fig. 2.33 Vista de la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 2.

5. Tiempo_Inmersión_Natural 3: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón NATURAL 3. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 3 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede determinar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar, el grosor de la capa anódica en micras y visualizar el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado; además de seleccionar el inicio del ciclo (botón START), fin de ciclo (botón STOP) y resetear la alarma (botón RESET ALARMA). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones MENU y PROCESO (Figura 2.34).



Fig. 2.34 Vista de la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 3.

6. Tiempo_Inmersión_Natural 4: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón NATURAL 4. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 4 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede determinar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar, el grosor de la capa anódica en micras y visualizar el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado; además de seleccionar el inicio del ciclo (botón START), fin de ciclo (botón STOP) y resetear la alarma (botón RESET ALARMA). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones MENU y PROCESO (Figura 2.35).

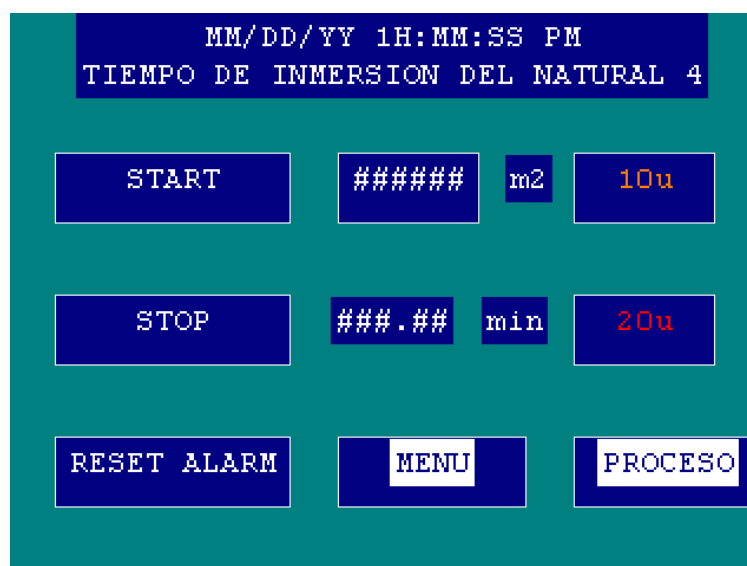


Fig. 2.35 Vista de la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 4.

7. Tiempo_Inmersión_Natural 5: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón NATURAL 5. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 5 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede determinar el tamaño de la carga de perfiles en metros cuadrados a anodizar, el grosor de la capa anódica en micras y visualizar el tiempo restante para terminar el ciclo de anodizado; además de seleccionar el inicio del ciclo (botón START), fin de ciclo (botón STOP) y resetear la alarma (botón RESET ALARMA). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones MENU y PROCESO (Figura 2.36).

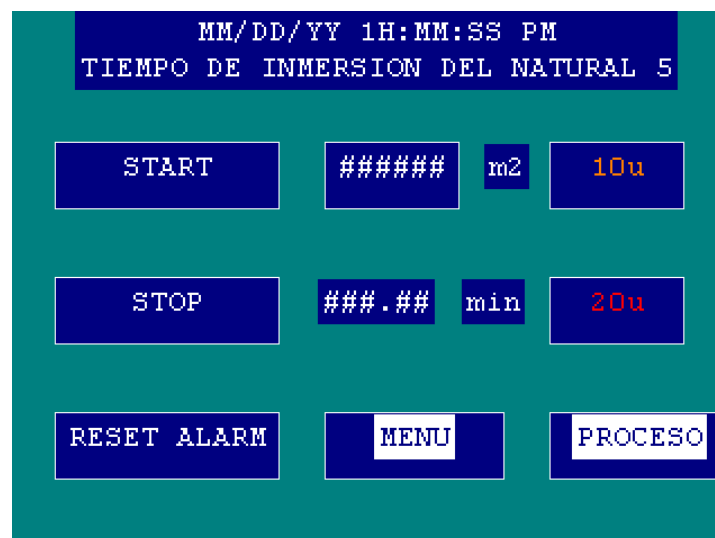


Fig. 2.36 Vista de la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 5.

8. Control_Natural 1: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón PROCESO en la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 1. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 1 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede ajustar manualmente el tiempo de inmersión en minutos (botón TIEMPO) o el espesor de la capa de anodizado en micras (botón ESPESOR). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 1 y MENU. (Figura 2.37).



Fig. 2.37 Vista de la pantalla Control del Natural 1.

9. Control_Natural 2: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón PROCESO en la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 2. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 2 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. . En ella se puede ajustar manualmente el tiempo de inmersión en minutos (botón TIEMPO) o el espesor de la capa de anodizado en micras (botón ESPESOR). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 2 y MENU. (Figura 2.38).



Fig. 2.38 Vista de la pantalla Control del Natural 2.

10. Control_Natural 3: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón PROCESO en la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 3. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 3 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede ajustar manualmente el tiempo de inmersión en minutos (botón TIEMPO) o el espesor de la capa de anodizado en micras (botón ESPESOR). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 3 y MENU. (Figura 2.39).



Fig. 2.39 Vista de la pantalla Control del Natural 3.

11. Control_Natural 4: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón PROCESO en la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 4. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 4 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede ajustar manualmente el tiempo de inmersión en minutos (botón TIEMPO) o el espesor de la capa de anodizado en micras (botón ESPESOR). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 4 y MENU. (Figura 2.40).

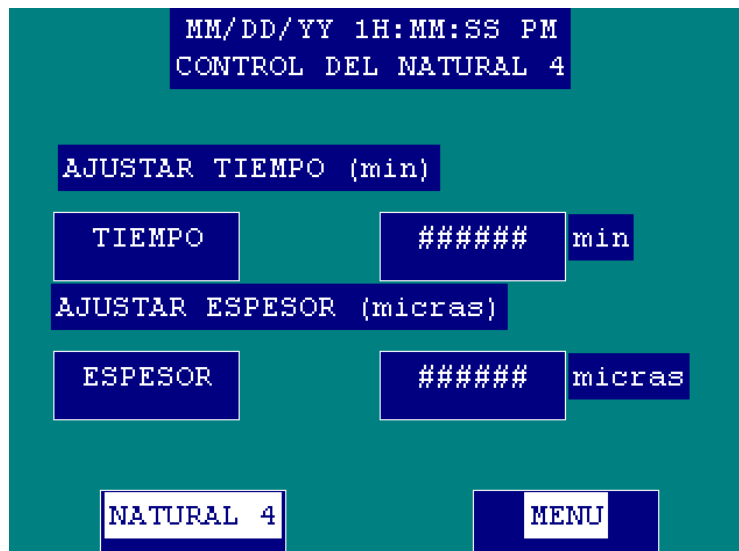


Fig. 2.40 Vista de la pantalla Control del Natural 4.

12. Control_Natural 5: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón PROCESO en la pantalla Tiempo_Inmersión_Natural 5. A ella pueden acceder el operador del Tanque de Anodización 4 y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede ajustar manualmente el tiempo de inmersión en minutos (botón TIEMPO) o el espesor de la capa de anodizado en micras (botón ESPESOR). Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 5 y MENU. (Figura 2.41).



Fig. 2.41 Vista de la pantalla Control del Natural 5.

13. Ver_Temperatura: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón TEMPERATURA que se encuentra en dos pantallas de la aplicación (Menú_Principal y Configuración). A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. Se observa en los visualizadores numéricos superiores con fondo blanco la temperatura del electrolito de los cinco tanques de naturales y en los visualizadores inferiores el valor de referencia del control de temperatura. Posee fecha, hora, título de la pantalla y los botones SETUP y MENU (Figura 2.42).

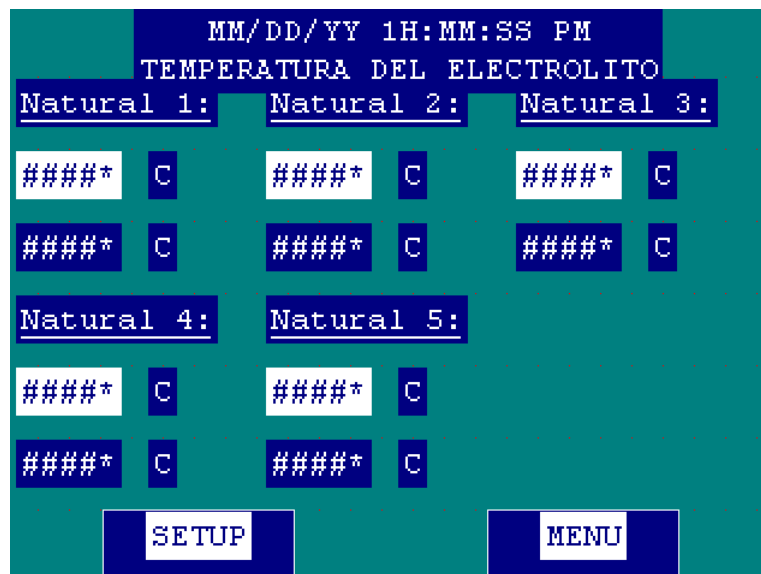


Fig. 2.42 Vista de la pantalla Ver_Temperatura.

14. Tiempos_Inmersión_Naturales: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón TIEMPOS. A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se visualiza los tiempos de inmersión de los cinco tanques de naturales. Posee fecha, hora, título de pantalla y el botón MENU (Figura 2.43).

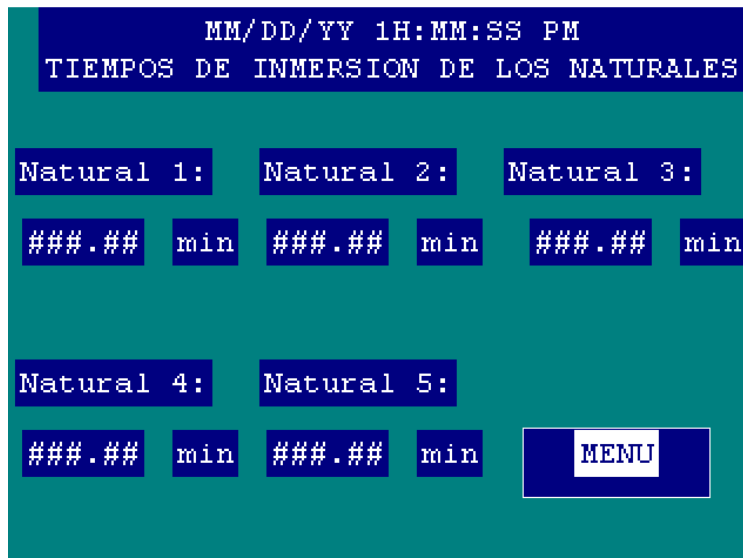


Fig. 2.43 Vista de la pantalla Tiempos_Inmersión_Naturales.

15. Corriente_Naturales_Rect: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón CORRIENTE que se encuentra en dos pantallas de la aplicación (Menú_Principal y Configuración). A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede visualizar la corriente de salida de los cinco rectificadores de naturales. Posee fecha, hora, título de la pantalla, los botones SETUP y MENU (Figura 2.44).

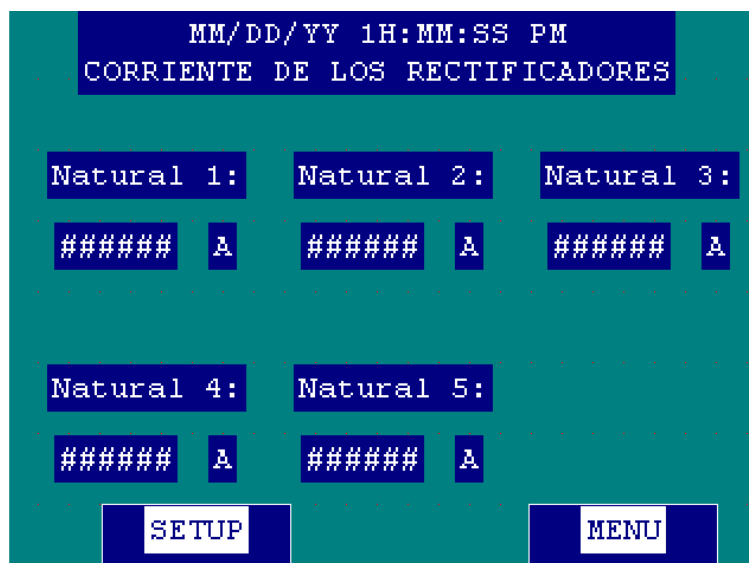


Fig. 2.44 Vista de la pantalla Corriente_Naturales_Rect.

16. Densidad_Corriente: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón DENSIDAD que se encuentra en dos pantallas de la aplicación (Menú_Principal y Configuración). A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede visualizar la densidad de corriente en los cinco tanques de anodizado de naturales (Corriente de Salida del Rectificador/Superficie de la Carga: A/m²). Posee fecha, hora, título de la pantalla, los botones SETUP y MENU (Figura 2.45).

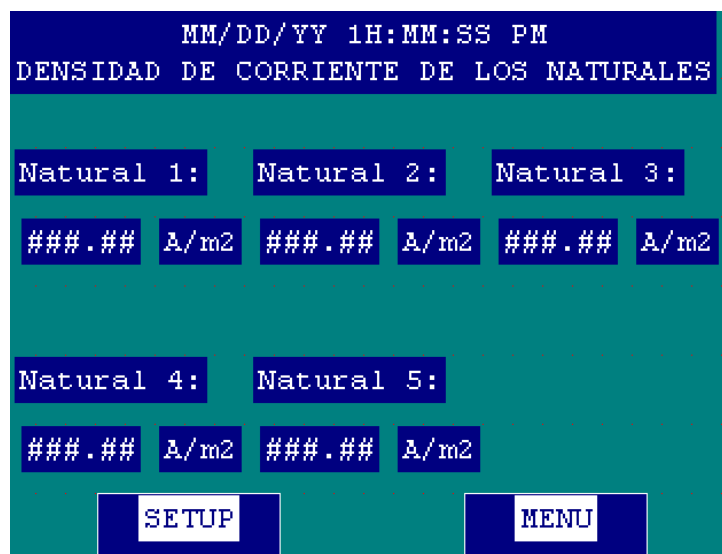


Fig. 2.45 Vista de la pantalla Densidad_Corriente.

17. Voltaje_Naturales_Rect: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón VOLTAJE que se encuentra en dos pantallas de la aplicación (Menú_Principal y Configuración). A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede visualizar el voltaje de salida de los cinco rectificadores de naturales. Posee fecha, hora, título de la pantalla, los botones SETUP y MENU (Figura 2.46).

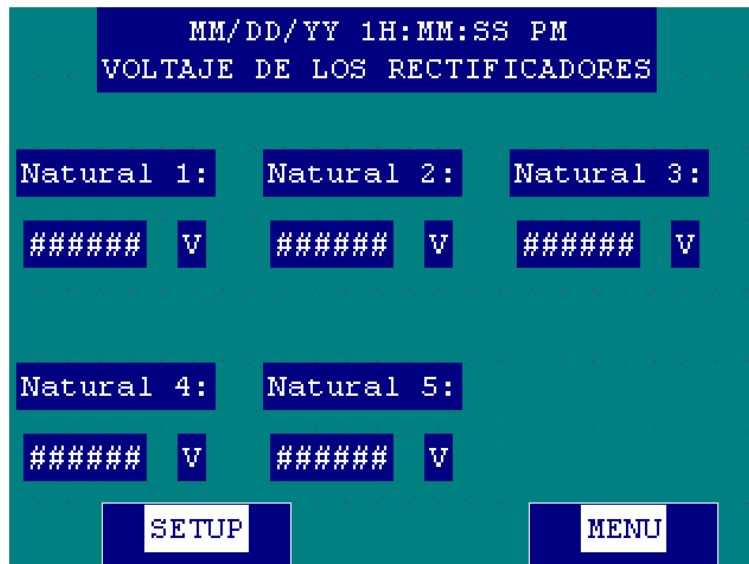


Fig. 2.46 Vista de la pantalla Voltaje_Naturales_Rect.

18. Act_Automática_Bombas_Naturales: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón BOMBAS que se encuentra en la pantalla Menú_Principal. A ella pueden acceder todos los operadores y el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede activar en modo automático a las bombas de los 5 Naturales para que sean gobernadas por el PLC mientras se encuentre activado su respectivo botón PRENDER. Posee también fecha, hora, título de la pantalla y el botón MENU. (Figura 2.47).

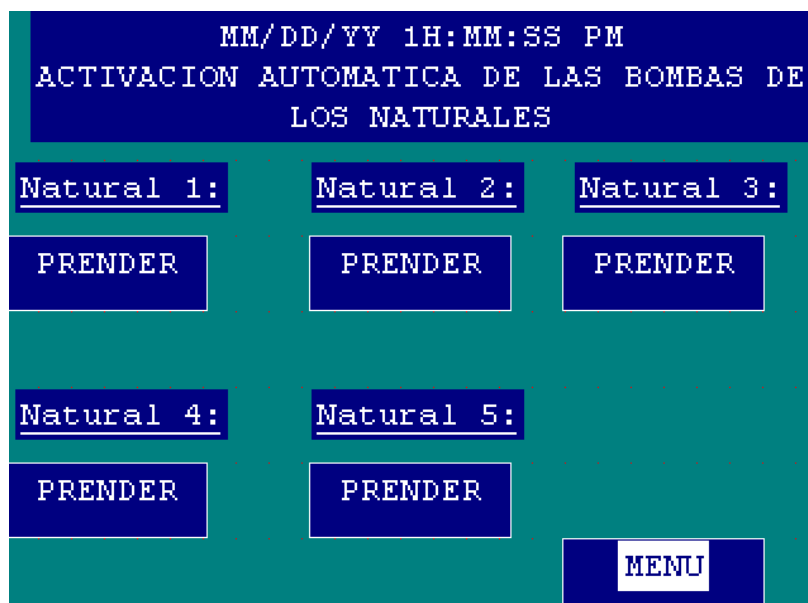


Fig. 2.47 Vista de la pantalla Act_Automática_Bombas_Naturales.

19. Configuración: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón SETUP que se encuentra en varias pantallas de la aplicación. A ella puede acceder solo el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. Tiene los botones SETEAR_TEMP, BOMBAS, TEMPERATURA, CORRIENTE, DENSIDAD, VOLTAJE, PANTALLA y ALARMAS. Se muestra también la fecha, hora, título de la pantalla y el botón INICIO. Desde el botón PANTALLA se accede al menú de configuración propio del PanelView en donde se puede seleccionar si va o no a usar una tarjeta de expansión de memoria, configurar las comunicaciones con el PLC (puerto DF1 Full Duplex) y la impresora (puerto RS-232), realizar operaciones para predefinir el comportamiento de las teclas de la touch screen, obtener información del Terminal PanelView, efectuar modificaciones de la presentación de pantalla como contraste, intensidad, etc., ajustar hora y fecha (Figura 2.48).



Fig. 2.48 Vista de la pantalla Configuración.

20. Setear_Temperatura: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón SETEAR_TEMPERATURA que se encuentra en la pantalla CONFIGURACION. A ella puede acceder solo el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se determina el Setpoint del control ON/OFF de temperatura con histéresis para indicar la temperatura en grados centígrados a la que se debe mantener el

electrolito de cada tanque de naturales. Posee fecha, hora, título de la pantalla y el botón HISTERESIS (Figura 2.49).

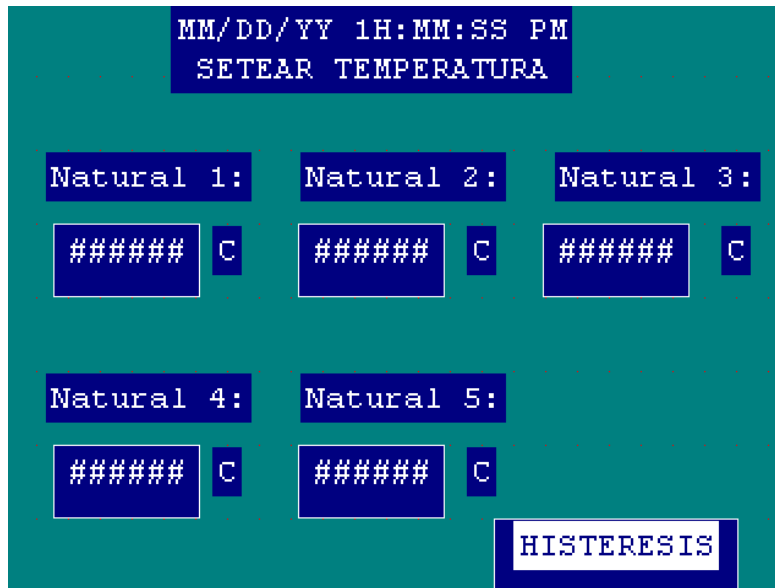


Fig. 2.49 Vista de la pantalla Setear_Temperatura.

21. Banda_Histéresis: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón HISTERESIS que se encuentra en la pantalla SETEAR TEMPERATURA. A ella puede acceder solo el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se determina en porcentaje la banda de histéresis del control ON/OFF de temperatura. Posee fecha, hora, título de la pantalla y el botón SETUP (Figura 2.50).

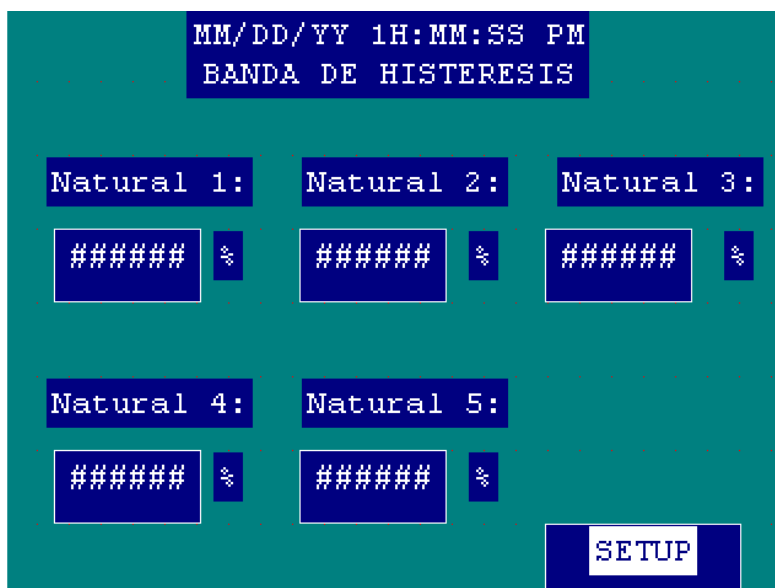


Fig. 2.50 Vista de la pantalla Banda_Histéresis.

22. Apagar_Alarmas: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón ALARMAS que se encuentra en la pantalla CONFIGURACION. A ella puede acceder solo el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede apagar las alarmas de los 5 Naturales mientras se encuentre activado su respectivo botón APAGAR. Posee también fecha, hora, título de la pantalla, los botones NATURAL 5 y MENU. (Figura 2.51).

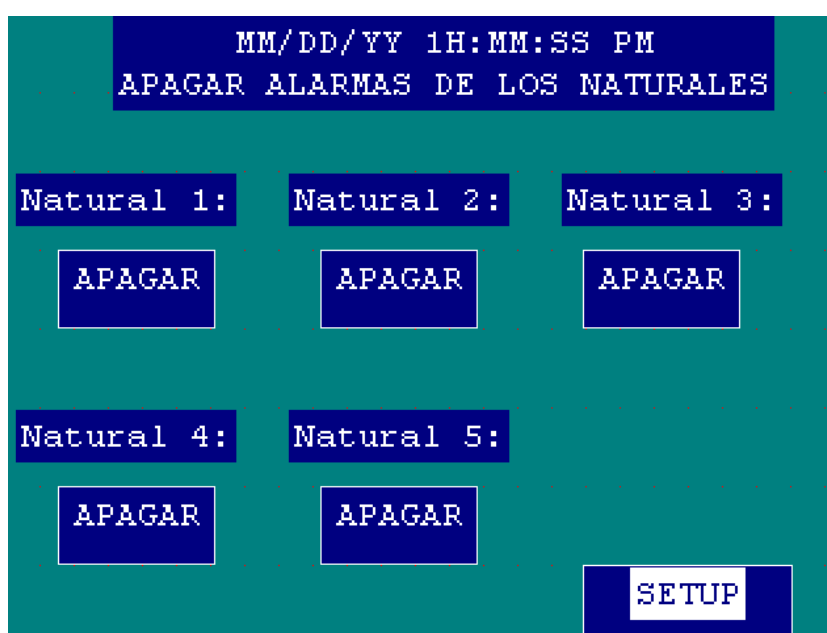


Fig. 2.51 Vista de la pantalla Apagar_Alarmas.

23. Act_Manual_Bombas_Naturales: Se ingresa a esta pantalla al presionar el botón BOMBAS que se encuentra en la pantalla Configuración. A ella puede acceder, solo el personal de mantenimiento con su respectiva clave de seguridad. En ella se puede activar en modo manual a las bombas de los 5 Naturales para que sean gobernadas por el personal de mantenimiento. Posee también fecha, hora, título de la pantalla y el botón SETUP. (Figura 2.52).

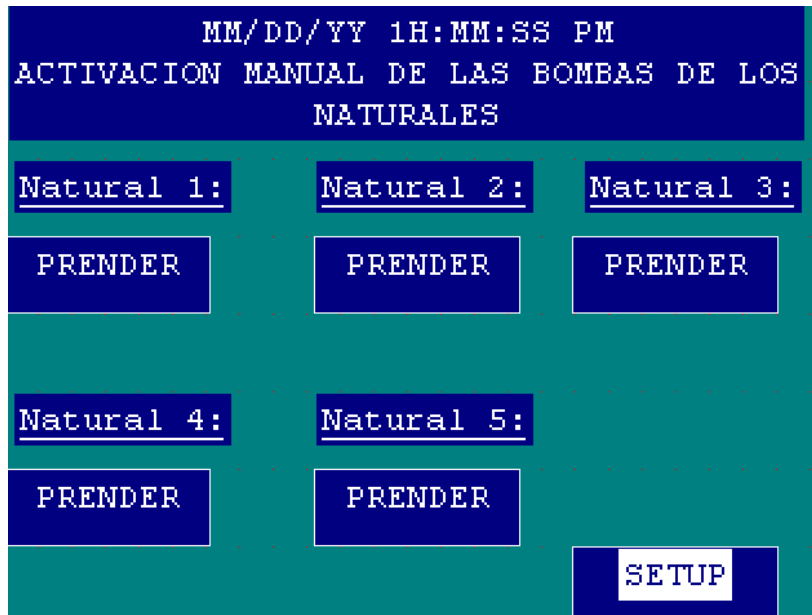


Fig. 2.52 Vista de la pantalla Act_Manual_Bombas_Naturales.

24. Alarm Banner: Esta pantalla se presenta automáticamente al generarse una alarma. En ella se puede visualizar la fecha, hora y que alarma o alarmas sucedieron. Posee los botones RECONOCER y BORRAR alarma (Figura 2.53).

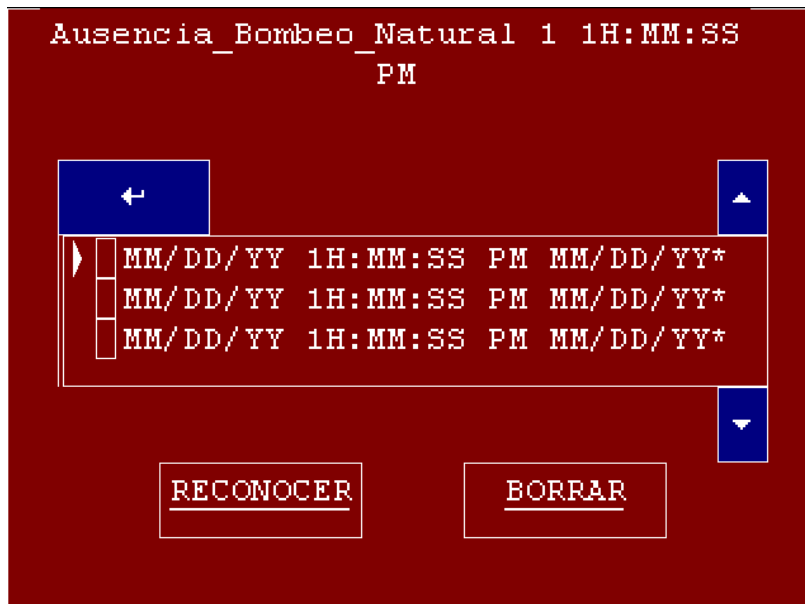


Fig. 2.53 Vista de la pantalla Alarm Banner.

2.3.8 Creación de una Base de Datos (Data Logging).

Como se menciona en el Capítulo I: Fundamento Teórico en el apartado referente al RSVIEW32 este software SCADA ofrece la posibilidad de registrar datos del proceso y enlazar estos archivos vía ODBC (Open Database Connectivity) con software de otros fabricantes, para este proyecto se ha creado una base de datos en Microsoft Access nombrada PLC_Anodizado_Naturales en donde se almacenan los valores de los tags creados en el RSVIEW para posteriormente usando la función Query (consultas) revisar la base de datos según el campo deseado, manipular los datos con funciones o macros, graficarlos y generar reportes útiles para las áreas gerenciales.

CAPITULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES DEL SISTEMA DE SENSORES Y ACTUADORES.

Haciendo uso de los valores almacenados en la base de datos de Access (Data Logging del SCADA) creada para este proyecto y que está actualizándose cada 10 minutos. Se obtuvo las siguientes tablas y gráficos de las temperaturas del electrolito en los Naturales.

1. El día domingo 27 de mayo del 2007 a las 11 de la noche se realizó el arranque del proceso de anodizado de la semana 22, tomando como tanque de prueba al Natural 3, el cual fue previamente conectado al sistema de control y supervisión diseñado e implementado en este proyecto de tesis, para realizar un seguimiento al sistema de control de temperatura. De esta manera comprobar el correcto funcionamiento del sistema de sensores (termocuplas, térmicos de protección, etc.) y actuadores (relés de activación de las bombas, relés de activación de los rectificadores, etc.). Se generó la siguiente tabla y gráfico del comportamiento de la temperatura del Natural 3:

a) Valor de la Temperatura del Natural 3 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 22 (de 23:00 del 27 de mayo hasta las 7:00 del 28 de mayo del 2007):

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
27/05/2007 23:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
27/05/2007 23:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
27/05/2007 23:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
27/05/2007 23:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
27/05/2007 23:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
27/05/2007 23:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 0:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
28/05/2007 0:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 0:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 0:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 0:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 0:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 1:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 1:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
28/05/2007 1:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
28/05/2007 1:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	23	24	4,17
28/05/2007 1:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 1:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 2:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 2:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 2:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 2:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 2:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 2:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 3:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 3:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 3:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 3:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 3:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 3:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 4:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 4:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 4:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 4:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 4:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 4:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 5:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 5:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 5:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 5:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 5:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	27	24	12,50
28/05/2007 5:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 6:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 6:10	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	26	24	8,33
28/05/2007 6:20	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 6:30	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 6:40	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	24	24	0,00
28/05/2007 6:50	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
28/05/2007 7:00	Anodizado\Temp_Elect_Nat3	25	24	4,17
PROMEDIO		25,12	24,00	5,70

Tabla 3.1 Temperatura del electrolito en el Natural 3.

b). Gráfico de la Temperatura del Natural 3 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 22 (de 23:00 del 27 de mayo hasta las 7:00 del 28 de mayo del 2007):

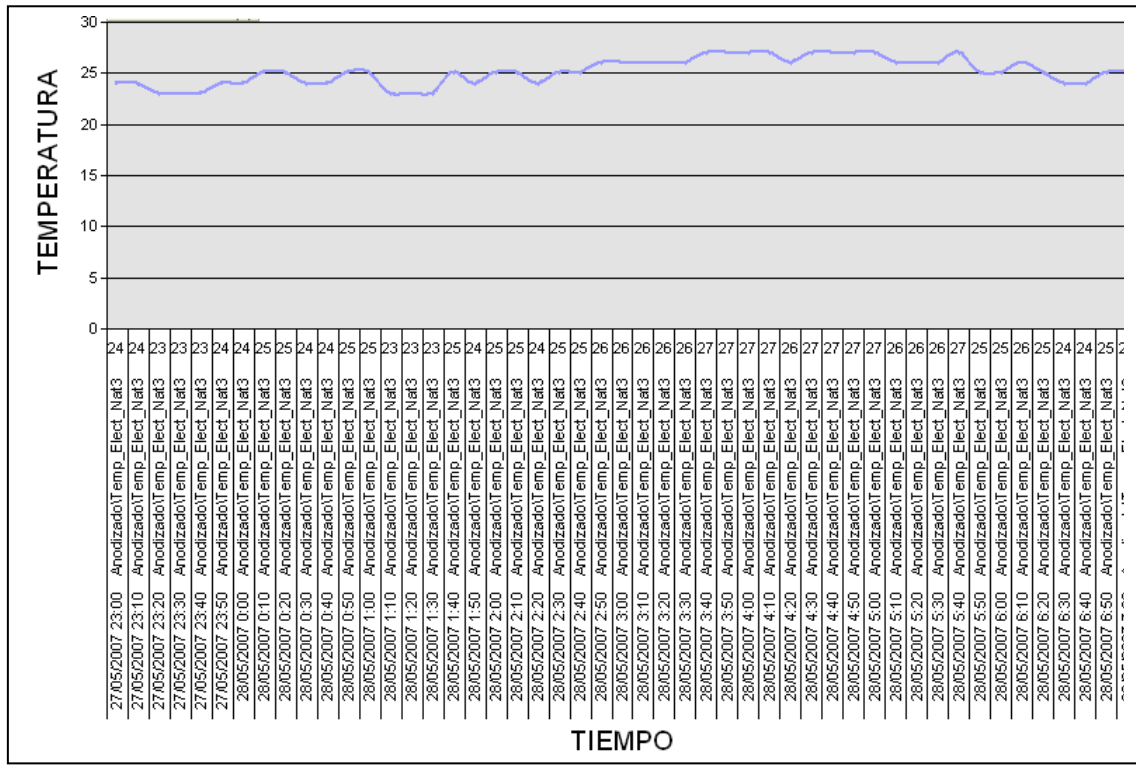


Fig. 3.1 Gráfico de la Tendencia de la temperatura del electrolito en el Natural 3.

2. Se tomó durante un turno del proceso de Anodizado, los valores de las temperaturas de los Naturales 1, 2, 4 y 5, almacenadas en la base de datos. Generándose las siguientes tablas y gráficos:

a) Valor de la Temperatura del Natural 1 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
10/06/2007 23:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	22	24	8,33
10/06/2007 23:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	22	24	8,33
10/06/2007 23:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	21	24	12,50
10/06/2007 23:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	23	24	4,17
10/06/2007 23:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	24	24	0,00
10/06/2007 23:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	24	24	0,00
11/06/2007 0:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	25	24	4,17
11/06/2007 0:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	25	24	4,17
11/06/2007 0:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	25	24	4,17

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
11/06/2007 0:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	24	24	0,00
11/06/2007 0:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	25	24	4,17
11/06/2007 0:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	25	24	4,17
11/06/2007 1:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 1:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 1:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 1:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 1:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 1:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 2:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 2:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 2:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 2:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 2:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 2:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 3:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 3:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 3:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 3:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 3:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 3:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 4:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 4:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 4:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 4:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 4:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 4:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 5:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 6:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 6:14	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 6:24	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	26	24	8,33
11/06/2007 6:34	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 6:44	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 6:54	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
11/06/2007 7:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat1	27	24	12,50
PROMEDIO		25,94	24,00	9,44

Tabla 3.2 Temperatura del electrolito en el Natural 1.

b). Gráfico de la Temperatura del Natural 1 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

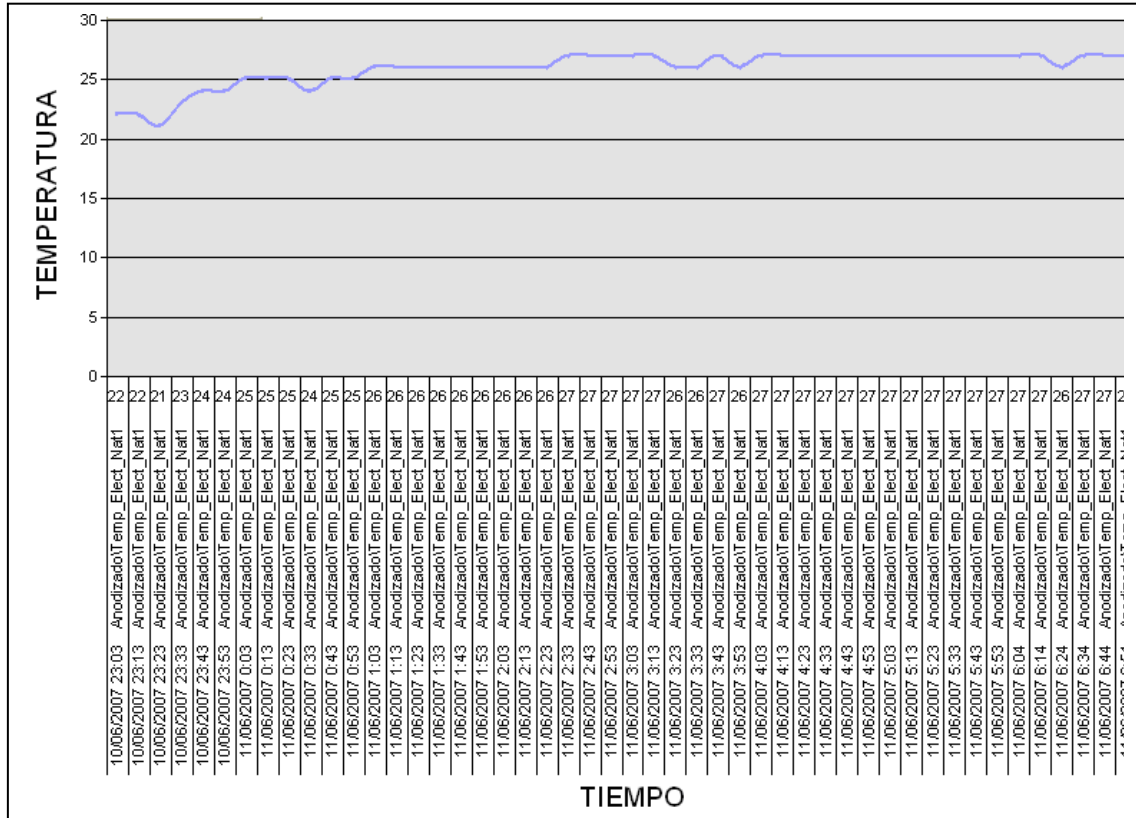


Fig. 3.2 Gráfico de la Tendencia de la temperatura del electrolito en el Natural 1.

c) Valor de la Temperatura del Natural 2 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 11:00 PM del 10 de junio hasta las 7:00 AM del 11 de junio del 2007):

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
10/06/2007 23:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
10/06/2007 23:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	25	24	4,17
10/06/2007 23:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
10/06/2007 23:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
10/06/2007 23:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
10/06/2007 23:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	23	24	4,17
11/06/2007 0:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	23	24	4,17
11/06/2007 0:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	23	24	4,17
11/06/2007 0:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
11/06/2007 0:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
11/06/2007 0:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
11/06/2007 0:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	24	24	0,00
11/06/2007 1:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	25	24	4,17

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
11/06/2007 1:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 1:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 1:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 1:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 1:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 2:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 2:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 2:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 2:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 2:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 2:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 3:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 4:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 4:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 4:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 4:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 4:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	26	24	8,33
11/06/2007 4:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 5:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 6:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	28	24	16,67
11/06/2007 6:14	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 6:24	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 6:34	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	28	24	16,67
11/06/2007 6:44	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 6:54	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
11/06/2007 7:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat2	27	24	12,50
PROMEDIO		26,10	24,00	9,27

Tabla 3.3 Temperatura del electrolito en el Natural 2.

d). Gráfico de la Temperatura del Natural 2 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 11:00 PM del 10 de junio hasta las 7:00 AM del 11 de junio del 2007):

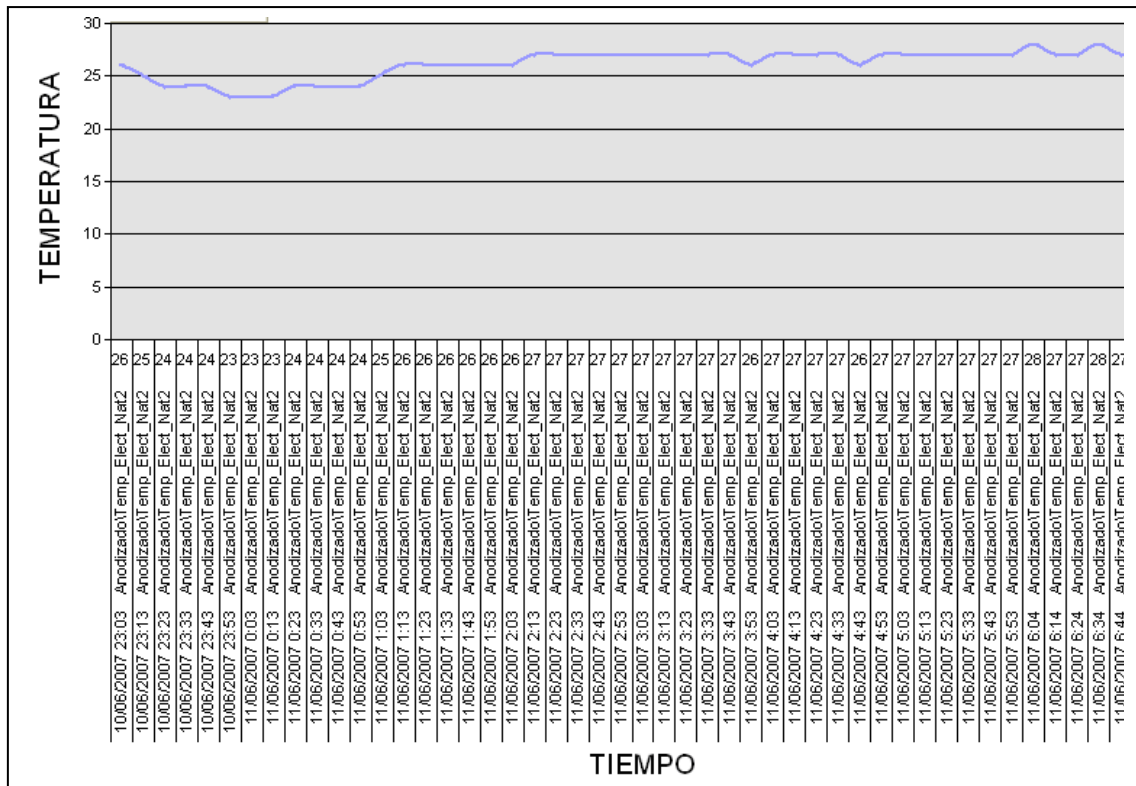


Fig. 3.3 Gráfico de la Tendencia de la temperatura del electrolito en el Natural 2.

e) Valor de la Temperatura del Natural 4 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	Desviación (%)
10/06/2007 23:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	23	24	4,17
10/06/2007 23:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	24	24	0,00
10/06/2007 23:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	24	24	0,00
10/06/2007 23:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	23	24	4,17
10/06/2007 23:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	24	24	0,00
10/06/2007 23:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	25	24	4,17
11/06/2007 0:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	24	24	0,00
11/06/2007 0:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	24	24	0,00
11/06/2007 0:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 0:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 0:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	31	24	29,17
11/06/2007 0:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 1:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 1:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	% Desviación
11/06/2007 1:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 1:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 1:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 1:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 2:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 2:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 2:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 2:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 2:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 2:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 3:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	25	24	4,17
11/06/2007 3:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 3:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 3:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 3:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 3:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	28	24	16,67
11/06/2007 4:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 4:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 4:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 4:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 4:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 4:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 5:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 5:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 5:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 5:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 5:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	28	24	16,67
11/06/2007 5:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	28	24	16,67
11/06/2007 6:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	28	24	16,67
11/06/2007 6:14	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 6:24	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 6:34	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
11/06/2007 6:44	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	26	24	8,33
11/06/2007 6:54	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	33	24	37,50
11/06/2007 7:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat4	27	24	12,50
PROMEDIO		26,45	24,00	10,54

Tabla 3.4 Temperatura del electrolito en el Natural 4.

f). Gráfico de la Temperatura del Natural 4 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

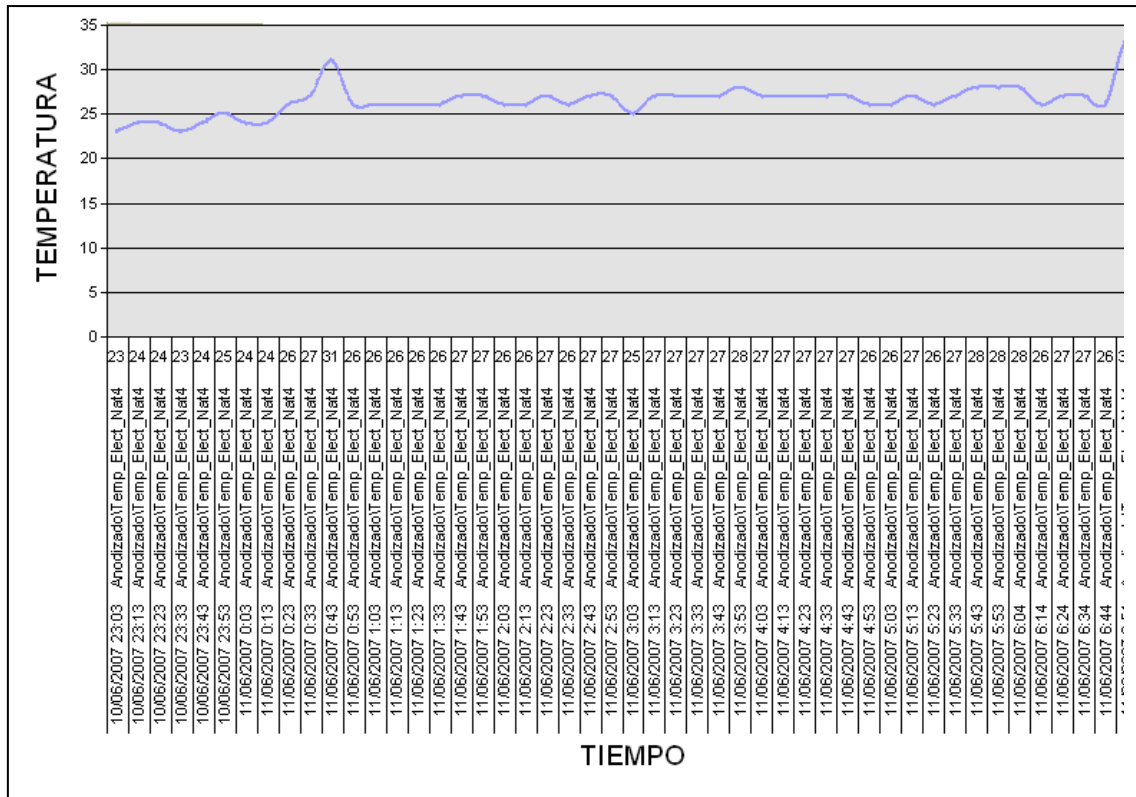


Fig. 3.4 Gráfico de la Tendencia de la temperatura del electrolito en el Natural 4.

g) Valor de la Temperatura del Natural 5 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	% Desviación
10/06/2007 23:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	22	24	8,33
10/06/2007 23:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	23	24	4,17
10/06/2007 23:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	24	24	0,00
10/06/2007 23:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	25	24	4,17
10/06/2007 23:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	25	24	4,17
10/06/2007 23:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	24	24	0,00
11/06/2007 0:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	24	24	0,00
11/06/2007 0:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	25	24	4,17
11/06/2007 0:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33
11/06/2007 0:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33
11/06/2007 0:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33
11/06/2007 0:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33
11/06/2007 1:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33
11/06/2007 1:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	26	24	8,33

DateAndTime	TagName	Valor (°C)	Setpoint (°C)	% Desviación
11/06/2007 1:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	27	24	12,50
11/06/2007 1:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	27	24	12,50
11/06/2007 1:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	27	24	12,50
11/06/2007 1:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	27	24	12,50
11/06/2007 2:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 2:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 2:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 2:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 2:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 2:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	28	24	16,67
11/06/2007 3:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 3:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 3:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 3:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 3:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 3:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 4:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:03	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:13	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:23	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:33	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:43	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 5:53	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:14	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:24	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:34	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:44	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	29	24	20,83
11/06/2007 6:54	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	30	24	25,00
11/06/2007 7:04	Anodizado\Temp_Elect_Nat5	30	24	25,00
PROMEDIO		27,57	24,00	15,39

Tabla 3.5 Temperatura del electrolito en el Natural 5.

h). Gráfico de la Temperatura del Natural 5 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007):

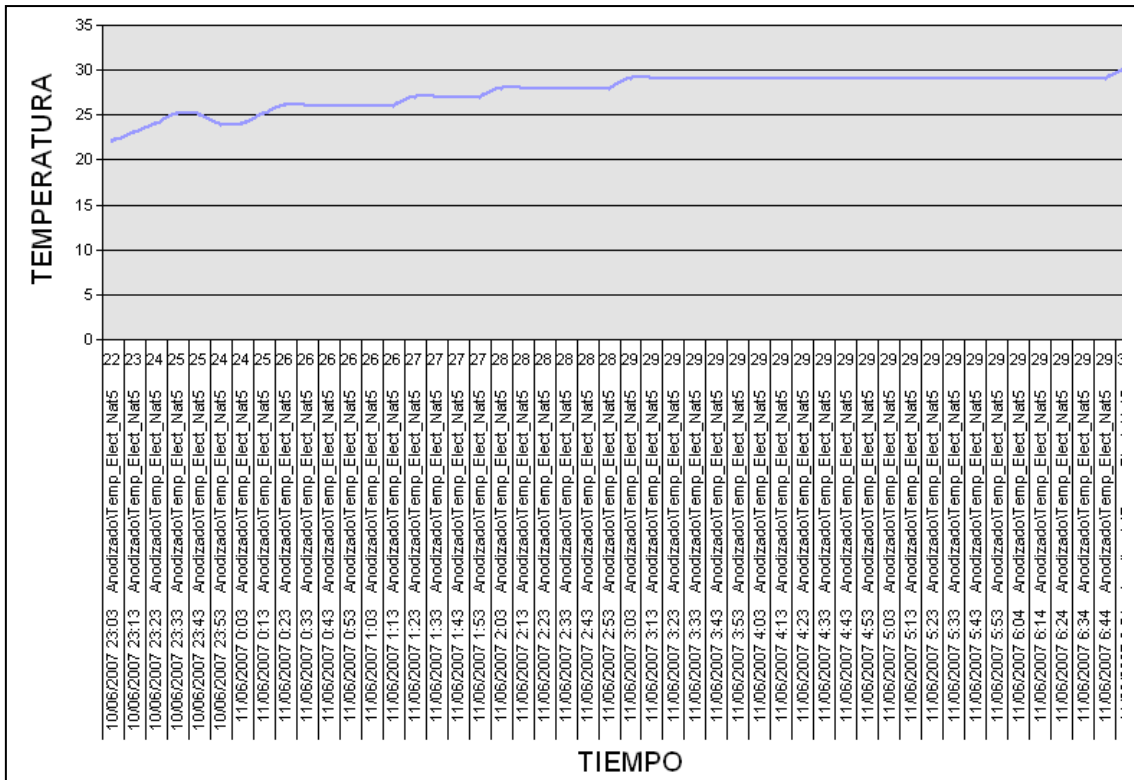


Fig. 3.5 Gráfico de la Tendencia de la temperatura del electrolito en el Natural 5.

3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SISTEMA DE SENSORES Y ACTUADORES.

1. El arranque del proceso de anodizado del Natural 3 (Tercer Turno del Arranque de la Semana 22, de 23:00 del 27 de mayo hasta las 7:00 AM del 28 de mayo del 2007), como proceso de prueba del nuevo sistema de control y supervisión implementado, fue exitoso. Esto se puede comprobar, al observar en la tabla 3.1 que la temperatura del tanque de anodizado se mantuvo con una temperatura promedio de **25.12 °C**, teniendo una desviación de $\pm 5.70 \%$ con respecto al setpoint (24 °C) utilizado en el control de temperatura del sistema HMI-SCADA. La tendencia mostrada en la tabla 3.1 se aprecia claramente en el gráfico 3.1. Esta desviación es bastante aceptable tratándose de un control ON/OFF con Histéresis y porque la temperatura se mantuvo dentro del rango seguro de funcionamiento sugerido por el Departamento de Acabados (menor a 28 °C).

2. Analizando los resultados obtenidos en el Tercer Turno del Arranque de la Semana 24, desde las 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007. En el Natural 1 (tabla 3.2), Natural 2 (tabla 3.3), Natural 4 (tabla 3.4) y Natural 5 (tabla 3.5); además del Natural 3 (Tabla 3.1). Se verifica que el tanque de anodizado que mantiene la menor temperatura y desviación promedio con respecto al setpoint es el tanque del Natural 3. Al poseer los 5 Naturales bombas de enfriamiento de similares características (10 HP) e intercambiadores de calor del mismo tipo y dimensiones, este comportamiento de la temperatura se debe a algunas causas permanentes y aleatorias.

Entre las causas permanentes, está un mejor sistema de tuberías (poca cantidad de codos, acoples, etc.) que permiten que el electrolito circule libremente y con un buen caudal hacia los tanques que poseen una menor temperatura. Entre las causas aleatorias, está el tamaño de carga sumergido en cada tanque durante ese turno, que hace que varíe el tiempo de inmersión (a mayor tamaño de carga, mayor tiempo de inmersión), porque mientras más tiempo permanezca funcionando continuamente el rectificador provoca un incremento de la temperatura del electrolito por la reacción exotérmica producto del proceso de anodización, aunque la bomba de enfriamiento esté todo el tiempo prendida; otra causa aleatoria es el número de veces seguidas durante un turno que se utilice el Natural, lo que no permite al electrolito enfriarse completamente.

3. En cambio el tanque de anodizado que posee la mayor temperatura y desviación promedio es el Natural 5 (tabla 3.5), con una temperatura promedio de **27.57 °C** y una desviación promedio de **±15.39 %**. Teniendo las mismas causas aleatorias anteriormente expuestas y a las causas permanentes se debe adicionar el hecho de que el agua que provee la bomba desde la torre de enfriamiento EVAPCO (figura 3.6) llega a través de un sistema de tuberías que se encuentran conectadas en serie con los intercambiadores de calor de las bombas de enfriamiento de los Naturales (figura 3.7), razón por la cual, al encontrarse el intercambiador de la bomba del Natural 5 al final de este circuito, el agua de enfriamiento llega con una temperatura mayor que a los otros intercambiadores.

4. Las temperaturas promedio obtenidas del Natural 3 en el Tercer Turno del Arranque de la Semana 22 (de 23:00 del 27 de mayo hasta las 7:00 del 28 de mayo del 2007) y de los Naturales 1, 2, 4 y 5 de la Semana 24 (de 23:03 del 10 de junio hasta las 7:04 del 11 de junio del 2007), ordenadas de menor a mayor valor se las puede observar en la tabla 3.6.

NATURAL	TEMPERATURA (°C)	SETPOINT (°C)	DESVIACIÓN (%)
Natural 3	25,12	24,00	5,70
Natural 1	25,94	24,00	9,44
Natural 2	26,10	24,00	9,27
Natural 4	26,45	24,00	10,54
Natural 5	27,57	24,00	15,39
PROMEDIO	26,24	24,00	10,07

Tabla 3.6 Temperaturas y Desviaciones Promedio del electrolito en los Naturales.



Fig. 3.6 Torre de Enfriamiento EVAPCO.



Fig. 3.7 Intercambiadores de calor y sistema de tuberías para el enfriamiento del electrolito en los Naturales.

3.3 PRUEBAS EXPERIMENTALES DE LAS COMUNICACIONES DEL SISTEMA SCADA.

Luego de realizar con éxito la programación del PLC y su comunicación con el software SCADA el RSView32 vía Ethernet a través del switch de Ethernet Industrial 10/100Base TX de marca N-TROM en las diferentes simulaciones del sistema efectuadas durante el desarrollo del proyecto, el día 22 de mayo del 2007 se llevó a cabo la primera prueba de comunicación real entre el PLC y el software SCADA utilizando la red LAN implementada para enlazar el PLC en el tablero de control principal diseñado para este proyecto y ubicado en el Área de Anodizado, con el PC donde reside el SCADA, localizado en el Área de Supervisión y Control de Producción.

1. Como primer paso se configuró la dirección IP del PC utilizado en este proyecto para que tenga la misma dirección de red y máscara de subred que el PLC, con el objetivo de lograr enlazarlos.

IP (PLC): 1.1.1.100

Máscara De Subred (PLC): 255.255.255.0

IP (PC): 1.1.1.47

Máscara De Subred (PC): 255.255.255.0

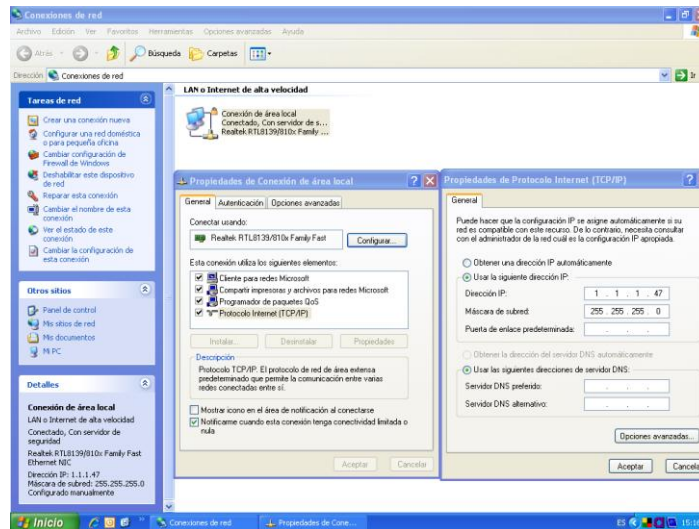


Fig. 3.8 Vista de la pantalla de configuración de la IP del PC.

2. Se abrió el RSLinx para ejecutar el driver de comunicación de Ethernet el AB_ETH-1, posteriormente se comprobó que el PLC esté en red con el PC (Figura 3.9).

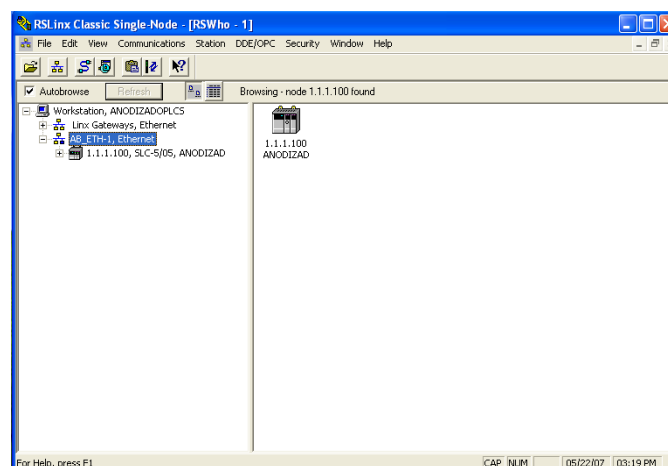


Fig. 3.9 Vista del PLC en red con el PC en el RSLinx.

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS COMUNICACIONES DEL SISTEMA SCADA.

1. Ingresando a las propiedades de las conexiones de red del PC se constató el estado de la conexión y su velocidad de transmisión (Figura 3.10).

Velocidad de Transmisión: 100 Megabits por segundo.

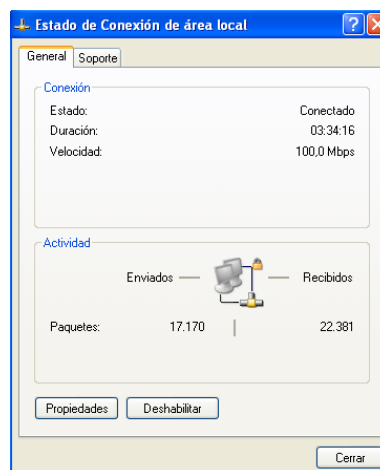


Fig. 3.10 Vista de la ventana Estado de Conexión de Área Local en las propiedades de las conexiones del PC.

Los equipos utilizados en la implementación de la red Ethernet permitieron que ésta mantenga su máximo desempeño como una red LAN de alta velocidad, otorgando grandes prestaciones al sistema SCADA como son:

- Un tiempo de actualización de los datos del proceso muy corto (control y supervisión en tiempo real).
- Flexibilidad de interconexión con otros equipos que posean el interfaz Ethernet a través del switch de red instalado.
- Que la distancia a la que se encuentran los equipos no sea un limitante, ya que los equipos se comunican con un interfaz de red Ethernet utilizando el protocolo TCP/IP, por lo que la red LAN del sistema se puede conectar sin problemas a otras redes o al Internet. Esto se constató al enlazar sin problemas el PLC con el switch N-TROM en el panel principal de control (figura 3.11), este a su vez con el switch del Laboratorio Químico de Anodizado seguido por el switch del Departamento de Mantenimiento y finalmente al switch que provee el servicio de conexión al Área de Supervisión y Control de Producción, la red de los tres últimos switch ya se encontraba instalada, cubriendo una distancia de más de 300 metros.



Fig. 3.11 Switch de red Ethernet N-TROM (parte superior derecha).

2. Haciendo uso del Driver Diagnostics (Diagnostico del Controlador) perteneciente al menú Communications del RSLinx se revisó el tipo y calidad de la conexión, así como

también el correcto envío y recepción de los paquetes de datos (Figuras 3.12, 3.13 y 3.14).

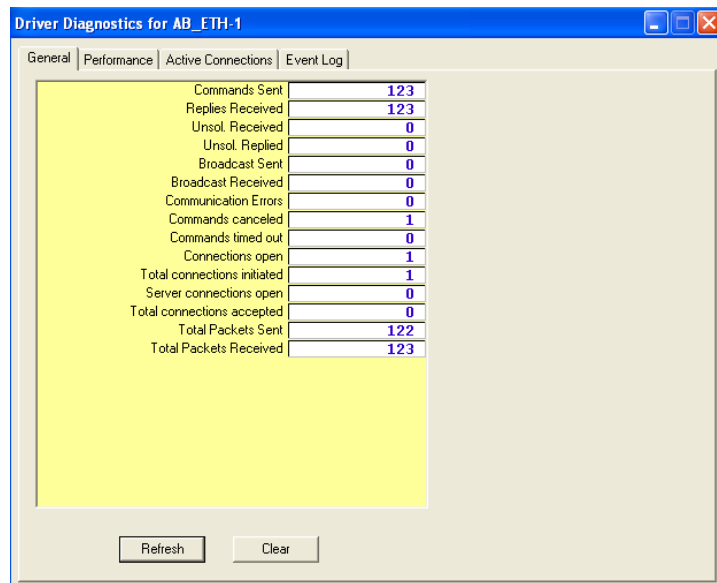


Fig. 3.12 Vista de la ventana General del Driver Diagnostics en el RSLinx.

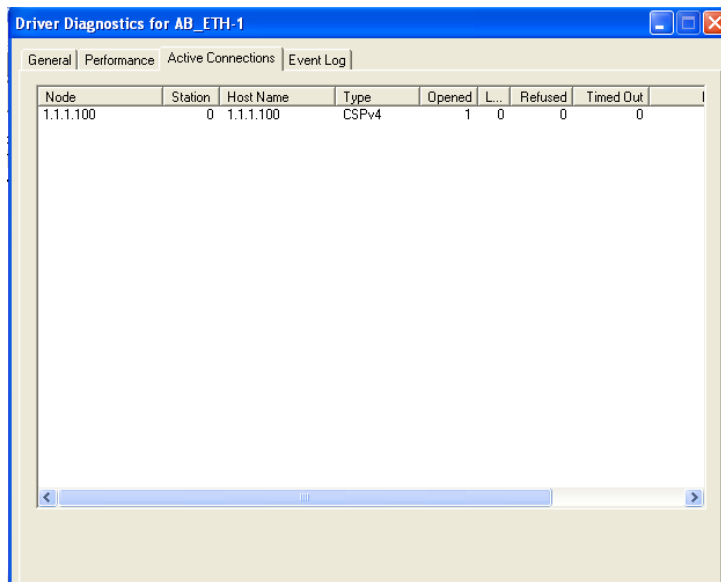


Fig. 3.13 Vista de la ventana Active Connections del Driver Diagnostics en el RSLinx.

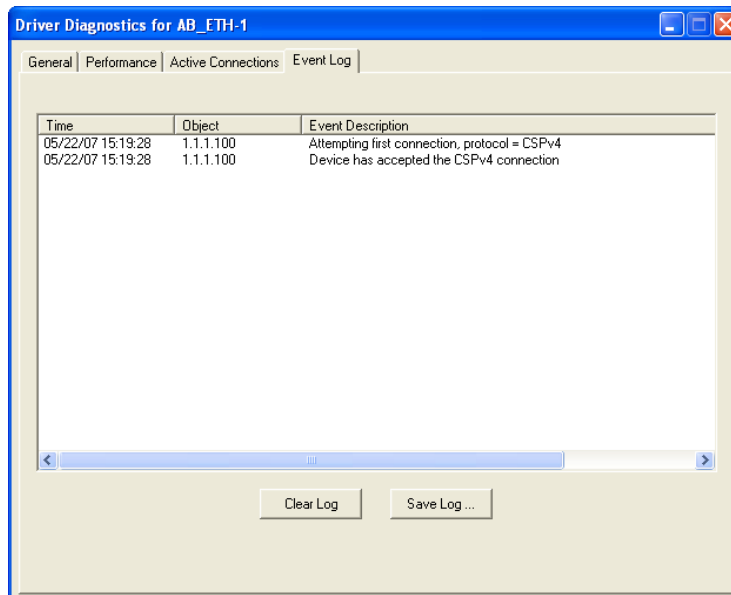


Fig. 3.14 Vista de la ventana Event Log del Driver Diagnostics en el RSLinx.

- El Driver Diagnostics no mostró la existencia de ningún paquete de datos perdido, por lo tanto la comunicación entre el PC y PLC es óptima y confiable.
- Los cables de red (cruzados y directos) construidos para cada aplicación de conexión fueron los adecuados, porque no se presentó ningún problema de conexión por su causa. Demostrándose la validez de la teoría existente sobre las conexiones de equipos siguiendo el modelo OSI que determina que para equipos que se encuentren en la misma capa de este modelo se utilice cable cruzado (Ej: de switch a switch) y para equipos que estén en capas distintas se los conecte con cable directo (Ej: de switch a PLC).
- El tipo de cable de red seleccionado (UTP categoría 5) demostró un buen desempeño en el ambiente industrial donde fue tendido, sin presentar fallas de comunicación por la interferencia del el ruido eléctrico y electromagnético al que está expuesto.

3.5 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA HMI – SCADA.

1. Se colocó las tarjetas diseñadas para la medición de la corriente de los rectificadores y se acondicionó la señal de voltaje proveniente de las tarjetas totalizadoras ya existentes (del rango de 0 Vdc – 20 Vdc al rango de 0 Vdc – 10 Vdc) para que pueda ser ingresada al módulo de entradas analógicas ubicado en el slot 6 del PLC.

2. Para suplir las necesidades energéticas del sistema de sensores, actuadores, touch screen y switch de red del proyecto, y siguiendo recomendaciones del diseño en paneles de control para PLC, en el panel de control principal del sistema de control y supervisión se instaló una fuente auxiliar SITOP de 24 Vdc marca Siemens de 10 A, de esta manera se independizó el suministro eléctrico de la fuente del PLC, que ahora solo proporciona energía a sus módulos, evitando que esta fuente se sobrecargue o algún problema por cortocircuitos. Así quedó completa la implementación del panel de control para este proyecto, tal como se observa en la figura 3.15 y 3.16.



Fig. 3.15 Panel de Control Principal (vista exterior) y touch screen (parte superior).



Fig. 3.16 Panel de Control Principal (vista interior).

3. Para realizar la calibración del sistema y conocer el tiempo de utilización en minutos de los Naturales se creó un registro de este tiempo en la base de datos del SCADA. A continuación se observa los valores de tres de los Naturales que fueron tomados como muestra.

a) Gráfico de los Tiempos de Utilización del Natural 3 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 26 (de 23:05 del 24 de junio hasta las 7:05 del 25 de junio del 2007):

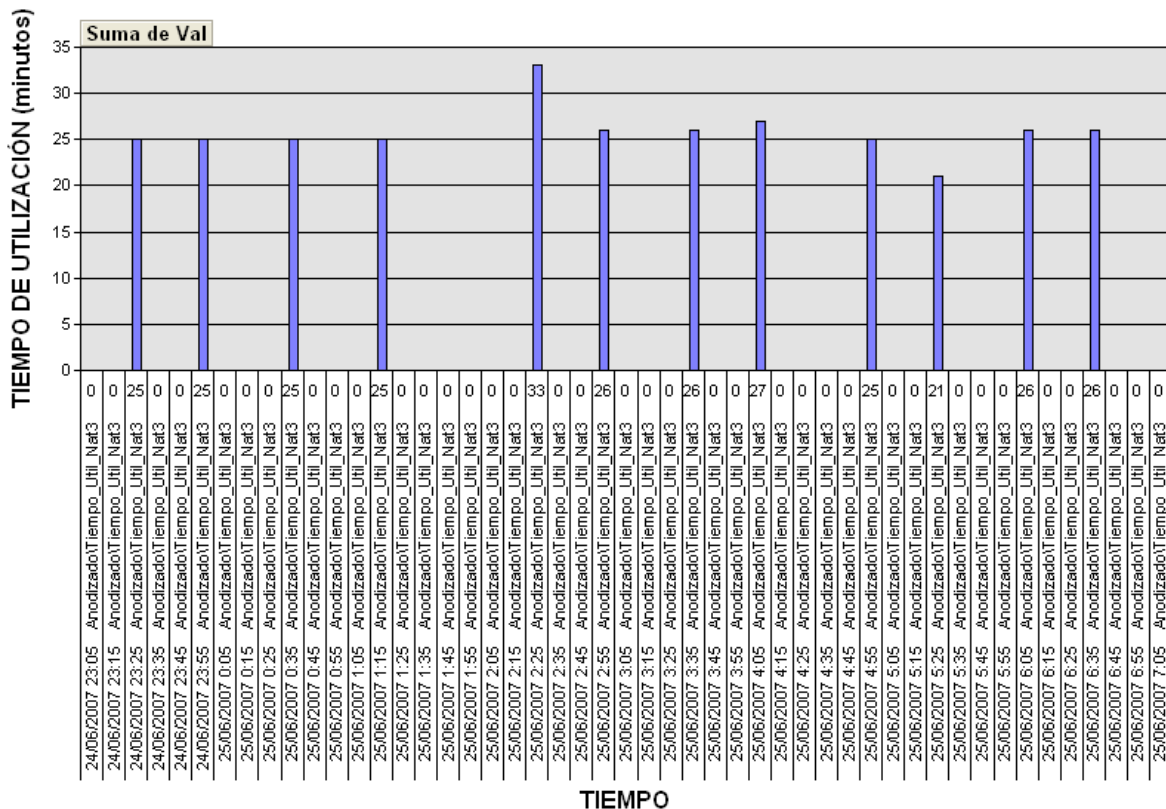


Fig. 3.17 Gráfico del Tiempo de Utilización del Natural 3.

b) Gráfico de los Tiempos de Utilización del Natural 4 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 26 (de 23:05 del 24 de junio hasta las 7:05 del 25 de junio del 2007):

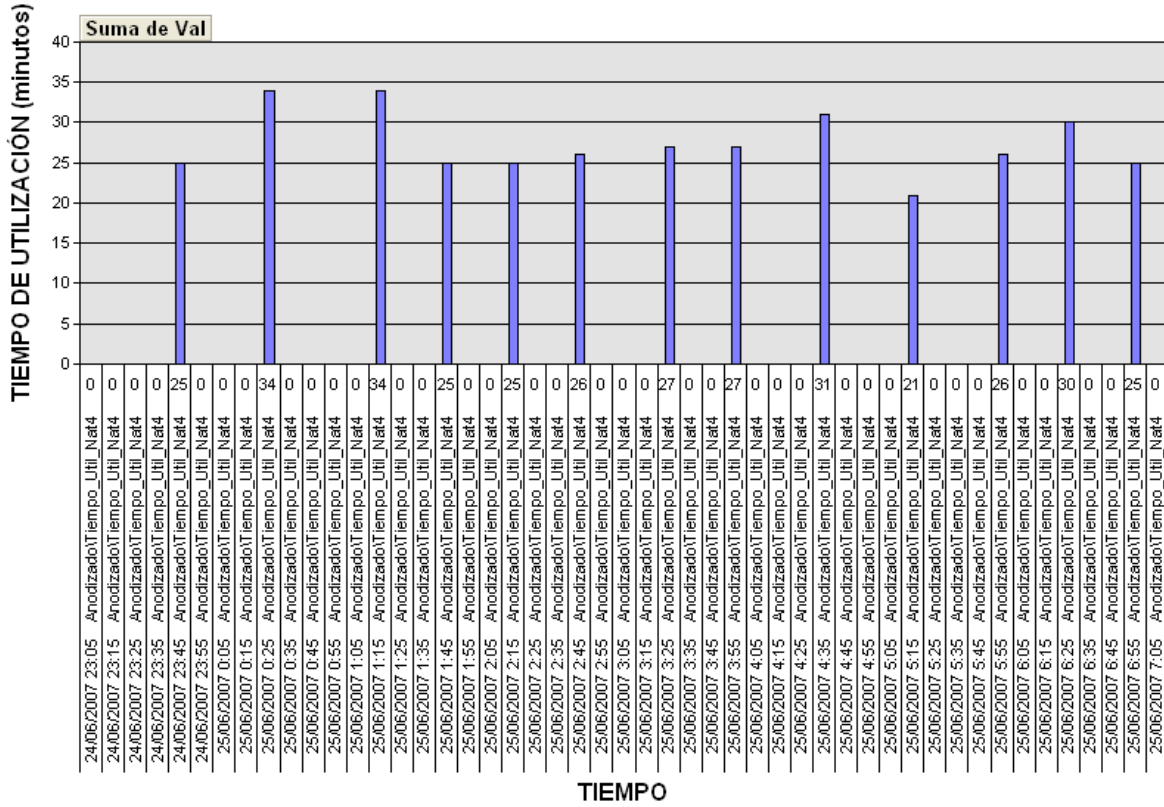


Fig. 3.18 Gráfico del Tiempo de Utilización del Natural 4.

c) Gráfico de los Tiempos de Utilización del Natural 5 durante el Tercer Turno del Arranque de la Semana 26 (de 23:05 del 24 de junio hasta las 7:05 del 25 de junio del 2007):

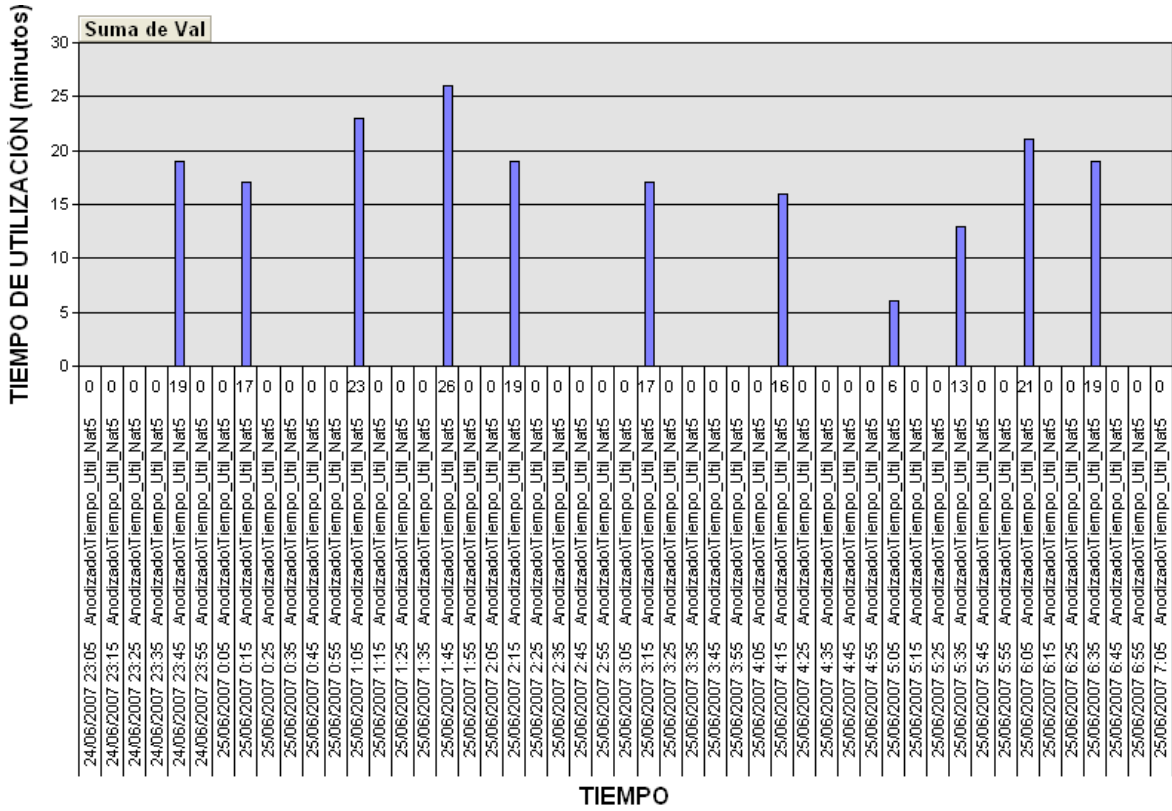


Fig. 3.19 Gráfico del Tiempo de Utilización del Natural 5.

3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA PUESTA A PUNTO Y COSTOS DEL SISTEMA HMI- SCADA.

1. Del registro de los tiempos de utilización de los tres Naturales tomados como muestra del proceso, se obtuvo los tiempos totales de utilización y su respectivo factor de utilización (horas funcionamiento del Natural / 8 horas del turno de trabajo):

NATURAL	TIEMPO DE UTILIZACIÓN TOTAL (minutos)	FACTOR DE UTILIZACIÓN
NATURAL 3	310	0,65
NATURAL 4	356	0,74
NATURAL 5	196	0,41

Tabla 3.7 Tiempos Totales y Factor de Utilización de los Naturales.

Con los resultados obtenidos se determinó que durante este turno de trabajo el Natural 4 fue el más empleado, por lo cual posee el mayor factor de utilización. Mientras el menos usado fue el Natural 5, por eso su menor factor de utilización. Esto se debe a causas en su mayoría aleatorias, como un mayor tamaño y número de cargas sumergidas, dependiendo de cual sea el tanque elegido por el operador para sumergir la carga en función de la disponibilidad del Natural.

2. La adición en la base de datos del SCADA del tiempo de utilización de los Naturales requirió de muchas pruebas y modificaciones hasta encontrar una forma real y confiable de medir este parámetro tan importante en todo proceso productivo, pero finalmente se consiguió este objetivo, constituyéndose en el complemento final para el sistema de control y supervisión diseñado e implementado para este proyecto de tesis. Permitiendo verificar la efectividad del algoritmo que controla el tiempo de inmersión en cada Natural, manteniendo la calidad del acabado final de los perfiles e indicando intuitivamente a los operadores y a la supervisión el estado en que se encuentra el proceso de anodización, así como también los tiempos de “para” del proceso y mejorar la productividad del área de Anodizado. Además de constatar el correcto funcionamiento de todo el sistema de control y supervisión.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS DEL SISTEMA HMI- SCADA PARA EL PROCESO DE ANODIZACIÓN DE NATURALES.

a) Costo de los Equipos:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	1	PLC Allen - Bradley SLC 5/05, CPU 16K, Ethernet &RS232 1747-L551	2.820,30	2.820,30
2	2	Modulo de Expansión del PLC para Entradas Analógicas (8) 1746-NI8	912,05	1.824,10
3	2	Modulo de Expansión del PLC para Entradas Digitales (16) 1746-IB16	222,70	445,40
4	2	Módulo de Expansión del PLC para Salidas Digitales (16) 1746-OB16	275,40	550,80
5	1	Módulo de Expansión del PLC para Termocuplas (8) 1746-NT8	1.366,80	1.366,80
6	1	Fuente de Poder del PLC Allen - Bradley (10A/5V, 2.88A/24Vdc) 1746-P4	687,85	687,85
7	1	Rack de Expansión Chassis 1746-A13	651,10	651,10
8	25	Relés (24Vdc) 700_HK36Z24	10,38	259,50
9	25	Socket para Relés Normal 700-HN 121	5,75	143,75
10	1	Panel View 600 Color Touchscreen, DF1 & RS232 Print 27711-T6C16L1	1.682,00	1.682,00
11	1	Industrial Ethernet Switch 10/100Base TX Marca N-TROM	220,00	220,00
12	1	Software RSVIEW32 WORKS 75 with RSLINX Single Node	1.045,00	1.045,00
13	1	Software PanelBuilder32	290,00	290,00
14	1	Cable para PanelView 2711-NC13 (5m)	105,00	105,00
15	5	Modular Card Slot Filler 1746-N2	17,85	89,25
16	2	DIN Symmetrical Rail 199-DR1 (100 x 3.5 x 1.5 cm)	6,20	12,40
17	1	Computador	1000,00	1.000,00
18	1	Tablero de Control 70 x 120 x 40 cm	170,00	170,00
19	1	Breaker 3 Polos 15 A	55,98	55,98
20	2	Porta Fusible con fusibles de 20A	3,00	6,00
21	1	Funda de Terminales Tipo Pin para Marquillas	6,00	6,00

22	1	Funda de Terminales para Bornera de los Módulos del PLC	6,00	6,00
23	1	Rollo de Cable UTP Cat. 5 (100m)	164,70	164,70
24	6	Rollo de Cable flexible AWG 16 (100m)	29,00	174,00
25	5	Rollo de Cable flexible AWG 18 (100m)	20,00	100,00
26	1	Termocupla tipo T	6,44	6,44
27	1	Rollo de Cable de compensación para Termocupla tipo T (50m)	93,31	93,31
28	5	Indicador Luminoso (BALIZA 3 Niveles con Base tipo Polo)	95,58	477,90
29	6	Botoneras (Push Button tipo Flush)	6,25	37,50
30	2	Canaleta PVC de 3 x 2''	8,24	16,48
31	2	Canaleta PVC de 3 x 1''	5,10	10,20
32	100	Borneras para Riel DIN	0,80	80,00
33	6	Libretas Marcadoras	7,73	46,38
34	1	Tubos Conduit, Abrazaderas, Tornillos y Varios para Acometidas de Alimentación y Panel de Control	200,00	200,00
35	10	Relés de 110 V y 11 pines	8,00	80,00
	10	Bases de Relés (11 pines) para Riel DIN	1,80	18,00
36	10	Tarjetas (Convertor de milivoltios a corriente 4-20 mA para las Shunt de los Rectificadores)	48,38	483,80
	1	Fuente de Poder Auxiliar Sitop marca Siemens (110 Vac de entrada y 24 Vdc de salida a 10A)	150,00	150,00
TOTAL PARCIAL SIN IVA				15.575,94
IVA 12%				1.869,11
TOTAL				17.445,05

Tabla 3.8 Descripción de costos de los equipo para el proyecto.

b) Costo de la Mano de Obra:

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	(HORAS)		(USD)	(USD)
1	1056	Mano de Obra para el diseño del sistema y programación de los equipos	0,97	1.024,32
2	1056	Mano de Obra para la Instalación y Puesta a Punto de los equipos	1,50	1.584,00
TOTAL (MANO DE OBRA)				2.608,32

Tabla 3.9 Descripción de costos de la mano de obra para el proyecto.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO: 20.053,37 USD.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- Se ha cumplido con los objetivos de este proyecto al desarrollar e implementar el sistema HMI-SCADA propuesto y bajo los requerimientos del Departamento de Acabados de CEDAL S.A., aunque no se pudo llegar a concretar los alcances del proyecto, que fueron: compensar el tiempo de inmersión de la carga si la temperatura del electrolito aumenta y controlar el ingreso de ácido sulfúrico al tanque de anodizado, si se dejó establecida una base tecnológica a nivel de hardware y software que permitirá en el futuro no solo llevar a efecto los alcances dados sino también realizar un mejoramiento del sistema creado y de algunos controles de posible ejecución que fueron determinadas en el transcurso de la realización de este proyecto de tesis.

- El buen desempeño del proceso de anodización constituye una parte crucial en una planta de producción de perfiles de aluminio porque garantiza la durabilidad y resistencia ante los agentes atmosféricos causantes de su corrosión y disminución de su vida útil, además de obtener un buen acabado al otorgarles posteriormente coloración. Razón por la cual un sistema de control y supervisión automático tanto de la temperatura, tiempo de inmersión y diferentes subprocesos que intervienen en el área de anodizado permite integrar a esta área de la planta a las actuales tendencias de control de procesos productivos, repercutiendo en la mejora de la calidad del producto final para ser congruentes con los estándares de fabricación existentes en el mercado.

- Se verificó con un estudio estadístico las temperaturas del electrolito y la eficiencia del algoritmo de Control ON/OFF con Histéresis, determinándose que cumple con las expectativas de diseño, ya que éste trata de mantener la temperatura del electrolito de

los tanques de anodizado de los Naturales dentro del rango de operación seguro que debe ser menor a 28 °C, requerido por el proceso de anodización de Naturales y sugerido por el Departamento de Acabados de Cedal S.A., aunque en muchas ocasiones la temperatura subió más allá del rango seguro de operación debido a que actualmente la torre de enfriamiento de los intercambiadores de calor y sus componentes adicionales (tuberías, distribuidores del agua por los intercambiadores, etc.), no se encuentra funcionando de forma óptima, repercutiendo en el buen desempeño del sistema de enfriamiento de los tanques de anodizado.

- Pero estas anomalías han sido registradas en el software SCADA e informadas oportunamente a la supervisión del Departamento de Acabados, Mantenimiento y a los operadores, a través de las alarmas visuales en el RSVIEW32, la touch screen y la luz indicadora de la baliza en los tableros de operadores. En el mes de junio del 2007 se emprendieron los trabajos de mantenimiento de la torre EVAPCO, registrándose una mejoría en el sistema de control de temperatura. Se corroboró que debido a la gran inercia del proceso (cambio de la temperatura del electrolito) por el tamaño de los tanques y la gran masa que representa el electrolito, este proceso no se vuelve demasiado inestable como para que este cambio no pueda ser regulado por el sistema de control de temperatura teniendo como eje central y controlador al PLC SLC 5/05.

- Se constató que el hardware seleccionado para este proyecto, teniendo como centro de operaciones y control al PLC SLC 5/05 de Allen-Bradley, no solo estuvo acorde con las exigencias del sistema de control y supervisión diseñado sino que las superó, gracias a su robustez y gran versatilidad (permite realizar ediciones de su programa en línea), por ser modular y poseer en su set de instrucciones de programación, instrucciones muy poderosas, facilitando la implementación de los algoritmos diseñados para cumplir con diferentes funciones dentro del sistema de control. Además de lo avanzado y completos que son sus módulos de expansión simplificando en gran medida la adquisición de las variables y ejecución de las acciones de control por parte del PLC. Los únicos inconvenientes son los altos costos de estos equipos y el software que requieren, así como también la gran investigación que se necesita para estar capacitado en el manejo de los equipos de Allen-Bradley.

- Los paquetes de software con que cuenta Rockwell Automation son muy completos y adaptables a las necesidades del usuario, en especial el software para el SCADA, el RSVIEW32 teniendo en su versión más alta la posibilidad de trabajar hasta con 100,000 tags (RSVIEW32 100K). Este software cuenta con todas las herramientas para desarrollar un SCADA de forma eficiente y sencilla, destacándose sus librerías que posee HMI's para diferentes procesos, resúmenes de alarmas, Trends (gráficos de tendencias) de una gran variedad como Real Time, Históricos, etc., fácilmente configurables. Otra ventaja que cuenta el RSVIEW es la de poseer Wizards para la creación de un enlace entre el RSVIEW y diferentes fabricantes de bases de datos constituyendo un recurso valioso para el desarrollo del Data Logging del SCADA. Entre las desventajas de este software al igual que el resto de programas de Rockwell Automation para los equipos Allen-Bradley son sus elevados precios y sus licencias de activación por medios como un diskette o vía Internet, que causan algunos inconvenientes si sufre algún problema el dispositivo donde reside la licencia y ésta llega a borrarse, se necesita seguir un trámite que toma bastante tiempo para que Rockwell Automation le entregue de nuevo la licencia que se perdió.

- Se comprobó que el interfaz de operador fue la elección correcta para ser empleado en este proyecto porque posee características especiales que se acoplaron a las necesidades del proceso como es la de ser del tipo touch screen, permitiendo una interacción directa con el operador solo con pulsar su pantalla y al necesitar una alimentación de 24 Vdc la cual fue tomada de la misma fuente auxiliar del PLC, la touch screen (PanelView) de Allen-Bradley es totalmente autónoma ya que una vez descargado a su memoria interna el programa de aplicación no requiere de una CPU adicional para visualizar las variables e ingresar puntos de consigna. Esto permitió que pueda ser ubicada en la parte frontal del panel principal de control en donde se encuentra el PLC y junto a los paneles de operadores del anodizado de naturales ya existentes, reduciendo al mínimo los inconvenientes de manipulación que puedan tener los operadores con el nuevo sistema.

- Por no contar con una lectura confiable de la corriente a la salida de los rectificadores surgió la necesidad de diseñar y construir unas tarjetas electrónicas que cumplan la función de medir el voltaje en la shunt a la salida del rectificador, amplificarlo y convertirlo a corriente de 4 a 20mA para ser ingresada esta señal al PLC y medir indirectamente la corriente de los rectificadores, esto junto con el sistema de control y

supervisión implementado, no solo hizo posible conocer la corriente a la salida de los rectificadores sino que también mejoró el factor de utilización de los equipos del proceso de anodizado de Naturales por cuanto se cuenta con una fuente fiable de información para conocer en tiempo real el estado de los diferentes componentes que intervienen en el proceso de anodización (corriente, temperatura, etc.), tomar acciones preventivas (apagar los rectificadores en situaciones que puedan ponerlos en peligro a ellos y al proceso) y una completa señalización de las alarmas más importantes, tanto en la touch screen como en el HMI del SCADA en el PC de la supervisión general de anodizado.

- Aunque no se está realizando la medición del voltaje a la salida de los rectificadores, sino desde la entrada de los voltímetros que cuenta cada tablero de operadores, ni la supervisión de las alarmas por ausencia de bombeo del electrolito, debido a que: no se trata de funciones críticas para el funcionamiento del proceso, no estaban previstas al inicio del proyecto, al existir formas indirectas de constatar su correcta operación y por la dificultad de conseguir sensores para esta función (por ejemplo se requiere de un sensor especial para determinar la ausencia o presencia de caudal de bombeo del electrolito porque se trata de un fluido corrosivo), sin embargo el programa del PLC, las pantalla en la touch screen y el SCADA están listas para que en el mediano plazo con la adquisición de estos sensores se complete el monitoreo de las alarmas. La importancia de este sistema de monitoreo y alarmas del proceso es la brindar información al SCADA para que sirva de soporte tanto al departamento de Mantenimiento como al de Acabados y así estos puedan tomar las acciones preventivas y correctivas necesarias para evitar un daño grave a los equipos disminuyendo el tiempo de “para” del proceso. Hay que añadir que toda esta valiosa información queda registrada en la base de datos del sistema SCADA.

RECOMENDACIONES:

- De ser posible en el futuro implementar un mejor sistema de enfriamiento (optimizar la torre de enfriamiento, los intercambiadores de calor, etc.) y complementarlo con dispositivos de bombeo del electrolito de los tanques de anodizado que permita realizar un control PID (Proporcional, Integral y Derivativo) de su temperatura, esto repercutirá en tener un proceso de temperatura más estable y poder hacer uso de las excelentes funciones para el control PID que posee el PLC SLC 5/05. Con esto se estaría cumpliendo con las recomendaciones del Control de Procesos de implementar un control PID como la mejor opción para los procesos de temperatura.
- Antes de realizar ampliaciones al sistema implementado tomar en cuenta el incremento del consumo de energía de los sensores y actuadores requeridos, para determinar si la fuente de poder auxiliar es suficiente para suministrarles la energía que necesitan.
- Tener siempre protegida la pantalla de la touch screen con una envolvente plástica transparente resistente a ambientes con agentes corrosivos, para que la constante manipulación de su pantalla por parte de los operadores no vaya a manchar o dañar permanentemente su pantalla impidiendo la normal visualización de la misma.
- Capacitar adecuadamente al personal de Mantenimiento involucrado en la utilización del hardware Allen-Bradley y software Rockwell Automation con la que cuenta este sistema HMI-SCADA del Proceso de Anodización de Naturales y algunos otros procesos de la planta de producción de CEDAL S.A., con el fin de que se pueda realizar unas correctas acciones de monitoreo, mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.
- Antes de efectuar cualquier operación en el sistema de supervisión y control del proceso de anodizado de Naturales, leer detenidamente los manuales de operadores y mantenimiento adjuntos a esta tesis, así como los manuales existentes en el Departamento de Mantenimiento y en los sitios Web referentes a los equipos Allen-Bradley y Rockwell Automation, expuestos en la bibliografía.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y Manuales:

1. CREUS Antonio. "Instrumentación Industrial". Barcelona, España. Marcombo, 1998.
2. COUGHLIN, Robert F. "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales". México DF. Prentice-Hall, 1999.
3. FAULKENBERRY, Luces M. "Introducción a los Amplificadores Operacionales: con aplicaciones a circuitos Lineales". México DF. Limusa, 1990.
4. ROCKWELL AUTOMATION. "SLC Modular Hardware Style, User Manual". USA April 2003.
5. ROCKWELL AUTOMATION. "SLC 500 Systems, Bulletin 1746 and 1747". USA, March 2005.
6. ROCKWELL AUTOMATION. "Digital I/O Modules, Installation Instructions". USA, September 2003.
7. ROCKWELL AUTOMATION. "1746 Eight Channel Analog Input Module". USA, April 1997.
8. ROCKWELL AUTOMATION. "SLC 500 Analog Input Module, User Manual". USA, April 1997.
9. ROCKWELL AUTOMATION. "SLC 500 Thermocouple/mV Analog Input Module, Installation Instructions". USA, March 2001.
10. ROCKWELL AUTOMATION. "SLC 500 Thermocouple/mV Analog Input Module, User Manual". USA, July 1999.

11. ROCKWELL AUTOMATION. "Visualization Platforms, Selection Guide". USA, March 2006.

12. ROCKWELL AUTOMATION. "PanelBuilder Software, User Manual". USA, December 1998.

Enlaces de Internet:

1. Visión General y Procesos de la Empresa CEDAL:

<http://www.cedal.com.ec/index2.php>

2. Conceptos y Definiciones relacionados con el Anodizado del Aluminio:

<http://www.es.wikipedia.org/wiki/Anodizado>

3. Fundamentos Físicos – Químicos del Proceso de Anodización del Aluminio:

http://www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2004/articulos/aluminio.htm

4. Fundamentos Físicos – Químicos del Proceso de Anodización:

<http://www.kr2-egb.com.ar/anodizado.htm>

5. Fundamentos Físicos – Químicos del Proceso de Anodización:

http://www.ventanaenlaweb.com.ar/ver_notas.php?sec=1&id_notas=524

6. Fundamentos Físicos – Químicos del Proceso de Anodización del Aluminio:

<http://www.alu-stock.es/tecnica/proteccion.html>

7. Fundamentos Físicos – Químicos del Proceso de Anodización:

<http://www.laminex.es/laminex/anodizado.htm>

8. Pasos del Proceso de Anodización:

http://www.red-de-autoridades.org/cds/disco04/residuos/manuales_minimizacion/mgalvano.pdf

9. Baños para el Anodizado:

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_265.htm

10. Concepto y Tipos de Actuadores:

<http://www.monografias.com/trabajos15/actuadores/actuadores.shtml>

11. Diseño de Controladores Industriales:

<http://http://prof.usb.ve/lamanna/cursos/Controladores-Industriales.pdf>

12. Control Distribuido:

<http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf>

13. Control Distribuido Ventajas y Aplicaciones:

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/sistemas-de-control-distribuido/sistemas-de-control-distribuido.pdf>

14. Automatas Programables:

<http://http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema5.pdf>

15. Ejemplos de Sistemas Scada:

<http://www.infopl.net/Ejemplos/Ejemplos.htm>

16. Software para SCADA:

<http://www.infopl.net/Descargas/Descargas.htm>

17. Programación con el RSLogix500:

http://www.citcea.upc.edu/projecte/labremot/cap8_RSLogix.pdf

18. Grado de Protección IP (Ingress Protection).

http://www.ffii.nova.es/puntoinfomcyt/Archivos/rbt/guias/guia_bt_anexo1sep03R1.pdf

19. Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá España. “Control Electrónico, Control distribuido, Adquisición de datos y PLC’s”:

<http://www.depeca.uah.es/docencia/IT-INF/ctr-eco/>

20. JIMÉNEZ MACÍAS Emilio. “Tesis Doctoral: Técnicas de Automatización Avanzadas en Procesos Industriales”. Universidad de la Rioja. España, 2002:

http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_tesis?articulo=1218950&orden=0

21. BARRANTES MUÑOZ Alexánder. “Interfaz Humano-Máquina para la familia de PLC’s Unitronics”. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Costa Rica, diciembre del 2004:

<http://www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0438t.pdf>

22. MIRANDA VÁZQUEZ José Francisco. “Aplicación de los algoritmos PID a un Controlador Lógico Programable”. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica, diciembre del 2004 (Marco Teórico del SLC 500):

<http://www.eie.ucr.ac.cr/proyectos/proybach/pb0434t.pdf>

23. GÓMEZ TERÁN Alejandro Francisco. “Diseño de una Estación de Trabajo y Entrenamiento para Procesos de Automatización y Control basados en PLC’s S7-200 de SIEMENS”. Universidad Iberoamericana Sta. Fe Cd de México. Mexico, octubre de 2003

http://www.iec.uia.mx/proy/titulacion/proy03/Estacion_de_trabajo_con_PLCS7200.pdf

24. Proyecto de Aplicación Web Práctico con el PLC Allen-Bradley Micrologix 1500: Centro de Cooperación para el Desarrollo (CCD) de la UPC (Universidad Politécnica de Cataluña), Departamento de Ingeniería Eléctrica de la ETSEIB, la Universidad de Oriente de Santiago de Cuba (Cuba) y la Universidad Web de Curazao (Antillas Holandesas), la Unión Europea mediante el programa ALFA con el título "Interactive Programs for Distance Learning of Modules of Industrial Automation”

<http://bibliotecnica.upc.es/PFC/arxius/migrats/36068-1.pdf>

25. Web oficial con Información y Manuales de los PLC’s, Programas de Rockwell Automation y Equipos Allen-Bradley:

<http://www.rockwellautomation.com>

26. Ejemplos del SLC 500

<http://plcguide.mrplc.com/index.html>

27. Manuales del PanelView, RSVIEW y SLC 500:

http://http://www.infoplcn.net/Descargas/Descargas_Allen_Bradley/Descargas-Allenbradley.htm

ANEXOS

ANEXO A

GLOSARIO

10Base2: Estándar de cableado para Ethernet que utiliza cable coaxial fino como medio de transmisión. La longitud de cada segmento de la red no puede superar los 185 m. Los dispositivos se pueden conectar directamente en serie a la LAN.

10Base5: Estándar de cableado para Ethernet que utiliza cable coaxial grueso de doble pantalla como medio de transmisión. La longitud de cada segmento de la red no puede superar los 500 m. El cable va conectado a una unidad MAU (Medium Attachment Unit) para que los dispositivos se puedan comunicar a través de un puerto AUI (Attachment Unit Interface) situado en el dispositivo Ethernet.

10BaseFL: Estándar de cableado para Ethernet que utiliza cable de fibra óptica como medio de transmisión. El cable 10BaseFL ofrece una velocidad de transmisión de 10 Mbits/s.

10BaseT Estándar de cableado para Ethernet que utiliza dos pares trenzados de hilo de cobre como medio de transmisión. La distancia máxima permitida entre los dispositivos o a un hub o un switch de red es de 100 m. Los dispositivos Ethernet se conectan con un conector de tipo RJ-45. El cable 10BaseT ofrece una velocidad de transmisión de 10 Mbits/s, mientras que la del cable 100BaseT es de 100 Mbits/s.

Acción Directa: En un control de acción directa, la salida aumenta cuando la temperatura del proceso es mayor a la temperatura deseada. Este es el tipo de acción que

se necesita en sistemas de enfriamiento, donde la temperatura deseada es menor a la temperatura ambiente.

Acción Inversa: En un control de acción inversa, la salida aumenta cuando la temperatura del proceso es menor a la temperatura deseada. Este es el tipo de acción que se necesita en sistemas de calentamiento, donde la temperatura deseada es mayor a la temperatura ambiente.

Actuador: Los actuadores son dispositivos capaces de generar una [fuerza](#) a partir de líquidos, de [energía eléctrica](#) y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de [control](#) como lo son las [válvulas](#).

Alcance (Span): Se define como alcance de un dispositivo de medida a la diferencia entre los valores superior e inferior del rango.

Algoritmos de Control Industrial: Combinación de funciones lógicas, secuenciales, una serie de mecanismos y funciones adicionales para adecuarse a los requerimientos de los sistemas de control y automatización industrial, lo que da lugar a dispositivos especializados para el control de temperatura, velocidad, distribución de energía, transporte, máquinas-herramientas, reacción química, fermentación, entre otros.

Amplificador de Instrumentación: Es un dispositivo creado a partir de [amplificadores operacionales](#). Está diseñado para tener una alta [impedancia](#) de entrada y un alto [rechazo al modo común](#) (CMRR). Se puede construir a base de componentes discretos o se puede encontrar [encapsulado](#).

Amplificador Operacional: El nombre de *amplificador operacional* deriva del concepto de un amplificador **dc** (amplificador acoplado en continua) con una entrada diferencial y ganancia extremadamente alta, cuyas características de operación estaban determinadas por los elementos de realimentación utilizados. Cambiando los tipos y disposición de los elementos de realimentación, podían implementarse diferentes operaciones analógicas; en gran medida, las características globales del circuito estaban determinadas sólo por estos elementos de realimentación.

Anodizado: El anodizado es un proceso electroquímico que posibilita aumentar artificialmente la capa de óxido, con un espesor controlado, obteniendo protección extra de mayor dureza y espesor y una superficie homogénea, atractiva y permanente por muchas décadas.

AUI: Attachment Unit Interface de Conexión (puerto de interfaz de la unidad de conexión). Cable Ethernet estándar con conector de tipo D de 15 patillas que se utiliza para conectar un dispositivo de red y una unidad MAU.

Banda Muerta: Rango de variación de la variable medida que no produce un cambio perceptible en la salida del instrumento. La causa más común es la fricción estática. Se suele especificar como porcentaje del alcance.

BOOTP: El protocolo BOOTP permite a los dispositivos de red pedir información de configuración a un servidor BOOTP.

Colisión: Se produce cuando dos o más dispositivos intentan transmitir datos al mismo tiempo por la misma red. Los datos que colisionan se corrompen.

Control Continuo: La variable controlada toma valores en un rango continuo, se mide continuamente la variable controlada y se actúa continuamente sobre un rango de valores del actuador.

Control Discreto: Las variables sólo admiten un conjunto de estados finitos.

Control ON/OFF con Histéresis: En un control ON/OFF la salida toma únicamente dos valores: encendido o apagado. Cuando la temperatura es mayor a la deseada, la salida se apaga en el caso de sistemas de calentamiento o se enciende en el caso de sistemas de enfriamiento. Cuando es menor, toma el valor opuesto. Los controles de este tipo cuentan con histéresis o banda muerta para evitar que la salida sea inestable cuando la temperatura se acerque al valor deseado.

Control PID (Proporcional, Integral y Derivativo): Es un control realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta, sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el control tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso. El control PID es suficiente para resolver el problema de control de muchas aplicaciones en la industria, particularmente cuando la dinámica del proceso lo permite (en general procesos que pueden ser descritos por dinámicas de primer y segundo orden), y los requerimientos de desempeño son modestos (generalmente limitados a especificaciones del comportamiento del error en estado estacionario y una rápida respuesta a cambios en la señal de referencia).

CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect (protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones): Método de acceso al medio Ethernet en el que todos los dispositivos luchan por acceder a la red para transmitir datos. Si un dispositivo detecta la señal de otro mientras trata de transmitir, la transmisión se interrumpe y se produce un nuevo intento transcurrido cierto tiempo.

Datagrama: Secuencia de datos autocontenida que transporta información suficiente para ser encaminada desde el dispositivo de origen hasta el dispositivo de destino sin que se haya producido previamente interacción alguna entre ambos. Por lo general, este tipo de conexión se conoce como comunicación no orientada a conexión.

DHCP: El Dynamic Host Configuration Protocol (protocolo dinámico de configuración de equipos) permite a los equipos solicitar (y recibir) una dirección IP de un servidor DHCP situado en la LAN. Si no se dispone de servidor DHCP, las direcciones IP deben definirse de manera estática en la configuración del dispositivo.

Diagramas de Bloques Funcionales (FBD): Es muy común en aplicaciones que implican flujo de información o datos entre componentes de control. Las funciones y bloques funcionales aparecen como circuitos integrados y es ampliamente utilizado en Europa.

Diagrama de Contactos (Programación de PLCs Ladder LD): Tiene sus orígenes en los Estados Unidos. Está basado en la presentación gráfica de la lógica de relés.

Dirección IP: La dirección IP es un número de 32 bits que identifica a un dispositivo de red. Se compone de cuatro partes. En primer lugar, el identificador de una red concreta, y en segundo lugar, un identificador del dispositivo determinado dentro de la red. Dado que el número de direcciones IP formadas por un número de 32 bits es finito, actualmente se está implementando un nuevo método: el de las direcciones IPv6.

Dirección MAC: La Media Access Control Address o dirección de control de acceso al medio es un número hardware único que se asigna al dispositivo Ethernet en el momento de su fabricación. Por lo general, la dirección MAC no se puede modificar.

Error de Medida: Diferencia entre la medida producida por el instrumento y la medida ideal.

Escala de Temperatura: Relación entre la temperatura y la magnitud termométrica usada.

Escala de Fahrenheit: Escala de temperaturas utilizada en los países de habla inglesa, en la que la temperatura de fusión del hielo corresponde a la división 32, y la de ebullición del agua, a la 212. La relación entre los grados centígrados y los Fahrenheit viene dada por la expresión: $^{\circ}\text{C}/100 = (^{\circ}\text{F} - 32)/180$.

Extrusión: La extrusión es un proceso de trabajo en caliente, en el cual el metal sólido (aluminio) es forzado mediante una prensa hidráulica a pasar a través de un orificio en un molde de aleación de acero.

FP: Puerto Ethernet de fibra óptica.

FTP File Transfer Protocol (protocolo de transferencia de archivos). Este protocolo es una de las maneras más sencillas de transferir archivos por Internet. Utiliza los protocolos TCP/IP.

Full Dúplex: Método de comunicación bidireccional en el que las señales pueden circular en ambas direcciones simultáneamente.

Grado de Incertidumbre: Error máximo que se puede cometer al efectuar la medida con el instrumento.

Grado de Protección IP (Ingress Protection). El sistema de clasificación IP proporciona un medio de determinar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529.

Half Dúplex: Método de comunicación bidireccional en el que las señales no pueden circular en ambas direcciones simultáneamente, sino solamente en una de ellas.

Histéresis: Valor máximo de la diferencia entre las medidas de un mismo valor en sentido creciente y decreciente de la variable. Se suele expresar en forma porcentual sobre el alcance del instrumento.

Hub: Dispositivo sencillo que permite conectar segmentos de red. Cuando se recibe un paquete en un puerto, se envía a todos los puertos del hub.

IEEE802.3: Es la norma de especificación de Ethernet.

IEC 61131: Es el primer paso en la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deben utilizar. Esta norma se divide en cinco partes: Vista general, Hardware, Lenguaje de programación, Guías de Usuario y Comunicación. El IEC 61131-3 (Lenguaje de Programación) pretende ser la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier compañía.

Instrumentación Industrial: Todo instrumento y dispositivos asociados utilizados para medir, controlar, comunicar, registrar y señalar los atributos físicos de la variable medida o del proceso.

IP: El Internet Protocol (protocolo de Internet) transporta los paquetes de un nodo a otro sin tener en cuenta su contenido. IP envía cada paquete en función de una dirección de destino de cuatro bytes (la dirección IP).

Kelvin o absoluta, escala: Escala de temperaturas cuyo cero coincide con el cero absoluto de temperaturas y cuyas divisiones son los grados Kelvin ($0\text{ °C} = 273.16\text{ °K}$).

LAN: Una red de área local es un grupo de ordenadores o dispositivos Ethernet que comparte una estructura de comunicaciones. El tamaño de las redes LAN oscila entre un par de dispositivos y varios cientos.

Linealidad: Mide en qué grado la característica entrada-salida del instrumento se puede aproximar a una línea recta. Se suele expresar como el error máximo que se cometería al aproximar la función por una línea recta. Esta cualidad es muy deseable ya que implica una sensibilidad similar en todo el rango de medida.

Lista de Instrucciones (Programación de PLCs IL): Es el modelo de lenguaje ensamblador basado en un acumulador simple; procede del alemán Anweisungsliste, AWL.

Máscara de subred: Cuando varios dispositivos Ethernet desean comunicarse por Internet o a través de un router, debe existir un método que permita al router comprobar si el destino del paquete se encuentra en la red local o en otra red. El router sabe qué bits de la máscara de subred debe comprobar, pues un «1» indica que forma parte de la ID de la red, mientras que un «0» indica que forma parte de la ID del servidor. El límite entre la ID de la red y la del servidor no se puede determinar analizando únicamente la dirección IP.

MAU: Media Attachment Unit. La unidad de conexión al medio permite conectar un dispositivo al medio LAN. Normalmente, el medio LAN que se utiliza con este tipo de interfaz es cable coaxial. Este tipo de cable se conoce como Thicknet o Thinnet.

OPC: OLE Process Control. (OLE para control de procesos.) Estándar abierto que permite a los dispositivos comunicarse entre sí de forma totalmente abierta con independencia de quién haya fabricado cada uno de ellos.

Paquete: Es la unidad de datos que se transmite de un dispositivo de origen a otro de destino en Internet. Cuando un dispositivo solicita datos, la capa TCP del protocolo TCP/IP divide el archivo en paquetes. TCP/IP numera cada uno de los paquetes de tal modo que, aunque se transmitan por caminos diferentes, es posible restaurarlos correctamente en el dispositivo de destino. El tamaño de los paquetes varía entre 48 y 1.518 bytes (1.522 bytes si incluyen una etiqueta de prioridad).

Pirómetro Fotoeléctrico: Pirómetro que utiliza un sistema fotoeléctrico para medir la temperatura de un cuerpo mediante la radiación que este emite

Pirómetro Óptico: Pirómetro que mide la temperatura por comparación del brillo de un cuerpo incandescente con el de otro cuerpo cuya temperatura se conoce.

Pirómetro de Radiación: Pirómetro que mide la temperatura concentrando la radiación total o monocromática emitida por un cuerpo, mediante un sistema de lentes, sobre un elemento termosensible, generador de una señal eléctrica proporcional a dicha temperatura.

Precisión: Grado en que la medida que proporciona se aproxima a un valor patrón de medida o a medida ideal.

Precisión de Referencia o Tolerancia: Límite máximo del error de medida en condiciones nominales.

Programas: Los *programas* son “un conjunto lógico de todos los elementos y construcciones del lenguaje de programación que son necesarios para el tratamiento de la señal prevista que se requiere para el control de una máquina o proceso mediante el sistema de autómatas programables”. Un programa puede contener, aparte de la declaración de tipos de datos, variables y su código interno, distintas instancias de funciones y bloques funcionales.

Pt100: Un tipo de RTD son las Pt100. Estos sensores deben su nombre al hecho de estar fabricados de [platino](#) (Pt) y presentar una resistencia de 100ohms a 0°C. Son dispositivos muy lineales en un gran rango de temperaturas.

Rango: Conjunto de valores de la variable que puede medir el instrumento. Se especifica mediante el límite inferior y el superior.

Rechazo al Modo Común: La razón de rechazo al modo común (o CMRR, de las siglas inglesas *Common Mode Rejection Ratio*) es uno de los parámetros de un [amplificador operacional](#) (o AOP). En un conjunto de AOPs configurados como [amplificador de instrumentación](#), cuando el [voltaje](#) 1 (-V) y el voltaje 2 (+V) son iguales, existe una pequeña señal de salida, cuando lo ideal sería que ésta fuera cero. La CMRR es una medida del rechazo que ofrece la configuración a la entrada de voltaje común. El CMRR es positivo y se mide en decibelios. La operación que realiza es la [resta](#) de sus dos entradas multiplicada por un factor.

Repetitividad: Grado de consistencia del instrumento. Es decir, en qué grado el dispositivo proporciona medidas iguales cuando mide el mismo valor en las mismas condiciones. Si no se exige que las condiciones de las medidas sean idénticas, esta característica se denomina reproducibilidad.

Resolución: Incremento mínimo de la variable de entrada que produce un cambio observable en la salida. Este concepto está ligado al de banda muerta y sensibilidad. Se expresa en términos absolutos o porcentuales sobre el alcance.

RS-332: Este estándar fue diseñado en los 60s para comunicar un equipo terminal de datos o DTE (Data Terminal Equipment, el PC en este caso) y un equipo de

comunicación de datos o DCE (Data Communication Equipment, habitualmente un módem). Los voltajes para un nivel lógico alto están entre -3V y -15V, y un nivel bajo +3V y +15V. Velocidad: 300, 600, 1200, 2400, 4800 y 9600 bps. Es posible tener cables de hasta 15 metros

RS-485: Se utiliza una conexión balanceada sin conector físico. Señales de cómo máximo 6V y de cómo mínimo 200mV. Velocidad máxima de 100Kbps hasta 1200m y de 10Mbps hasta 12m.

Seguridad Intrínseca: Opción a conectar elementos de campo con tensiones reducidas para atmósferas explosivas.

Sensibilidad Relación que existe entre el incremento en la señal de salida del instrumento y el incremento correspondiente en la variable medida.

Sensor: Dispositivo que está en contacto con la variable que se mide.

Subred: Sección identificable de una red más grande. Por ejemplo, puede consistir en todos los dispositivos de un edificio o una zona de procesamiento.

Switch: Dispositivo Ethernet que filtra y transmite paquetes entre segmentos de la LAN. El switch opera en el nivel de enlace de datos (nivel 2) y ocasionalmente en el nivel de red (nivel 3). Los paquetes que llegan a un puerto se analizan para determinar si tienen errores y sólo se envían al puerto que tiene una conexión con el dispositivo de destino.

TCP: El Transmission Control Protocol o protocolo de control de transmisión se encarga de entregar y verificar los datos transmitidos de un dispositivo a otro. El protocolo detecta los errores o datos perdidos y puede activar una retransmisión hasta que los datos se hayan recibido completos y sin errores.

Temperatura: Propiedad de los cuerpos que determina los intercambios de calor entre los mismos, y constituye una medida de la energía cinética media de las moléculas de los cuerpos.

Termistor: Componente electrónico cuya resistencia varía con la temperatura. Se emplea como instrumento de control y medición de la temperatura, o como moderador de los efectos térmicos parásitos que se producen en el interior de los circuitos.

Termo resistencias (RTD): La termo resistencia trabaja según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Los materiales utilizados para los arrollamientos de termo resistencias son fundamentalmente platino, níquel, níquel-hierro, cobre y tungsteno. El platino encuentra aplicación dentro de un amplio rango de temperaturas y es el material más estable y exacto. En efecto, la relación resistencia temperatura correspondiente al alambre de platino es tan reproducible que la termorresistencia de platino se utiliza como estándar internacional de temperatura desde 260 °C hasta 630 °C.

Termocupla (termopar): Un termopar es un conjunto de dos conductores metálicos distintos A y B, unidos por los extremos, cuyas soldaduras se mantienen a temperaturas distintas. En estas condiciones existe entre sus extremos una diferencia de potencial llamada fuerza electromotriz termoeléctrica (efecto Seebeck) que puede medirse cortando uno de los alambres y uniendo los extremos a un potenciómetro o a un voltímetro digital electrónico de gran impedancia. La fem depende exclusivamente de la naturaleza de los metales utilizados y de la diferencia de temperaturas de las dos soldaduras. En la práctica una de éstas se mantiene a la temperatura del hielo fundente (soldadura fría) y la otra (soldadura caliente) se encuentra a la temperatura que se desea medir.

Texto estructurado (ST): Es un lenguaje de alto nivel con orígenes en el Ada, Pascal y 'C'; puede ser utilizado para codificar expresiones complejas e instrucciones anidadas; este lenguaje dispone de estructuras para bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO), ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE), funciones (SQRT, SIN, etc.).

TP: Puerto de par trenzado de cobre.

Trama: Una trama es un conjunto de datos que se transmite entre dos dispositivos Ethernet como una unidad completa con información de direccionamiento y control de protocolo. La información se transmite en serie, bit a bit.

Transductor: Modifica la naturaleza de la señal que proporciona el sensor para hacerla más fácilmente medible.

Transmisor: Convierte la señal del transductor en una señal estándar que se transmite al sistema de control (al ser estándar es compatible con cualquier instrumento de control con independencia de su marca comercial).

WAN: Una Network o Red de Área Extendida es una red de comunicaciones geográficamente dispersa.

ANEXO D

MANUALES DE OPERACIÓN

	Pág.
D1. Manual del Operador.....	D3
D1.1 Introducción.....	D3
D1.2. Mandos de Operación.....	D3
D1.3. Pantalla de Inicio.....	D3
D1.4 Ingreso de la Clave.....	D4
D1.5. Pantalla del Menú Principal.....	D5
D1.6 Pantallas Tiempo de Inmersión de los Naturales.....	D5
D1.7 Pantallas Proceso de los Naturales.....	D6
D1.7.1 Primer Modo Automático: Ingresando el tamaño de la carga y seleccionando una de las dos opciones del espesor de la capa anódica.....	D6
D1.7.2 Segundo Modo Automático: Ingresando el tamaño de la carga y el espesor de la capa anódica.....	D9
D1.7.3 Modo Manual: Ingresando directamente el tiempo de inmersión.....	D9
D1.8 Pantalla Tiempos de Inmersión de los Naturales.....	D10
D1.9 Pantalla Corriente de los Rectificadores.....	D10
D1.10. Pantalla Densidad de los Rectificadores.....	D11
D1.11. Pantalla Voltaje de los Rectificadores.....	D11
D1.12. Pantalla Temperatura del Electrolito.....	D12
D1.13. Pantalla Activación Automática de las Bombas de los Naturales.....	D12
D1.14. Pantalla Alarma Banner.....	D13

D2. Manual de Mantenimiento.....	D15
D2.1 Introducción.....	D15
D2.3. Pantalla de Configuración.....	D15
D2.4 Pantalla Setear Temperatura.....	D16
D2.5 Pantalla Banda de Histéresis.....	D17
D2.6 Pantalla Apagar Alarmas	D17
D2.7 Pantalla Activación Manual de las Bombas de los Naturales.....	D18
D2.6 Conexiones de los Tableros Principal y de Operadores.....	D19
D2.7 Recomendaciones para realizar Reparaciones en el Sistema de Control y Supervisión del Proceso de Anodización de Naturales.....	D24
D2.8 Recomendaciones para poner en marcha el Sistema de Control y Supervisión del Proceso de Anodización de Naturales.....	D24

D1. Manual del Operador.

D1.1 Introducción.

Sistema HMI_Scada del Proceso de Anodización de Naturales diseñado por Efraín Correa e implementado en colaboración con el Departamento de Mantenimiento de CEDAL S.A.

D1.2. Mandos de Operación.

En el panel principal de operadores se encuentra una touch screen (panel de operador táctil) con distintas ventanas (pantallas) que permiten ingresar los parámetros para el control del tiempo de inmersión de las cargas, ajustar la temperatura de control (setpoint) de los tanques, así como visualizar tiempos de inmersión, corriente, densidad de corriente, voltaje, temperatura y alarmas de los cinco Naturales.

A continuación se describirá el procedimiento para operar la touch screen y sus distintas pantallas.

D1.3. Pantalla de Inicio.



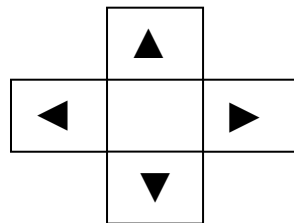
Fig. D1 Vista de la pantalla Inicio_Anodizado.

Al encenderse la touch screen aparece una pantalla de inicio, también al pulsar la tecla **INICIO**. Desde la cual pulsando el botón **MENU** se accede al menú principal del sistema.

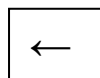
D1.4 Ingreso de Clave.

Inmediatamente se mostrará una pantalla solicitando el ingreso del password (clave) del operador. Para lo cual el operador debe:

a) Seleccionar la letra o número inicial de su clave presionando las teclas de **saetas** táctiles (de toque) que se encuentran en esta pantalla en la esquina **superior-izquierda** con los símbolos:



b) Una vez localizado el carácter deseado se procede a pulsar la tecla **SELEC** ubicada en la esquina **inferior-izquierda** de esta pantalla. En caso de querer cambiar el carácter seleccionado se puede corregir utilizando la tecla ubicada en la esquina **inferior-derecha** con el símbolo:



Y así sucesivamente con todos los caracteres que conforman su clave.

c) Una vez completada su clave, ésta es ingresada para su verificación presionando la tecla **ENTER** que se encuentra en la esquina **inferior-derecha** con el símbolo:



d) Si se ha ingresado correctamente la clave de acceso se desplegará la pantalla **MENU PRINCIPAL** caso contrario aparece un mensaje de error negando el acceso por lo que se tiene que repetir el procedimiento anterior otra vez seleccionando la clave correcta.

D1.5. Pantalla del Menú Principal.

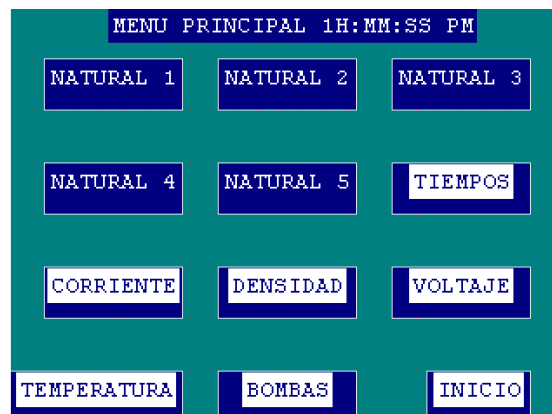


Fig. D2 Vista de la pantalla Menú_Principal.

a) Si se ha desplegado correctamente la pantalla **MENU PRINCIPAL** se podrá operar las teclas para entrar a las pantallas de control del tiempo de inmersión de cada uno de los cinco Naturales (NATURAL 1...5), así como también a las pantallas de tiempos (TIEMPOS), corriente (CORRIENTE), densidad de corriente (DENSIDAD), voltaje (VOLTAJE), temperatura. (TEMPERATURA) y activación de las bombas (BOMBAS).

b) Para regresar a la pantalla de inicio presionar la tecla **INICIO**.

D1.6 Pantallas Tiempo de Inmersión de los Naturales.

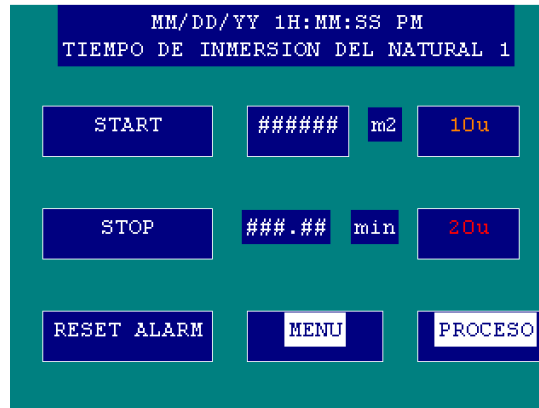
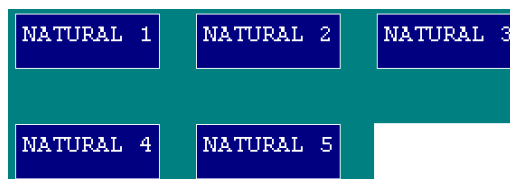


Fig. D3 Vista de la pantalla Tiempo de Inmersión del Natural 1.

Se accede a estas pantallas al pulsar la tecla **NATURAL 1..5** de la pantalla **MENU PRINCIPAL**. El procedimiento siguiente se aplica en cada una de las cinco pantallas de los Naturales para ingresar los parámetros que el sistema requiere para calcular el tiempo de inmersión en minutos de la carga.



D1.7 Pantallas Control de los Naturales.



Fig. D4 Vista de la pantalla Control del Natural 1

Para ingresar a la pantalla **CONTROL DEL NATURAL 1...5** presionar en la pantalla **TIEMPO DE INMERSION DEL NATURAL 1...5** la tecla **PROCESO**.



El sistema determina el tiempo de inmersión en minutos de tres modos, dos automáticos y uno manual:

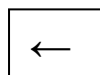
D1.7.1 Primer Modo Automático: Ingresando el tamaño de la carga y seleccionando una de las dos opciones del espesor de la capa anódica:

a) Una vez que se haya elegido el Natural donde se va a anodizar los perfiles en la pantalla **TIEMPO DE INMERSION DEL NATURAL 1...5** ingresamos el tamaño de la carga en metros cuadrados pulsando en la celda de entrada numérica con el rótulo **m2**:



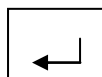
Para ingresar la cantidad deseada una vez pulsada una entrada numérica se desplegará un teclado para escribir en esta celda los números que se van presionando.

En caso de querer cambiar el número seleccionado o regresar a la pantalla anterior se puede corregir utilizando la tecla ubicada en la esquina **derecha** con el símbolo:



Y así sucesivamente con todos los números que conforman la cantidad a ingresar.

Una vez completada la cantidad, ésta es ingresada presionando la tecla **ENTER** que se encuentra en la esquina **inferior-derecha** con el símbolo:



Este procedimiento se aplica con todas las celdas de entradas numéricas.

b) Se selecciona el espesor de la capa anódica (10 o 20 micras) presionando la tecla correspondiente.



Y automáticamente el sistema calcula el tiempo de inmersión en minutos para el tamaño de la carga ingresado y el espesor de capa anódica seleccionado.

c) Se visualizará el tiempo en minutos calculado por el sistema en la celda de visualización numérica con el rotulo **min.**



d) Para dar inicio al proceso de anodizado y ejecución del tiempo de inmersión se presiona la tecla **START** o la botonera en el tablero del operador que realice esta función.



e) Para dar fin al proceso, y resetear el sistema para realizar cambios en los parámetros seleccionados se pulsa la tecla **STOP** o la botonera en el tablero del operador que realice esta función.

STOP

f) Para reconocer el aviso de fin de ciclo (apagar la sirena) o una alarma (apagar la luz roja de la baliza durante 10 minutos) se presiona la tecla **RESET ALARM** o la botonera en el tablero del operador que realice esta función.

RESET ALARM

g) Para regresar a la pantalla **MENU PRINCIPAL** presionar la tecla **MENU**.

MENU

D1.7.2 Segundo Modo Automático: Ingresando el tamaño de la carga y el espesor de la capa anódica:

a) En la pantalla **TIEMPO DE INMERSION DEL NATURAL 1...5** ingresamos el tamaño de la carga en metros cuadrados pulsando en la celda de entrada numérica con el rotulo **m2**:

m2

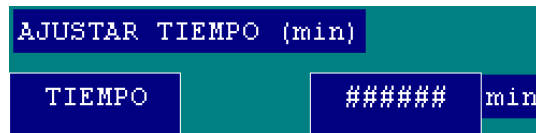
b) A continuación accedemos a la pantalla **CONTROL DEL NATURAL 1...5** presionando la tecla **PROCESO**. Debajo del rotulo **AJUSTAR ESPESOR (micras)** pulsamos la tecla **ESPESOR** y luego ingresamos en micras el espesor de la capa anódica presionando la celda de entrada numérica con el rotulo **micras**.

AJUSTAR ESPESOR (micras)
ESPESOR ##### micras

c) Finalmente pulsando la tecla **NATURAL 1..5** regresamos a la pantalla **TIEMPO DE INMERSION DEL NATURAL 1...5** y presionando las teclas **START**, **STOP** o **RESET ALARM** se realiza la acción de control deseada según la tecla seleccionada.

D1.7.3 Modo Manual: Ingresando directamente el tiempo de inmersión:

a) Accedemos a la pantalla **CONTROL DEL NATURAL 1...5** presionando la tecla **PROCESO**. Debajo del rotulo **AJUSTAR TIEMPO (min)** pulsamos la tecla **TIEMPO** y luego ingresamos en minutos el tiempo de inmersión que se le va dar a la carga presionando la celda de entrada numérica con el rotulo **min**.



b) Para concluir con el procedimiento pulsando la tecla **NATURAL 1..5** regresamos a la pantalla **TIEMPO DE INMERSION DEL NATURAL 1...5** y presionando las teclas **START**, **STOP** o **RESET ALARM** se realiza la acción de control deseada según la tecla seleccionada.

D1.8 Pantalla Tiempos de Inmersión de los Naturales.



Fig. D5 Vista de la pantalla **Tiempos_Inmersión_Naturales**.

Permite visualizar el tiempo de inmersión de las cargas de los 5 naturales. Para ingresar a la pantalla **TIEMPOS DE INMERSION DE LOS NATURALES** presionar en la pantalla **MENU PRINCIPAL** la tecla **TIEMPOS**.

D1.9 Pantalla Corriente de los Rectificadores.

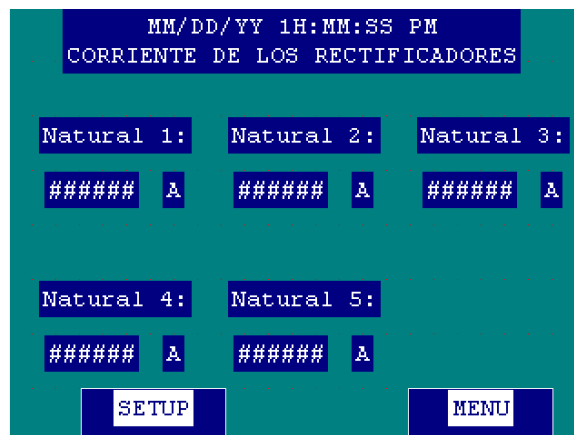


Fig. D6 Vista de la pantalla Corriente de los Rectificadores.

En ella se observa la corriente en los rectificadores de los 5 naturales. Para ingresar a la pantalla **CORRIENTE DE LOS RECTIFICADORES** presionar en la pantalla **MENU PRINCIPAL** la tecla **CORRIENTE**.

D1.10. Pantalla Densidad de los Rectificadores.



Fig. D7 Vista de la pantalla Densidad_Corriente.

Permite observar la densidad de corriente en los 5 naturales. Para ingresar a la pantalla **DENSIDAD DE CORRIENTE DE LOS NATURALES** presionar en la pantalla **MENU PRINCIPAL** la tecla **DENSIDAD**.

D1.11. Pantalla Voltaje de los Rectificadores.

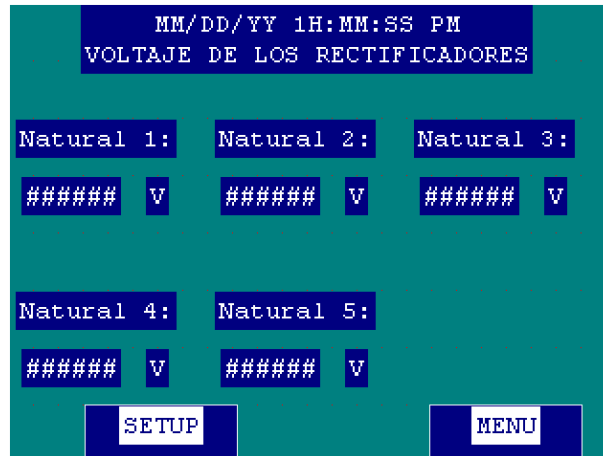


Fig. D8 Vista de la pantalla Voltaje_Naturales_Rect.

En ella se visualiza el voltaje en los rectificadores de los 5 naturales. Para ingresar a la pantalla **VOLTAJE DE LOS RECTIFICADORES** presionar en la pantalla **MENU PRINCIPAL** la tecla **VOLTAJE**.

D1.12. Pantalla Temperatura del Electrolito.

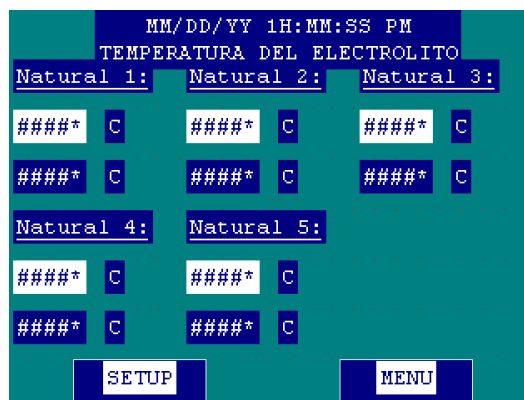


Fig. D9 Vista de la pantalla Temperatura_Electrolito.

Muestra en los visualizadores numéricos superiores con fondo blanco la temperatura del electrolito de los cinco tanques de naturales y en los visualizadores inferiores el valor de referencia del control de temperatura. Para ingresar a la pantalla **TEMPERATURA DEL ELECTROLITO** presionar en la pantalla **MENU PRINCIPAL** la tecla **TEMPERATURA**.

D1.13 Pantalla Activación Automática de las Bombas de los Naturales.

Al presentarse una suspensión del turno de trabajo en el Área de Anodizado, al iniciar y cerrar la semana de labores para realizar el mantenimiento, los operadores o el personal de mantenimiento deben activar o desactivar, según sea el caso, el modo de funcionamiento automático de las bombas para que estas dejen o pasen a ser comandadas por el PLC, pulsando la tecla del Natural respectivo. Se ingresa a esta pantalla al presionar la tecla **BOMBAS** en la pantalla **MENU PRINCIPAL**.

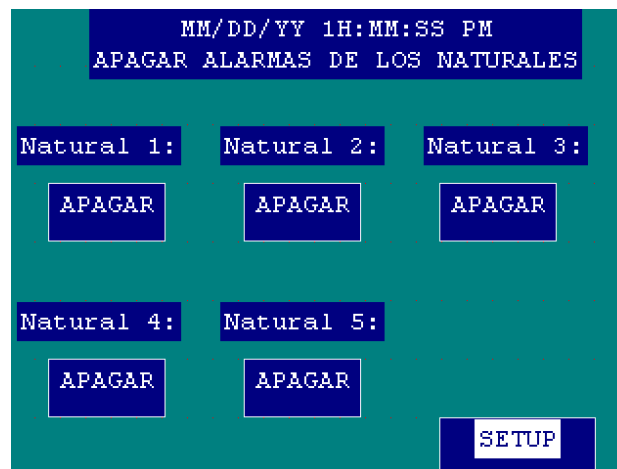


Fig. D10 Vista de la pantalla Activación_Manual_Bombas_Naturales.

D1.14. Pantalla Alarm Banner.

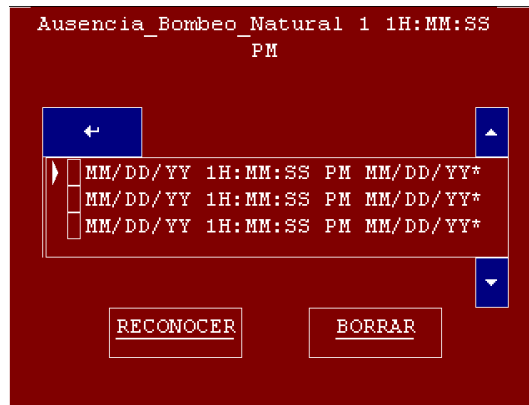


Fig. D11 Vista de la pantalla Alarm Banner.

En ella se puede visualizar la fecha, hora y que alarma o alarmas sucedieron. Posee los botones RECONOCER y BORRAR alarma. Esta pantalla se presenta automáticamente al generarse una alarma.

IMPORTANTE

- En caso de producirse un corte súbito de energía durante el funcionamiento de alguno de los tanques de anodizado de Naturales, el sistema permite reiniciar el proceso de control de tiempo accediendo en la touch screen a la pantalla de tiempo de inmersión respectiva y volviendo a pulsar la tecla **START**, con lo cual se reinicia el conteo del tiempo desde el valor que se quedó al generarse el corte de energía.
- Este procedimiento se lo puede realizar siempre y cuando el supervisor u operador determinen que el tiempo transcurrido del proceso detenido no va a perjudicar el acabado final de los perfiles, de ser esta la situación no se deberá reiniciar con el proceso.

- El sistema cuenta con esta ventaja adicional porque el CPU del PLC utilizado posee una fuente de energía de respaldo que mantiene en la memoria del PLC el valor del tiempo del timer interno utilizado al momento de producirse el corte de energía.

D2. Manual de Mantenimiento.

D2.1 Introducción.

Haciendo uso de este manual y apoyándose en el manual del operador (Anexo D1) el personal de mantenimiento contará con una guía básica para realizar las acciones preventivas y correctivas para el adecuado funcionamiento del sistema de control y supervisión del anodizado de naturales.

D2.2. Mandos de Operación.

En el panel principal de operadores se encuentra una touch screen (panel de operador táctil) con distintas ventanas (pantallas) que permiten ingresar los parámetros para el control del tiempo de inmersión de las cargas, ajustar la temperatura de control (setpoint) de los tanques, así como visualizar tiempos de inmersión, corriente, densidad de corriente, voltaje, temperatura y alarmas de los cinco Naturales. La descripción de la mayoría de estas pantallas se las realiza en el manual del operador. A continuación se describirán las pantallas con las que interactuará el personal de mantenimiento:

D2.3. Pantalla de Configuración.



Fig. D12 Vista de la pantalla Configuración.

Se accede a ella al pulsar la tecla **SETUP** en la pantalla **MENU PRINCIPAL** e ingresando posteriormente la clave de seguridad del personal de mantenimiento siguiendo el mismo procedimiento expuesto en el manual del operador.

a) Si se ha desplegado correctamente la pantalla **CONFIGURACION** se podrá operar las teclas para entrar a la pantalla de ajuste de la temperatura de los cinco Naturales (SETEAR_TEMP), así como también a las pantallas activación manual de las bombas (BOMBAS), temperatura. (TEMPERATURA), corriente (CORRIENTE), densidad de corriente (DENSIDAD), voltaje (VOLTAJE), configuración de la touch screen (PANTALLA) y para apagar las alarmas (ALARMAS).

b) Para regresar a la pantalla de inicio presionar la tecla **INICIO**.

c) Presionando la tecla **PANTALLA** se accede al menú de configuración propio del PanelView (touch screen) en donde se puede seleccionar si va o no a usar una tarjeta de expansión de memoria, configurar las comunicaciones con el PLC (puerto DF1 Full Duplex) y la impresora (puerto RS-232), realizar operaciones para predefinir el comportamiento de las teclas de la touch screen, obtener información del Terminal PanelView, efectuar modificaciones de la presentación de pantalla como contraste, intensidad, etc., ajustar hora y fecha (antes de realizar cualquier cambio revisar el manual del PanelView).

D2.4 Pantalla Setear Temperatura.

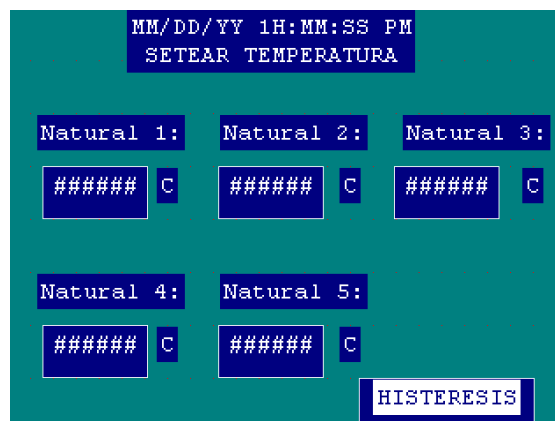


Fig. D12 Vista de la pantalla Setear_Temperatura.

Permite ingresar el Setpoint del control ON/OFF de temperatura con histéresis para indicar la temperatura en grados centígrados a la que se debe mantener el electrolito de cada tanque de naturales. Se accede a esta pantalla al presionar la tecla **SETEAR_TEMPERARURA** en la pantalla CONFIGURACION.

D2.5 Pantalla Banda de Histéresis.

En ella se determina en porcentaje, la banda de histéresis del control ON/OFF de temperatura. Se ingresa a esta pantalla al presionar la tecla **HISTERESIS** en la pantalla SETEAR TEMPERATURA.



Fig. D13 Vista de la pantalla Banda_Histéresis.

D2.6 Pantalla Apagar Alarmas.

En el caso de surgir la necesidad de realizar acciones de mantenimiento prolongadas en alguno de los Naturales el personal de mantenimiento puede apagar el aviso de alarmas mientras se encuentre pulsada la tecla del Natural respectivo. Se ingresa a esta pantalla al presionar la tecla **ALARMAS** en la pantalla CONFIGURACION.

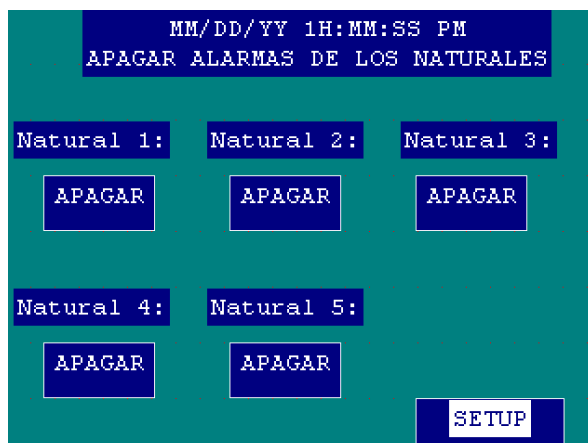


Fig. D14 Vista de la pantalla Apagar_Alarmas.

D2.7 Pantalla Activación Manual de las Bombas de los Naturales.

Al realizar las pruebas de los equipos para el arranque de la semana, el personal de mantenimiento puede prender las bombas de los Naturales de forma manual, pulsando la tecla del Natural respectivo. Se ingresa a esta pantalla al presionar la tecla **BOMBAS** en la pantalla CONFIGURACION.

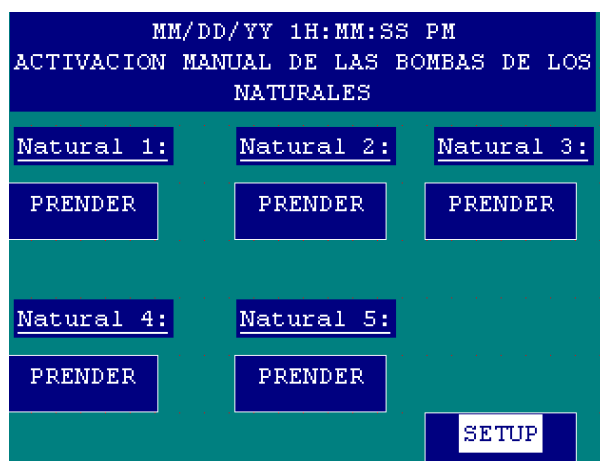


Fig. D15 Vista de la pantalla Activación_Manual_Bombas_Naturales.

D2.7 Conexiones de los Tableros Principal y de Operadores

Cada tablero de operador posee botoneras o selectores para comandar el control de tiempo de inmersión de las cargas de cada tanque, relés de activación de la bomba de enfriamiento y alarmas sonoras; además una baliza para indicar el estado del proceso. Como se describe a continuación con su respectiva identificación de conexiones:

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 1			
DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE Flexible
Inicio de Ciclo (Selector - START)	10 11	2	AWG 18 Azul
Fin de Ciclo (Selector - STOP)	12 13	2	AWG 18 Azul
Reconocimiento de Alarma (Reset) (Botonera – RESET ALARMA)	14 15	2	AWG 18 Azul
Valor de la Temperatura del electrolito (Controlador – Temperat)	10 11	2	Cable compensado para Termocupla tipo T
Alimentación 110Vac (Baliza)	10 11	2	AWG 16 Rojo
Activación de Inicio del Ciclo (Baliza – Luz Verde)	12	1	AWG 16 Rojo
Activación de Fin de Ciclo (Baliza – Luz Amarilla)	13	1	AWG 16 Rojo
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma) (Baliza – Luz Roja)	14	1	AWG 16 Rojo
Aviso de Fin de Ciclo (Bobina de Relé - Sirena de Aviso)	16 17	2	AWG 18 Azul
Común (Baliza – SIGNAL COM)	15	1	AWG 16 Rojo
Reserva	16 17 18	3	AWG 16 Rojo
Corriente del Rectificador (Salida de la Tarjeta conectada a la Shunt)	10 11	2	Apantallado
	TOTAL	21	

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 2			
DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE Flexible
Inicio de Ciclo (Selector - START)	20 21	2	AWG 18 Azul
Fin de Ciclo (Selector - STOP)	22 23	2	AWG 18 Azul
Reconocimiento de Alarma (Reset) (Botonera – RESET ALARMA)	24 25	2	AWG 18 Azul

Valor de la Temperatura del electrolito (Controlador – Temperat)	20 21	2	Cable compensado para Termocupla tipo T
Alimentación 110Vac (Baliza)	20 21	2	AWG 16 Rojo
Activación de Inicio del Ciclo (Baliza – Luz Verde)	22	1	AWG 16 Rojo
Activación de Fin del Ciclo (Baliza – Luz Amarilla)	23	1	AWG 16 Rojo
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma) (Baliza – Luz Roja)	24	1	AWG 16 Rojo
Aviso de Fin de Ciclo (Bobina de Relé - Sirena de Aviso)	26 27	2	AWG 18 Azul
Común (Baliza – SIGNAL COM)	25	1	AWG 16 Rojo
Reserva	26 27 28	3	AWG 16 Rojo
Corriente del Rectificador (Salida de la Tarjeta conectada a la Shunt)	20 21	2	Apantallado
	TOTAL	21	

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 3

DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE Flexible
Inicio de Ciclo (Botonera - START)	30 31	2	AWG 18 Azul
Fin de Ciclo (Botonera - STOP)	32 33	2	AWG 18 Azul
Reconocimiento de Alarma (Reset) (Botonera – RESET ALARMA)	34 35	2	AWG 18 Azul
Valor de la Temperatura del electrolito (Controlador – Temperat)	30 31	2	Cable compensado para Termocupla tipo T
Alimentación 110Vac (Baliza)	30 31	2	AWG 16 Rojo
Activación de Inicio del Ciclo (Baliza – Luz Verde)	32	1	AWG 16 Rojo
Activación de Fin de Ciclo (Baliza – Luz Amarilla)	33	1	AWG 16 Rojo
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma) (Baliza – Luz Roja)	34	1	AWG 16 Rojo
Aviso de Fin de Ciclo (Bobina de Relé - Sirena de Aviso)	36 37	2	AWG 18 Azul
Común (Baliza – SIGNAL COM)	35	1	AWG 16 Rojo
Reserva	36 37 38	3	AWG 16 Rojo
Corriente del Rectificador (Salida de la Tarjeta conectada a la Shunt)	30 31	2	Apantallado
	TOTAL	21	

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 4			
DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE Flexible
Inicio de Ciclo (Botonera - START)	40 41	2	AWG 18 Azul
Fin de Ciclo (Botonera - STOP)	42 43	2	AWG 18 Azul
Reconocimiento de Alarma (Reset) (Botonera – RESET ALARMA)	44 45	2	AWG 18 Azul
Valor de la Temperatura del electrolito (Controlador – Temperat)	40 41	2	Cable compensado para Termocupla tipo T
Alimentación 110Vac (Baliza)	40 41	2	AWG 16 Rojo
Activación de Inicio del Ciclo (Baliza – Luz Verde)	42	1	AWG 16 Rojo
Activación de Fin de Ciclo (Baliza – Luz Amarilla)	43	1	AWG 16 Rojo
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma) (Baliza – Luz Roja)	44	1	AWG 16 Rojo
Aviso de Fin de Ciclo (Bobina de Relé - Sirena de Aviso)	46 47	2	AWG 18 Azul
Común (Baliza – SIGNAL COM)	45	1	AWG 16 Rojo
Reserva	46 47 48	3	AWG 16 Rojo
Corriente del Rectificador (Salida de la Tarjeta conectada a la Shunt)	40 41	2	Apantallado
	TOTAL	21	

TANQUE DE ANODIZADO DE NATURALES 5			
DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE
Inicio de Ciclo (Botonera - START)	50 51	2	AWG 18 Azul
Fin de Ciclo (Botonera - STOP)	52 53	2	AWG 18 Azul
Reconocimiento de Alarma (Reset) (Botonera – RESET ALARMA)	54 55	2	AWG 18 Azul
Valor de la Temperatura del electrolito (Controlador – Temperat)	50 51	2	Cable compensado para Termocupla tipo T
Alimentación 110Vac (Baliza)	50 51	2	AWG 16 Rojo
Activación de Inicio del Ciclo (Baliza – Luz Verde)	52	1	AWG 16 Rojo
Activación de Fin de Ciclo (Baliza – Luz Amarilla)	53	1	AWG 16 Rojo
Activación de Luz de Advertencia por falla (alarma) (Baliza – Luz Roja)	54	1	AWG 16 Rojo

Aviso de Fin de Ciclo (Bobina de Relé - Sirena de Aviso)	56 57	2	AWG 18 Azul
Común (Baliza – SIGNAL COM)	55	1	AWG 18 Rojo
Reserva	56 57 58	3	AWG 16 Rojo
Corriente del Rectificador (Salida de la Tarjeta conectada a la Shunt)	50 51	2	Apantallado
	TOTAL	21	

TANQUES DE ANODIZADO DE NATURALES 1, 2, 3, 4, 5			
DESCRIPCIÓN	# Bornera	# Cables	TIPO DE CABLE Flexible
Alarma por falla de energía en bomba para enfriar intercambiadores (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	74 75	2	Sucre 2x16
Activación de la bomba para extraer el electrolito Nat1 (Controlador de Temperatura)	1 2	2	AWG 16 Rojo
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito del Nat1 (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	3 4	2	AWG 16 Rojo
Activación de la bomba para extraer el electrolito Nat2 (Controlador de Temperatura)	5 6	2	AWG 16 Rojo
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito del Nat2 (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	7 8	2	AWG 16 Rojo
Activación de la bomba para extraer el electrolito Nat3 (Controlador de Temperatura)	60 61	2	AWG 16 Rojo
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito del Nat3 (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	62 63	2	AWG 16 Rojo
Activación de la bomba para extraer el electrolito Nat4 (Controlador de Temperatura)	64 65	2	AWG 16 Rojo
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito del Nat4 (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	66 67	2	AWG 16 Rojo
Activación de la bomba para extraer el electrolito Nat5 (Controlador de Temperatura)	68 69	2	AWG 16 Rojo
Alarma por falla de energía en bomba para extraer el electrolito del Nat5 (Contacto N/A – Relé de la Bomba)	70 71	2	AWG 16 Rojo

Reserva	72 73	2	AWG 16 Rojo
	TOTAL	24	

Tabla D1 Distribución y numeración de las conexiones en el panel de Control Principal del PLC de los Naturales.

Nota: Revisar el apartado 2.3.1 Diseño e Implementación del Programa del PLC y los diagramas de conexiones eléctricas del panel principal en el Anexo B.

D2.8 Recomendaciones para realizar Reparaciones en el Sistema de Control y Supervisión del Proceso de Anodización de Naturales.

1. Asegúrese que no esté en funcionamiento ninguno de los rectificadores y tanques del proceso de Anodización de Naturales.
2. Coloque la llave del switch del PLC ubicado en el panel de control principal del anodizado de naturales en la posición **PROGRAM**.
3. Quite la energía eléctrica al PLC y al tablero principal ubicando al breaker de alimentación en la posición **OFF**.
4. Inicie las revisiones y reparaciones previstas tomando en cuenta las recomendaciones de los manuales de mantenimiento ya existentes.

D2.8 Recomendaciones para poner en marcha el Sistema de Control y Supervisión del Proceso de Anodización de Naturales.

1. Asegúrese que no esté en funcionamiento ninguno de los rectificadores y tanques del proceso de Anodización de Naturales.
2. Restablezca la energía eléctrica al PLC y al tablero principal ubicando al breaker de alimentación en la posición **ON**.
3. Coloque la llave del switch del PLC ubicado en el panel de control principal del anodizado de naturales en la posición **RUN**.
4. Reinicie las labores del Proceso de Anodización de Naturales considerando el procedimiento de funcionamiento del sistema de Control y Supervisión expuesto en los manuales del operador y mantenimiento.

Anexo E

HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	Pag.
E1. Componentes Básicos del PLC SLC 500 de Allen Bradley.....	E2
E2. Módulos de Expansión.....	E3
E2.1 Módulo de Entradas Digitales 1746-IB16.....	E4
E2.2 Módulo de Salidas Digitales 1746-OB16.....	E5
E2.3 Módulo de Entradas Analógicas 1746-NI8.....	E6
E2.4 Módulo de Entradas Análogas de Termocupla/mV 1746-NT8.....	E8
E3. Chassis 1746-A13.....	E10
E4. PanelView Plus 600 Color (Touch Screen).....	E11

E1. Componentes Básicos del PLC SLC 500 de Allen Bradley.

CPU SLC 5/05 1747-L551: El procesador SLC 5/05 tiene una capacidad de memoria de 16K³⁹ con comunicación Ethernet estándar además de la comunicación DH+ (Data Highway Plus). La comunicación por Ethernet ocurre a 10 Mbps o 100 Mbps⁴⁰, generando un alto desempeño de red para subir/bajar programas, editarlos en línea y mensajería punto a punto. El sistema modular de entradas/salidas puede ser configurado con un máximo de 3 chasis (30 slots en total) y desde 4 puntos de E/S hasta un máximo de 4096 puntos de E/S. Posee dos canales de comunicación:

Canal 1: Protocolo de capa física RS-232 full-duplex maestro/esclavo.

Canal 2: Protocolo de capa física Ethernet TCP/IP.

Ambos canales soportan los protocolos de comunicación DH-485, ACSII RS-232, Data highway plus, Ethernet, Devicenet, Controlnet. Además, el CPU tiene una capacidad de memoria para programa de hasta 16 mil palabras y una memoria Flash de respaldo.⁴¹

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Nº Catálogo	1747-L551
Tamaño de Memoria (palabras)	16K
Carga de Corriente (mA) a 5V	1000 mA
Carga de Corriente (mA) a 24V	200 mA
Entradas/Salidas Digitales máximas	8192
Número máximo de Chasis/Slots	3/30
Comunicaciones	Ethernet y RS-232
Módulo de Memoria Opcional	Flash EEPROM
Programación	RSLogix 500
Instrucciones de Programación	107
Tiempo de Escaneo Típico	0.9 ms/K ⁴²
Tiempo de demora de Escaneo de Programa después de pérdida de energía	20 ms...3s (dependiendo de la carga de la fuente de energía)
Ejecución de Bit (XIC)	0.37 μ s
Exactitud de Reloj/Calendario	\pm 54 segundos/mes a +25°C (+77°F) \pm 81 segundos/mes a +60°C (+140°F)

Tabla E1. Características técnicas del CPU SLC 5/05 de Allen Bradley.

³⁹ **K:** Kilo, factor de multiplicación por 10³.

⁴⁰ **Mbps:** Megabits por segundo, velocidad de transmisión de datos, 1 Mega = 1x10⁶.

⁴¹ ROCKWELL AUTOMATION. SLC 500 Systems, Bulletin 1746 and 1747. USA, March 2005, p. 64.

⁴² **ms/K:** milisegundos/K de programación en lógica ladder estándar.

Fuente de alimentación 1746-P4. Esta es la fuente que alimenta los módulos del PLC.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Nº Catálogo	Voltaje de Línea	Capacidad de Corriente (5V)	Capacidad de Corriente (24V)
1746-P4	85...132/170...250Vac 47...63Hz	10 A	2.88 A

Tabla E2. Características técnicas de la Fuente de Poder.

*El total de todas las salidas de poder (5V y 24V de carga usados de la fuente por los módulos) no deberían exceder los 70W.⁴³

E2. Módulos de Expansión.

A continuación se describirán los módulos específicos de la serie SLC500 que fueron utilizados en este proyecto.



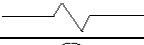


SIMBOLOGÍA DE CONEXIONES DE ENTRADAS/SALIDAS	
SÍMBOLO	DISPOSITIVO
	2-Cables Entrada de Dispositivo
	3-Cables Entrada de Dispositivo
	Salida a Solenoide
	Salida a Contacto de Relé
	Salida a Lógica TTL

Tabla E3. Simbología de conexiones.

⁴³ ROCKWELL AUTOMATION. SLC 500 Systems, Bulletin 1746 and 1747. USA, March 2005, p. 73.

E2.1 Módulo de Entradas Digitales 1746-IB16:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ⁴⁴	
N° Catálogo	1746-IB16
Número de Entradas	16
Rango de Voltaje de Operación	10 – 30 Vdc
Carga de Corriente (mA) a 5V	85 mA
Carga de Corriente (mA) a 24V	0 mA
Tipo	Módulo de Entradas DC Sinking
Aislamiento	1500 V
Temperatura de Operación	0°C a 60°C (32°F a 140°F)
Humedad Relativa de Operación	5% a 95% (no condensada)
Corriente de Entrada Nominal	8 mA a 24V dc

Tabla E4. Características técnicas del Módulo de Entradas Digitales.

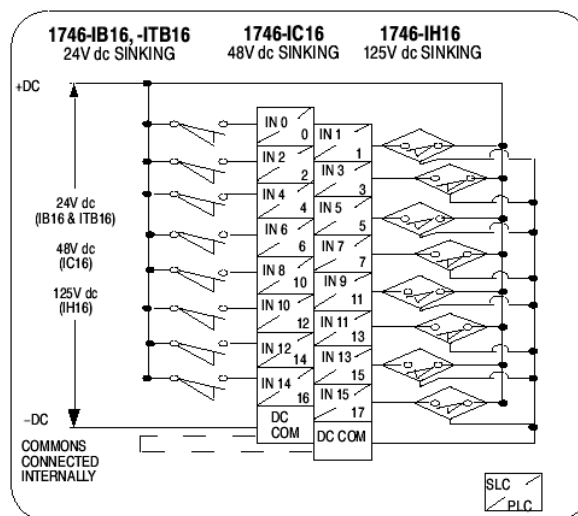
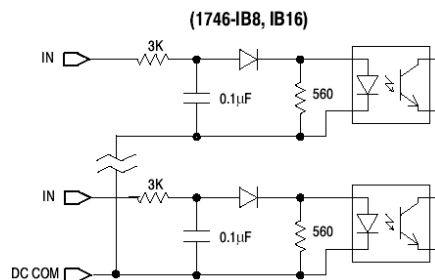


Fig. E1 Diagrama de Conexión (1746-IB16)



⁴⁴ ROCKWELL AUTOMATION. Digital I/O Modules, Installation Instructions. USA, September 2003, p. 9.

Fig. E2 Diagrama de Circuitos (1746-IB16)

E2.2 Módulo de Salidas Digitales 1746-OB16:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ⁴⁵	
N° Catálogo	1746-OB16
Número de Salidas	16
Rango de Voltaje de Operación	10 – 50 Vdc
Carga de Corriente (mA) a 5V	280 mA
Carga de Corriente (mA) a 24V	0 mA
Tipo	Módulo de Salidas DC Sourcing
Aislamiento	1500 V
Temperatura de Operación	0°C a 60°C (32°F a 140°F)
Humedad Relativa de Operación	5% a 95% (no condensada)
Corriente de Drenaje por Punto	3.0A por 10 ms

Tabla E5. Características técnicas del Módulo de Salidas Digitales.

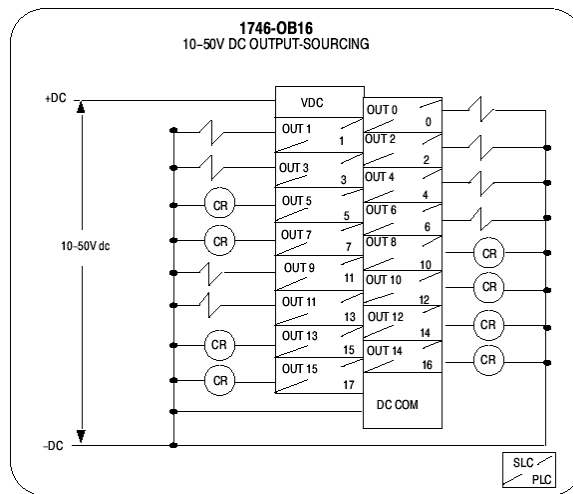
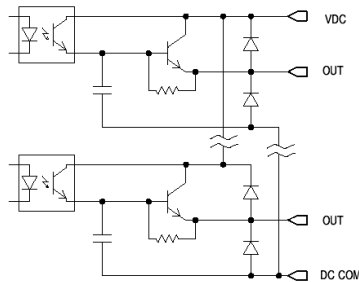


Fig. E3 Diagrama de Conexión (1746-OB16)



⁴⁵ ROCKWELL AUTOMATION. Digital I/O Modules, Installation Instructions. USA, September 2003, p. 16.

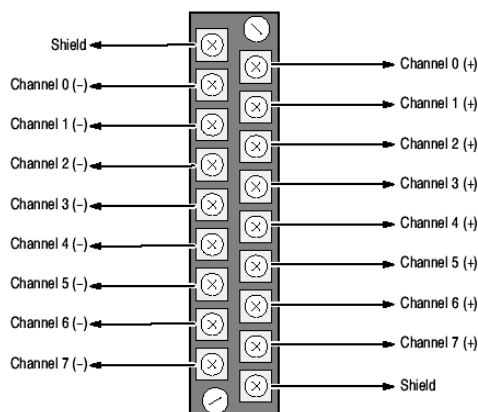
Fig. E4 Diagrama de Circuitos (1746-OB16)

E2.3 Módulo de Entradas Analógicas 1746-NI8:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS⁴⁶	
N° Catálogo	1746-NI8
Número de Entradas	8
Rango de Señales de Entrada	0–20 mA, 4–20 mA, ± 20 mA, 0–1 mA 0–5V dc, 1–5V dc, 0–10Vdc, ± 10 V dc
Carga de Corriente (mA) a 5V	200 mA
Carga de Corriente (mA) a 24V	100 mA
Tipo	Módulo de 8 Canales de Entrada
Resolución	14–16 bit (depende del rango) 10 bit para el rango de 0–1 mA
Exactitud 0-60°C	Entrada tipo Corriente: $\pm 0.05\%$ a escala completa Entrada tipo Voltaje: $\pm 0.10\%$ a escala completa
Tiempo de Actualización del Módulo	0.75 ms por canal habilitado
Respuesta al cambio de valor de la variable para 0.05% a escala completa	Sin filtro = 0.75 ms + tiempo de actualización del módulo Filtro de 75 Hz = 18 ms + tiempo de actualización del módulo Filtro de 50 Hz = 24 ms + tiempo de actualización del módulo Filtro de 20 Hz = 60 ms + tiempo de actualización del módulo Filtros de 10 Hz, 5 Hz, 2 Hz and 1 Hz también disponibles
Aislamiento de la Placa Madre	530V ac por 1 s 750V dc por 1 s 50V dc continuos
Rango de Voltaje de Modo Común	± 10.5 voltios

Tabla E6. Características técnicas del Módulo de Entradas Analógicas.

Bloque de Terminales⁴⁷



⁴⁶ ROCKWELL AUTOMATION. 1746 Eight Channel Analog Input Module. USA, April 1997, p. 2.

⁴⁷ ROCKWELL AUTOMATION. SLC 500 Analog Input Modules, User Manual. USA, April 1997, p. 3-6.

Fig. E5. Bloque de Terminales del Módulo de Entradas Analógicas.

En este módulo se tienen 8 entradas analógicas de corriente ó voltaje (seleccionable por medio de un interruptor en el módulo), dos puntos comunes para conectar la malla de tierra del cable de la señal (Shield). Las entradas del módulo convierten las señales de entrada analógicas en un valor de 16 bits que se guarda en la memoria del PLC.

Conexión con Referencia a Tierra Común y Diferencial

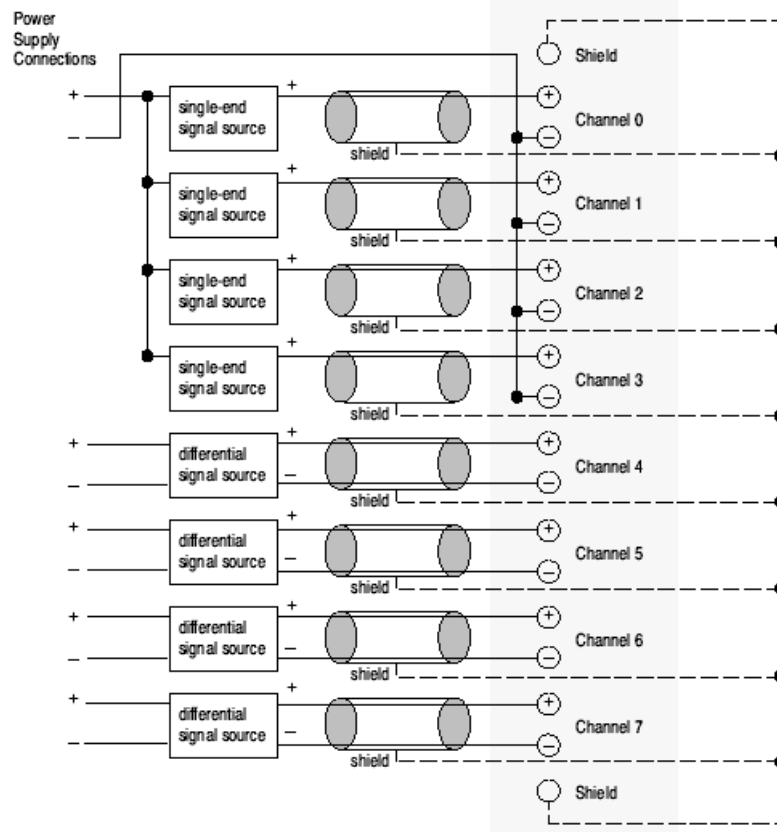


Fig. E6. Diagrama de Conexiones del Módulo de Entradas Analógicas.

La tabla E7 muestra los rangos de la señal de entrada, en unidades de ingeniería de la imagen de entrada, el número de bits significantes y el escalamiento, según el tipo de la entrada.

Tipo de Entrada	Rango de la Señal	Unidades de Ingeniería	Escala de Unidades de Ingeniería
±10V dc	-10.25V a +10.25V	-10250 a +10250	1mV/step
0-5V dc	-0.5V a +5.5V	-500 a +5500	1mV/step

1-5V dc	+0.5V a +5.5V	+500 a +5500	1mV/step
0-10V dc	-0.5V a +10.25V	-500 a +10250	1mV/step
0-20 mA	-0.5 mA a 20.5 mA	-500 a 20500	1.0uA/step
4-20 mA	3.5 mA a 20.5 mA	3500 a 20500	1.0uA/step
±20 mA	-20.5 mA a 20.5 mA	-20500 a 20500	1.0uA/step
0-1 mA	-0.05 mA a 1.05 mA	-50 to a 1050	1.0uA/step

Tabla E7. Rangos de valores de la Señal Analógica de Entrada.

E2.4 Módulo de Entradas Análogas de Termocupla/mV 1746-NT8:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES⁴⁸	
Nº Catálogo	1746-NT8
Número de Entradas	8
Rango de Voltaje de Operación	±100 mV
Carga de Corriente (mA) a 5V	120 mA
Carga de Corriente (mA) a 24V	70 mA
Tipo	Módulo de 8 Entradas para Termocupla
Filtraje de Entrada	Filtro pasa-bajo con banda de frecuencias programable
Rechazo en Modo Común	Mayor que 100 dB a 50/60 Hz
Aislamiento	500V dc continuos entre las entradas y el chasis a tierra y entre las entradas y la tarjeta madre 1.5V dc continuos entre canales
Método de Conversión A/D	Modulación Sigma-Delta

*Mediante el análisis de un registro del módulo se tiene un aviso de cable de sensor cortado.

Tabla E8. Características técnicas del Módulo de Termocuplas.

⁴⁸ ROCKWELL AUTOMATION. SLC 500 Thermocouple/mV Analog Input Module, User Manual. USA. July 1999, Appendix A.

Diagrama del Bloque de Terminales con Conexiones de Entrada⁴⁹

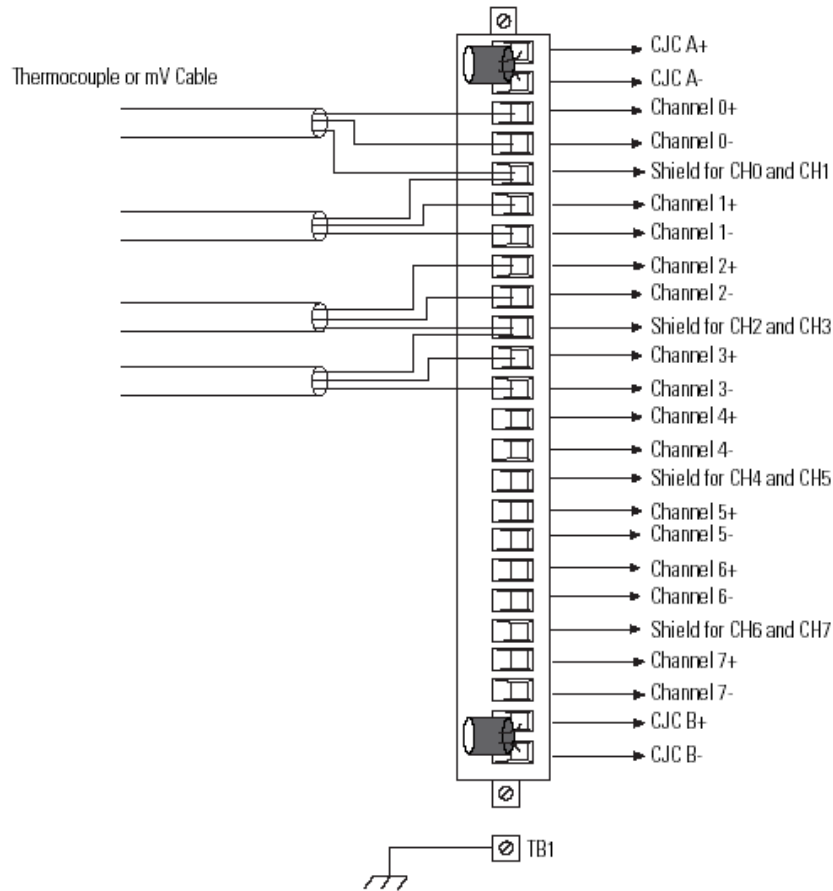


Fig. E7. Bloque de Terminales del Módulo de Termocuplas.

Rango de Temperatura de Termocuplas

Type	°C Temperature Range	°F Temperature Range
J	-210 °C to 760 °C	-346 °F to 1400 °F
K	-270 °C to 1370 °C	-454 °F to 2498 °F
T	-270 °C to 400 °C	-454 °F to 752 °F
B	300 °C to 1820 °C	572 °C to 3308 °F
E	-270 °C to 1000 °C	-454 °F to 1832 °F
R	0 °C to 1768 °C	32 °F to 3214 °F
S	0 °C to 1768 °C	32 °F to 3214 °F
N	0 °C to 1300 °C	32 °F to 2372 °F
CJC Sensor	-25 °C to 105 °C	-13 °F to 221 °F

Tabla E9. Clasificación y Rango de Temperatura de las Termocuplas.

⁴⁹ ROCKWELL AUTOMATION. SLC 500 Thermocouple/mV Analog Input Module, Installation Instructions. USA. March 2001, p. 16.

E4. PanelView Plus 600 Color (Touch Screen⁵¹)



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ⁵²	
Modelo	PanelView Plus 600 Color
Tipo	Touch Screen
Descripción de Visualización	Matriz de Color Activa TFT
Tamaño de Visualización	5 pulgadas
Área de Visualización (Ancho x Alto)	111 x 84 mm 4.37 x 3.30 pulgadas
Resolución	320 x 240 píxeles , 18 bits en Gráficos de Color
Reloj de Tiempo real	Reloj registrador con batería de respaldo
Memoria para Aplicaciones	64 MB/64 MB, No Extensible (para mapeo de bits o registro de datos) 10 MB (para almacenaje de la aplicación)
Funcionamiento	Análogo Resistivo
Puertos de Comunicación	1. RS-232 con opción a los protocolos DH-485, DH+, Remote I/O, ControlNet (programado y no programado), o Módulo de DeviceNet 2. RS-232 Printer Port, Puerto solo para impresión
Voltaje de Alimentación DC	18...30V dc (24V dc nominal)
Consumo de Potencia en DC	25 Watts max. (1.0 A at 24V dc)
Voltaje de Alimentación AC	85...264V ac, 47...63 Hz
Consumo de Potencia en AC	60 VA max.
Software de Aplicación	RSView Studio for Machine Edition, Enterprise Series o PanelBuilder32
Temperatura de Operación	0...55 °C (32...131 °F)
Humedad Relativa de Operación	5...95% sin condensación
Calificación	NEMA Type 12, 13, 4X, IP54, IP65
Peso	789 g (1.74 lb)
Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad)	152 x 185 x 98 mm 6.0 x 7.28 x 3.86 in
Dimensiones del Recorte en el Tablero donde se va a Acoplar la Touch Screen (Alto x Ancho)	123 x 156 mm 4.86 x 6.15 in

Tabla E10. Características técnicas de la Touch Screen.

⁵¹ **Touch Screen:** Panel de operador con pantalla de control de interfaz táctil.

⁵² ROCKWELL AUTOMATION. Visualization Platforms, Selection Guide. USA. March 2006, p. 17.

Latacunga, Julio 2007

ELABORADO POR:

Fidel Efraín Correa Méndez

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIDAD INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Dr. Eduardo Vásquez

SECRETARIO ACADÉMICO