

**CRITERIOS DE AUTOMATIZACION EN CONTROL DISTRIBUIDO APLICADO A  
PROCESOS INDUSTRIALES: CASO DE ESTUDIO PLANTA DE TANQUES  
INTERACTUANTES  
GUIA DE LABORATORIO**



**JULIAN ALEXIS ARANA  
FRANCISCO DAVID MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, 2010**

**LABORATORIOS DEL PROGRAMA DE INGENIERIA AUTOMATICA  
INDUSTRIAL**



**GUIA DE LABORATORIO**

**CONTROL REMOTO DE LA PLANTA DE TANQUES INTERACTUANTES EN  
UNA APLICACIÓN DE CONTROL DISTRIBUIDO EN REDUNDANCIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA, INSTRUMENTACION Y CONTROL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN, 2010**

## **1. OBJETIVO DE LA GUIA**

### **Objetivo General**

Desarrollar el control remoto de la planta de tanques interactuantes en una aplicación de control distribuido en redundancia.

### **Objetivos Específicos**

- Entender las ventajas de los sistemas de control distribuido y la forma en la que sus componentes pueden utilizarse para construir sistemas redundantes, flexibles y eficientes.
- Comprobar la comunicación del sistema de control distribuido en redundancia con el nodo de entradas y salidas analógicas DeviceNet.
- Realizar un Control PID serie en el tanque 2 (WT2), de la planta de tanques interactuantes del laboratorio de control de procesos, utilizando un PLC MicroLogix 1500 como controlador primario, el nodo de entradas y salidas analógicas DeviceNet como controlador secundario y el bus de campo DeviceNet como sistema de comunicaciones.
- Realizar control, monitoreo local y remoto de la planta de tanques interactuantes.

## 2. SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

Los sistemas de control distribuido DCS (de sus siglas en ingles *distributed control system*), son aquellos sistemas de producción en los que hay varios equipos de control, cada uno de los cuales controla una parte del proceso global, definido en procesos, grupos de procesos o áreas funcionales, los sensores y actuadores de cada parte están conectados a su correspondiente equipo de control. Para que el sistema general funcione correctamente es necesario que los distintos equipos puedan comunicarse entre sí, es decir, que exista una red de comunicación a través de la cual se puedan transmitir datos de configuración y valores de las variables del proceso entre los distintos equipos, por tanto, un DCS está formado por equipos conectados mediante una red de comunicación y pueden ser supervisados por computadores industriales y pantallas para el despliegue de diferentes variables existentes en los procesos[1].

### 2.1. Componentes de un Control Distribuido

Los componentes de un sistema de control distribuido se pueden esquematizar en tres elementos o componentes fundamentales tal como aparece en la Figura 1 y pueden definirse de la siguiente manera: Interfase al proceso, interfaz al operador y red de comunicación, un cuarto componente de los DCS puede considerarse el software para el control y la supervisión de procesos [1].

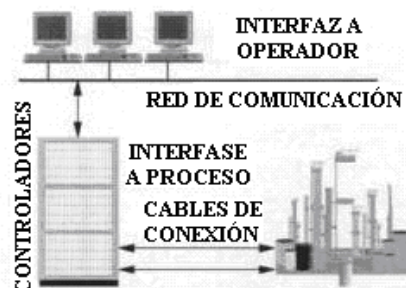


Figura 1: Elementos de un Sistema de Control Distribuido

### **2.1.1. Interfase al Proceso**

Es la comunicación del sistema con los dispositivos existentes en el nivel de campo, en esta parte se encuentran equipos especializados que se dedican al control de las diferentes variables en los procesos como son: temperatura, caudal, entre otras, suele haber dos tipos de equipos para realizar la interfase con el proceso. Uno de ellos, denominado habitualmente controlador, se dedica al procesamiento de lazos de control con entrada procedente de elementos de medida, y salida hacia elementos finales, mientras que otro módulo se dedica al procesamiento de entradas que no necesitan realizar funciones de control, tal como indicaciones

### **2.1.2. Interfaz al Operador**

Es un medio para supervisar y manipular todas las unidades y señales del proceso que el sistema proporciona al operador. Normalmente este procedimiento se realiza desde una sala de control o distintas estaciones de trabajo, en la industria existen dispositivos ampliamente utilizados, que con ayuda del software adecuado sirven de interfaz al operador para supervisar y manipular las unidades que proporcionan los procesos, además de asistir en el mantenimiento y configuración de los dispositivos del proceso; entre ellos se encuentran los computadores industriales, pantallas de mensajes, terminales gráficos.

### **2.1.3. Red de Comunicación**

El sistema DCS dispone de una red principal para comunicación de datos y otra de reserva. Inicialmente cada red estaba compuesta por un cable coaxial y toda la electrónica asociada, por donde fluye la comunicación a lo largo de todos los elementos del sistema de control. Ante un fallo en la red principal, automáticamente entra la de reserva, sin afectar al control de la planta. Hoy en día tras una amplia cantidad de protocolos propietarios de diferentes firmas e incompatibles entre sí que surgió en los años setenta, se planteó crear un bus de campo estándar o normalizado, con

procedimientos de validación y homologación bien definidos donde las especificaciones deben estar publicadas y disponibles a bajos costos para cualquiera que desee adquirirlas, lo que generó la disminución en gran cantidad de protocolos de comunicación, surgimiento de los buses de campo y utilizarlos como vía de datos [2].

#### **2.1.4. Software para el control y la supervisión de procesos**

Un sistema DCS, donde los elementos de control no están en una localización central sino que están distribuidos en todo el sistema, con subsistemas o procesos cada uno intervenido por uno o más controladores intercambiando datos mediante una red de comunicación, necesitan de software especializado en brindar información en todos los niveles del sistema, para la administración y control de las variables de los procesos que los conforman [3].

Este software son un conjunto de programas que se implementan en uno o varios computadores para supervisión y control de la producción, normalmente se le denomina SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), deberá tener acceso a los cambios que están ocurriendo en el sistema de control, mediante mecanismos de comunicación adecuados para acceder a la información de los componentes del sistema como: los PLC, dispositivos inteligentes, controladores industriales, reguladores, etc., para esta comunicación, el sistema SCADA utiliza redes de comunicación (buses de campo, redes locales), medio que utiliza para monitorear la información sobre la evolución de las variables y procesos, como también, para enviar órdenes de control.

Los beneficios que proporcionan los SCADA son varios, pero el más importante es la utilización de computadores tanto industriales, personales como de escritorio para interactuar con el operador a través de avanzadas interfaces de usuarios. Con esta característica se permite aumentar la flexibilidad de funcionamiento y reducir costos frente a la opción tradicional de paneles de control con sinópticos del proceso y consolas de operador.

Entre las herramientas software SCADA que más se destacan se encuentran:

LabView y Lookout de National Instruments.

Paradym-31 de Advantech.

WizFactory de eMation.

Factory Link 7 de USDATA.

Cimplicity de GE FAPUC.

Intellution Dynamics de Intellution.

Genesis32 de Iconics.

FactoryFloor Software de Opto 22.

RSView32 Y RSBatch de Rockwell Automation.

WinCC HMI, SIMATIC WinAC, PLCSim, SIMATIC Protocol de Siemens.

FactorySuite 2000 Intouch, IndustrialSQL Server, InControl, In Track, InBatch de Wonderware [4].

### 2.3. Niveles de un Control Distribuido

Al momento de describir un sistema industrial de control distribuido, las funciones se suelen dividir en cuatro niveles distintos y para no confundirlos con los niveles del Modelo de Referencia de Interconexión de sistemas Abiertos (*OSI, Open System Interconnection*) se van a llamar grupos para propósito de este documento. En consecuencia, las funciones de los cuatro grupos que suelen conformarse y muestran una estructura distribuida de comunicaciones toman una arquitectura como se ilustra a continuación en la Figura 2.

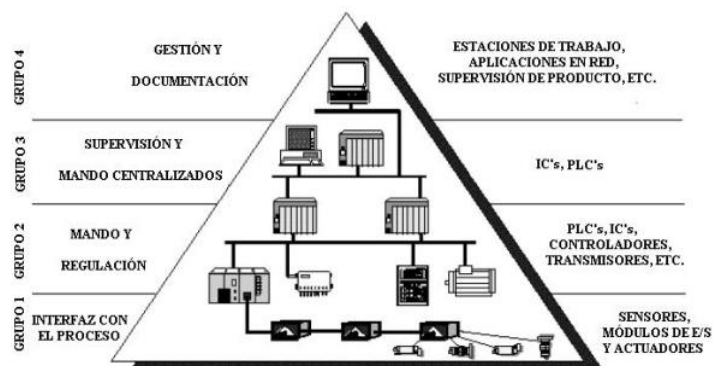


Figura 2: Grupos de tareas en un sistema de control industrial con estructura distribuida

### **GRUPO 1: Interfaz con el proceso.**

Este nivel está constituido básicamente por unidades de captación de señales y entrada/salida de datos del proceso o de un controlador local.

### **GRUPO 2: Mando y regulación**

En este nivel se conectan entre sí diversos equipos de control como: los PLC, IC, controladores de robots, controladores numéricos, etc., con unidades de procesamiento y programas propios que les permitan gobernar y controlar un proceso, normalmente llamado célula de producción.

### **GRUPO 3: Supervisión y mando centralizados**

Este nivel incluye una serie de unidades denominadas computadores de gestión, destinadas al control global de los procesos que se han denominado células de producción, estas unidades pueden ser: computadores de proceso, terminales de dialogo, sinópticos, terminales de enlace con oficina técnica (CAD), etc.

### **GRUPO 4: Gestión y documentación**

Este nivel incluye la comunicación de los computadores de gestión de la empresa y es el encargado del procesamiento de los datos obtenidos por el grupo 3 para efectos estadísticos, control de producción, control de calidad, gestión de existencias y dirección general [5].

Cuando se lleva a la práctica el desarrollo de un control distribuido los 4 grupos no suelen distinguirse de forma clara, sino que dependiendo del proceso productivo se pueden existir solo algunos de esos grupos o puede haber un solapamiento entre varios de ellos. Por ejemplo, existen redes en las que se integran dispositivos de campo como: sensores y actuadores inteligentes, variadores de frecuencia y reguladores PID, con varios equipos de control (PLC o IC), es decir, una mezcla del grupo 1: Interfaz con el proceso con el grupo 2: Mando y regulación. También es frecuente que exista una única red que comunica los computadores de gestión y los computadores de producción, es decir, que



integra el grupo 4: Gestión y documentación con el grupo 3: Supervisión y mando centralizados [6].

### 3. DESARROLLO DE LA GUÍA

Al finalizar la guía de laboratorio, el estudiante debería ser capaz de:

- Reconocer los diferentes elementos Hardware que componen el sistema de control distribuido en redundancia para la planta de tanques interactuantes del Laboratorio del PIAI.
- Identificar las funciones de cada elemento que compone el sistema de control distribuido.
- Manipular las herramientas Hardware y Software requeridas para desarrollar la configuración y puesta en operación del sistema de control distribuido.

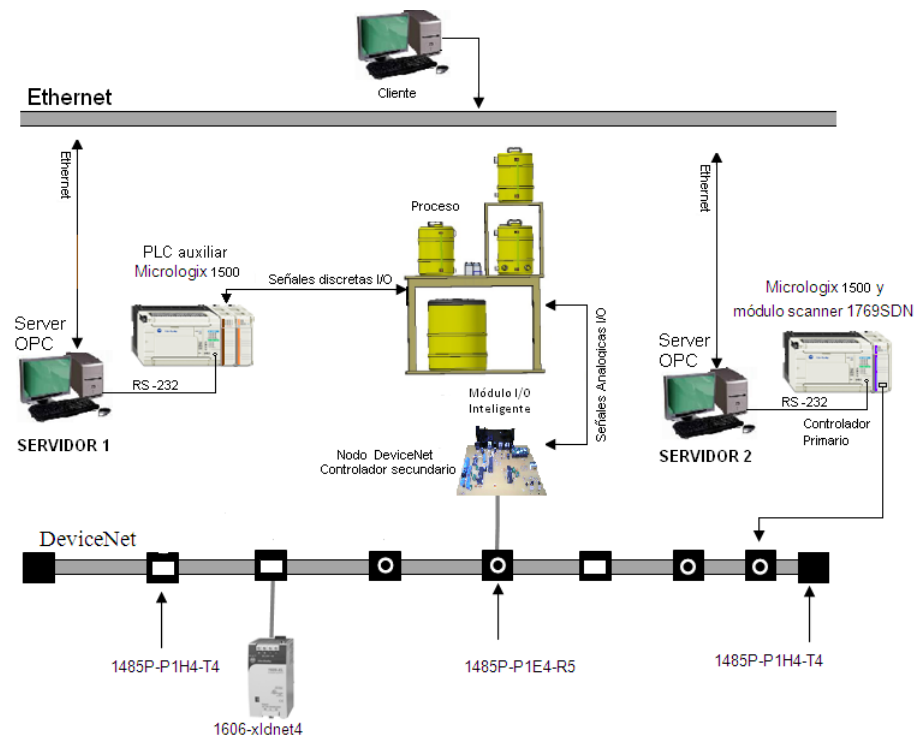
Tiempo de Laboratorio: 4 sesiones

Procedimientos:

- Funcionamiento del control distribuido en redundancia de la planta de tanques interactuantes.
- Identificación de los componentes hardware y software requeridos para el sistema DCS redundante.
- Identificación del proceso.
- Obtención de los parámetros del modelo de la planta POMTM
- Configuración de los parámetros PID del nodo analógico.
- Configuración del bus de campo DeviceNet y los componentes del sistema DCS en redundancia.
- Configuración del monitoreo, control y visualización de proceso (planta de tanque interactuantes)

### **3.1. CONTROL DISTRIBUIDO EN REDUNDANCIA DE LA PLANTA DE TANQUES INTERACTUANTES**

La arquitectura observada en la Figura 3. es un sistema de control DCS, donde el PLC MicroLogix 1500 que está configurado como controlador primario, es el encargado de manejar y gestionar el bus de campo DeviceNet, realiza el control de la planta de tanques interactuantes por medio del bus de campo y el nodo con entradas y salidas analógicas DeviceNet. El nodo está configurado como controlador secundario, normalmente se comporta como un módulo de entradas y salidas analógico, monitorea constantemente el estado del bus de campo y periódicamente está realizando seguimiento del esfuerzo de control del módulo PID del PLC MicroLogix 1500 que controla la planta configurado como controlador primario, con el fin de colocar en funcionamiento el PID que tiene embebido cuando detecta una falla en el controlador primario (inhabilidad del controlador primario por pérdida de las líneas de datos o alimentación). Como elemento auxiliar se tiene el PLC MicroLogix 1500 que se ubica en proceso, es el encargado de dar inicio al sistema (prender la bomba, alimentación de la instrumentación) y tiene acceso a la lectura de las variables del proceso, se ha decidido separar la alimentación de la planta, porque en caso de falla de la red y controlador primario, la instrumentación local del proceso no se desconecte y siga funcionando con el controlador secundario.



**Figura 3: Aplicación DCS en redundancia para la planta de tanques interactuantes**

Para el monitoreo y control remoto de este proceso, se han instalado dos servidores OPC: uno en el computador asignado al proceso y con acceso al PLC auxiliar MicroLogix 1500 que se ubica en proceso, controlando desde un cliente remoto conectado a la red Ethernet: el inicio del sistema, el monitoreo de las variables y la interrupción de la línea de datos del bus de campo para simular una falla. El segundo servidor OPC se ha instalado en el computador asignado para configuración del controlador primario, por medio de este servidor, desde un cliente remoto conectado a la red Ethernet se cambia los valores de consigna del controlador primario y la planta. El supervisor se instala en un computador cliente de los dos servidores OPC, con este se tiene acceso a la visualización de las variables de proceso, cambio de los valores de consigna del PLC primario y conmutación de la red para simular una falla ocasionando el inicio del funcionamiento el PID del controlador secundario y la característica de redundancia.

### 3.2. Identificación de los componentes hardware y software requeridos para sistema DCS redundante

Con el desarrollo de esta guía en el laboratorio de control de procesos de la Universidad del Cauca, se alcanza un esquema o arquitectura de control distribuido como la que se muestra en la Figura 3. Los equipos que componen este sistema se muestran en las tablas 1, 2, 3.

Para el desarrollo de la guía, los componentes se han separado en cuatro partes: componentes de proceso, componentes de bus de campo, componentes de redes de niveles administrativos y software para monitoreo, control y visualización de proceso.

#### Componentes de proceso:

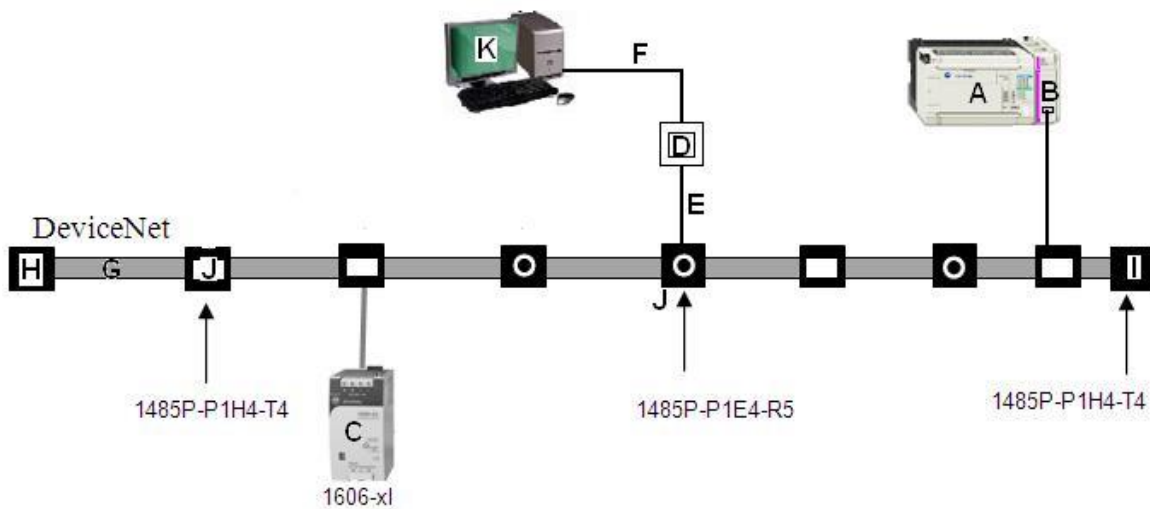
Son los dispositivos e instrumentación necesaria para el funcionamiento de la planta de tanques interactuantes se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Componentes del proceso**

AREA DE APLICACION :Laboratorios del PIAI						
SECCION: Laboratorio De Control De Procesos						
PROCESO: Planta De Tanques Interactuantes						
Nombre del dispositivo	Tipo de Variable a manipular	Valores de voltaje en proceso		Descripción variable	Método de acceso y control	Dispositivo de control
		Entrada	Salida			
Motobomba	On-Off	110v ac		Alimentación	Local y Remoto	PLC
Servo-válvula	On-Off Analógica	110v ac 4-20 mA		Alimentación Control Servo	Local y Remoto	Nodo analógico
Transmisor de Nivel	On-Off Analógica	24v dc	4-20 mA	Alimentación Medida Nivel	Local y Remoto	PLC Nodo analógico
Electroválvula	On-Off	110v ac		Control	Local y Remoto	PLC

#### Componentes de bus de campo:

Son los componentes necesarios para el funcionamiento del bus de campo DeviceNet (ver Figura 4), estos se detallan en la Tabla 2.



**Figura 4: Elementos del bus de campo Devicenet del PIAI**

**Tabla 2: Componentes del bus de campo DeviceNet**

<b>AREA DE APLICACION</b> :Laboratorios del PIAI			
<b>SECCION:</b> Laboratorio De Control De Procesos			
<b>PROCESO:</b> Planta De Tanques Interactuantes			
<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>
A	MicroLogix 1500 LRP Serie C	1764 LRP AWG	
B	Scanner DeviceNet	1769-SDN	
C	Fuente DeviceNet	1606-XL	
D	Interfaz de comunicación DeviceNet/RS 232	1770 KFD	
E	Patch cord DeviceNet	1485K-P1F5	
F	Cable RS232		
G	Cable Plano DeviceNet	1485CP1E75	
H	Terminador de Red	1485AT1E4	
I	Terminador de Red	1485AT1E4	
J	Conectores DeviceNet (Abiertos) (Cerrados)	1485P-P1E4 1485P-XX	
K	PC de configuración (Windows XP, Puerto serial, mouse)		

### Componentes de redes de niveles administrativos:

Son los componentes de la red Ethernet utilizada para realizar el monitoreo y acceso remoto a los datos de la planta de tanques interactuantes, estos se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3: Componentes de red Ethernet del nivel superior**

<b>AREA DE APLICACION</b> :Laboratorios del PIAI			
<b>SECCION:</b> Laboratorio De Control De Procesos			
<b>PROCESO:</b> Planta De Tanques Interactuantes			
<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>
	MicroLogix 1500 LRP Serie C	1764 LRP AWG	
	Modulo de entradas analógicas	1769-IF4	
	Cable RS232	1761-CBL-PMO2.9	2
	PC de configuración (Windows XP, Puerto serial, mouse, acceso a internet)		3
	Red Ethernet		

### **Componentes software para monitoreo, control y visualización de proceso:**

Son los componentes software necesarios para realizar la configuración de redes y proceso para el correcto funcionamiento del sistema de control distribuido redundante general, estos se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4: Componentes software**

<b>AREA DE APLICACION</b> :Laboratorios del PIAI			
<b>SECCION:</b> Laboratorio De Control De Procesos			
<b>PROCESO:</b> Planta De Tanques Interactuantes			
<b>Id</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>	
	RSNetworkx 8.00.01	Software para configuración de esclavos del escáner DeviceNet	
	RSlinx 2.52	Software para configuración de comunicaciones con la interfaz DeviceNet (1770KFD)	
	RSLogix 500 pro	Software de edición de programas para los controladores SLC500 y MicroLogix 1500	
	Keep Server	Software para configurar los Servidores OPC	
	RSView32	Software de monitoreo	

Verifique que estas herramientas estén instaladas y debidamente licenciadas en el PC de configuración.

## **3.3. IDENTIFICACION DEL PROCESO**

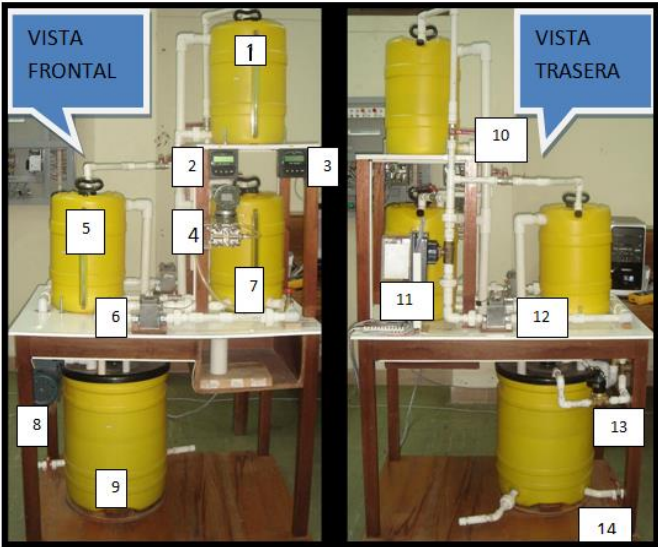
### **3.3.1. LA PLANTA DE TANQUES INTERACTUANTES**

En el laboratorio de control de procesos industriales de la Universidad del Cauca, se encuentra la planta de tanques interactuantes (ver figuras 5 y 6). Este sistema consta de

cuatro tanques interconectados por tuberías que conducen agua, en las que se ha dispuesto una serie de válvulas manuales, que permiten hacer diferentes configuraciones según la practica a realizar.



**Figura 5: Planta de tanques interactuantes**



**Figura 6: Componentes planta de tanques interactuantes**



Elementos que componen la planta:

1. Tanque WT3.
2. Transmisor de flujo de Entrada +GF+SIGNET.
3. Transmisor de flujo de Salida +GF+SIGNET
4. Sensor y transmisor de presión YOKOGAWA EJA110 (Usado para medir el Nivel en esta planta por el momento).
5. Tanque WT1.
6. Sensor de flujo de Salida +GF+SIGNET Metalex 525
7. Tanque WT2
8. Motobomba de  $\frac{1}{2}$  HP con capacidad 10 galón por minuto a través de una tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada
9. Tanque de almacenamiento WT4
10. Válvulas de bola manuales
11. Servo válvula
12. Sensor de flujo de Entrada +GF+SIGNET Metalex 525
13. Electroválvula Slg.Shenglin, modelo 2w-160-15, 110v, Orificio 16mm.
14. Válvula de bola de drenaje.

### **3.3.2. EL PROCESO**

El proceso de la planta consiste en controlar el nivel del tanque WT2 (debidamente instrumentado), por medio del nodo de entradas y salidas analógico como controlador secundario (control local) y el MicroLogix 1500 como controlador primario (control remoto). El proceso inicia haciendo circular el agua del tanque de almacenamiento WT4 hacia los tanques pequeños WT1, WT2 y WT3 mediante el impulso de la motobomba. Según la medida del transmisor de nivel y según el controlador (primario o secundario) se ejerce un esfuerzo de control sobre la servoválvula haciendo los ajustes necesarios para alcanzar el nivel deseado.

En proceso se tiene:

Variable manipulada: Caudal de entrada a WT2

Variable controlada: nivel de agua del tanque WT2

Perturbaciones: Posibles disminuciones del caudal de entrada y salida por apertura de una válvula o fugas en la tubería.

### **3.3.3. NOMENCLATURA TAG DEL ESTÁNDAR SIEMENS CEMAT**

#### **Nomenclatura tag del estándar siemens CEMAT para el proceso**

Nombre de la planta: Laboratorio de control de procesos industriales.

Código: 1.

Nombre del área: Tanques interactuantes.

Código: 1.

Como el área es muy pequeña no requiere ser subdividida en secciones por lo tanto el código asignado al carácter sección es 0.

Código Siemens CEMAT: 110.

#### **Nomenclatura tag del estándar siemens CEMAT para los instrumentos y equipos**

WT1: Tanque de agua No.1 con capacidad de 5 gln.

WT2: Tanque de agua No.2 con capacidad de 5 gln.

WT3: Tanque de agua No.3 con capacidad de 5 gln.

WT4: Tanque de agua No.4 o deposito con capacidad de 15 gln.

PP1: Motobomba.

VV1: Electro válvula No.1.

SV1: Servo válvula No.1.

VM1: Válvula manual de alivio en la descarga de la motobomba.

VM2: Válvula manual de paso para la electro válvula.

VM3: Válvula manual de alivio en la descarga de la servo válvula al tanque No.2.

VM4: Válvula manual de alivio para el tanque No.2.

VM5: Válvula manual de paso para el medidor de flujo de salida del tanque No.2.

VM6: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.3.

VM7: Válvula manual de alivio para el tanque No.3.

VM8: Válvula manual de paso para alimentar el tanque No.1.

VM9: Válvula manual de acople entre los tanques No.1 y No. 2.

FT1: Transmisor de caudal de entrada.

FT2: Transmisor de caudal de salida.

LT1: Transmisor de nivel del tanque No.2.

FI1: Indicador de caudal de entrada.

FI2: Indicador de caudal de salida.

PI1, PI20, PI21, PI22 y PI25: Tubería de 1 pulgada para la succión de la motobomba.

PI2, PI3, PI4, PI5, PI9, PI26, PI27, PI28 Y PI29: Tubería de  $\frac{3}{4}$  de pulgada para la descarga de la motobomba y rebosaderos de los tanques.

PI6, PI7, PI8, PI10, PI11, PI12, PI13, PI14, PI15, PI16, PI17, PI18, PI19, PI23 Y PI24: Tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada para conexiones hidráulicas entre los tanques.

### **Nomenclatura tag del estándar siemens CEMAT para las variables a controlar y las acciones**

Carácter 7. Variables:

L: Nivel.

Q: Caudal.

Z: Posición.

“X”: Significa abierto.

“Y”: Significa cerrado.

Carácter 8. Acciones.

A: Alarma.

D: I/O Discreta.

O: General.

R: Funcionar.

S: Disparo o parada.

T: Térmico (sobre carga).

X: Señal “X”.

Y: Señal “Y”.

Z: Señal analógica.

### 3.4. OBTENCION DE LOS PARAMETROS DEL MODELO DE LA PLANTA POMTM

A continuación se realizan una serie de actividades con el fin de obtener los parámetros PID, tanto para el módulo PID del MicroLogix 1500 (controlador primario), como para el PID embebido del nodo con entradas y salidas analógicas (controlador secundario). El desarrollo y procedimiento de los pasos utilizados en la sección 3.3 se han obtenido de la guía de laboratorio: Planta de Tanques Interactuantes.

#### 3.4.1. INICIALIZACION DEL SOFTWARE RTAI

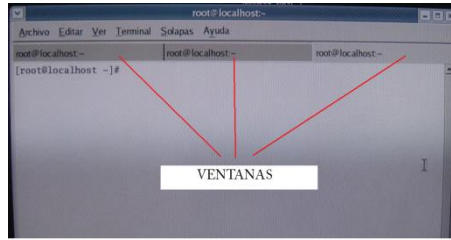
Para ejecutar la práctica se usan tareas de tiempo real, es indispensable utilizar la herramienta “Terminal” provista por la distribución Linux, que es la acciona las tareas, para ello se puede dar inicio a varios terminales o se pueden ver varias ventanas en un solo terminal. En los terminales el usuario provee instrucciones de uso, opciones de comando de línea, inicio de aplicaciones o ejecutables de tiempo real con tipos de salidas, entre otros.

- Esperar a que cargue el escritorio, Abrir ventana “Terminal” en la barra de herramientas que aparece en la parte inferior del escritorio. ver icono mostrado en la Figura 7.



Figura 7: Apertura de ventana terminal de comandos

- Una vez esté abierta la terminal se oprime: ARCHIVO, ABRIR SOLAPA, 1.DEFAULT, este procedimiento permite abrir las ventanas para las instrucciones necesarias, este paso se debe hacer dos (2) veces para que queden tres (3) ventanas abiertas como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8: Ventanas del terminal**

Recomendación: Para el ingreso de instrucciones en el terminal de comandos se debe prestar especial atención a los espacios, puntos, guiones dobles, y *slash*, que se presentan en las instrucciones que vienen a continuación, de modo contrario no cargarán los módulos o las tareas.

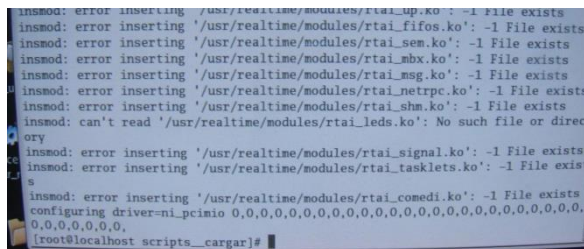
- En la primera ventana “Terminal”, (lado izquierdo), cargar los módulos con la siguiente instrucción.

Pasarse al directorio: `# cd /usr/src/scripts__cargar/` ( \_\_ doble guion bajo)

Nota: Después de cada instrucción se debe oprimir *Enter* para ingresarla.

Cargar los módulos con `./cargar_modulos` (OJO al inicio punto *slash* `./`)

Esta ultima instrucción se debe repetir hasta que aparezca en pantalla una fila de ceros `0,0,0.....,0,0`, para que carguen los módulos completamente (ver Figura 9). Con la tecla de flecha hacia arriba (↑) se repiten instrucciones que digitó anteriormente, esto puede servir para corregir, en caso de cometer errores al momento de digitar las instrucciones.



**Figura 9: Fila de ceros que debe aparecer**

- En la segunda ventana en el “Terminal”, (centro), se corre la aplicación, para realizar esta acción se deben ingresar las siguientes instrucciones:

Pasarse al directorio “# cd /root/”

Pasarse al directorio “# cd interfaz\_final\_2/src/”

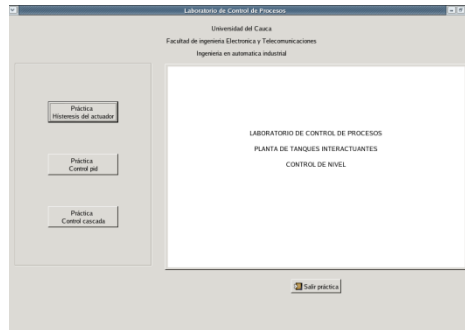
Cargar la tarea con “./interfaz\_final\_2 -v”

- Debe aparecer una interfaz de usuario como la que se aprecia en la Figura 10.



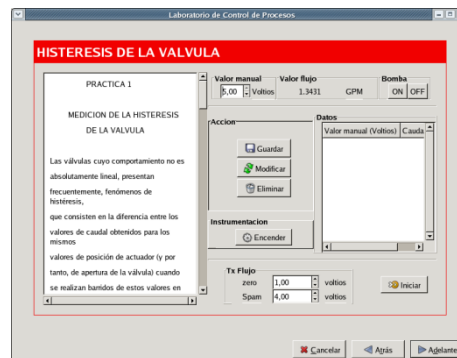
**Figura 10: Ventana principal de la interfaz**

- En la ventana principal de la interfaz presionar la opción “Entrar”.
- Presionar la opción “Adelante”.
- En la ventana de selección de prácticas (ver Figura 11), presione la opción “Practica Histéresis del actuador”.



**Figura 11: Ventana de selección de práctica**

- Debe abrirse una ventana como la de la Figura 12.



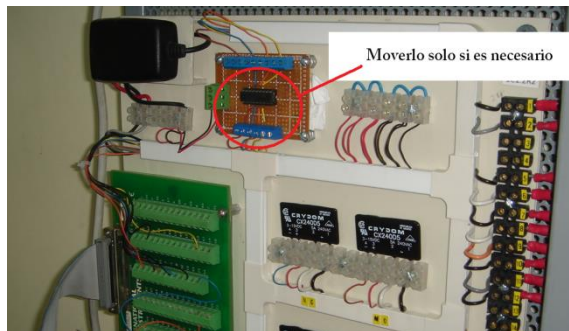
**Figura 12: Interfaz practica histéresis de la válvula**

### 3.4.2. CALIBRACIÓN DEL FLUJO DE ENTRADA (QIT IN)

- Ahora se manipula la interfaz de usuario (Figura 12), para ingresar valores dentro de la interfaz se deben consignar con el signo de puntuación coma (,) para que lo reconozca el sistema.
- En la interfaz de usuario, en donde aparece “**valor manual**”, Colocar una señal de 5 voltios a la servo válvula, este valor indica que la servo válvula va a quedar totalmente abierta.

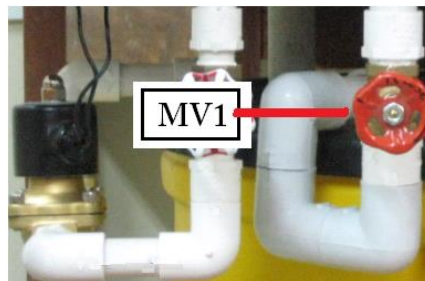
- Presionar < Instrumentación Encender >, cerciorarse de que la instrumentación se encendió en la planta: mirar en la planta el transmisor de nivel y los transmisores de caudal de entrada y salida.
- Presionar <INICIAR>
- Si los instrumentos no encendieron, la tarea puede estar funcionando mal desde el software, otra posible causa es que el integrado encargado de regular la corriente está fallando (ver Figura 13).

Nota: Si la servo válvula no suena hay un problema en la tarjeta DAQ debido a que el integrado que amplifica la corriente presenta problemas ocasionalmente.



**Figura 13: Tarjeta DAQ**

- Atención: Asegúrese rotundamente que la válvula manual (MV1 de la Figura 14) se encuentre totalmente abierta, pues de no estarlo la presión de la bomba puede estallar la tubería de alimentación, fenómeno llamado Golpe De Ariete.



**Figura 14: Válvula manual MV1**



- Encender la motobomba en la interfaz de usuario (Figura 12), con la opción <ON>. En el panel de cableado se enciende el piloto verde que indica que la motobomba se encuentra encendida (ver Figura 15), esto debe suceder cada vez que se encienda la motobomba.



**Figura 15: Piloto indicador de bomba encendida**

Nota: si la motobomba no enciende desde la interfaz de usuario, es debido a problemas en los módulos cargados en el terminal, entonces enciéndala desde el panel de cableado en el *Push Boton* color verde oscuro (ver Figura 16). Esto no afecta la practica a realizar.



**Figura 16: Push boton encendido motobomba**

- En caso de emergencia o por rebosamiento se puede apagar la motobomba desde el panel de cableado con el botón STOP ROJO (Figura 16) o desde la ventana de la practica BOMBA OFF(Figura 12).
- Mediante el accionar de la válvula manual (MV1) que se encuentra bajo de la mesa cerca la moto bomba (ver Figura 14), se debe calibrar el caudal de entrada a seis (6) galones por minuto, la Lectura debe ser tomada en el transmisor de caudal de entrada en la planta (VALOR FLUJO).

El valor de 6 GPM corresponde al máximo valor de caudal de salida del tanque WT2 cuando está totalmente lleno, con la válvula MV5 totalmente abierta, esta es la condición extrema. Si no se calibra el caudal a este valor el caudal de entrada supera el de salida y ocurrirá un rebosamiento en el tanque WT2.

- Cerrar la practica con un click en la x ubicada en la parte superior de la ventana.

#### **Retornar a la terminal línea de comandos.**

- En la Terminal de comandos en la tercera ventana en donde aparece la ultima notificación TARGET IS RUNNING de la tarea histéresis, para terminar la tarea de la histéresis de la válvula, se ingresa la siguiente instrucción:

<CTRL C> (control c)

- Apague la bomba con el botón **“OFF”** luego pulse el botón **“Encender”** (desactiva la función), para apagar la instrumentación.

#### **3.4.3. CONTROL PID SIMPLE:**

La puesta a punto de un sistema de control industrial requiere de la correcta sintonización del controlador, es decir de la selección adecuada de sus parámetros. Para poder sintonizar el controlador de un lazo de control, es necesario identificar primero la dinámica del proceso que se va a controlar, para obtener los parámetros del controlador y luego realizar la sintonización con el método seleccionado. El proceso de la puesta a punto del controlador consta así de dos etapas: identificación y sintonización.

La obtención de la información dinámica del proceso requiere que éste sea excitado de alguna forma y que tanto la entrada aplicada así como la respuesta del proceso, sean registradas. Por estas razones resulta necesario realizar una prueba experimental que permita identificar un modelo dinámico para el proceso. Los métodos a lazo abierto más utilizados son los basados en la curva de reacción del proceso.

El objetivo de esta actividad es realizar la **identificación del sistema de nivel y sintonización de la estrategia de control PID**, partiendo de que el sistema se presenta como una caja negra y se debe obtener su respuesta en el dominio del tiempo ante una entrada escalón, la cual se verá reflejada en el caudal de entrada. Una entrada escalón se

puede describir como un cambio en la entrada desde cero a un valor finito en el tiempo  $t=0$ . La identificación debe arrojar la obtención de los parámetros dinámicos que representan a una planta de primer orden más tiempo muerto (POMTM), que son la ganancia, el retardo y la constante de tiempo del sistema.

#### **CONDICIONES INICIALES DE LA PLANTA:**

- Válvula manual MV1 ya calibrada a un caudal de entrada 6 gpm. Nota: esta válvula se calibra en la actividad anterior, si la válvula se ha movido de la posición en que se encontraba, debe ser calibrada nuevamente de la misma forma que se hace en la actividad anterior.
- Válvulas manuales MV2, MV3, MV5 completamente abiertas.
- Válvulas manuales MV4, MV6, MV7, MV8 y MV9 completamente cerradas.

#### **CONDICIONES INICIALES DE SOFTWARE:**

Para esta actividad es necesario un osciloscopio virtual llamado *Xrtailab*, el que permite monitorear las señales de control y observar las tendencias de las variables del proceso en el tiempo, esta interfaz es muy versátil ya que permite que el usuario pueda interactuar con las señales del proceso: realizar mediciones de tiempo y amplitud, almacenar datos, entre otras.

- En el terminal de comandos, En la primera ventana “Terminal”, (lado izquierdo), cargar el osciloscopio (ver Figura 17).

Pasarse al directorio “# cd /root/”

Cargar el osciloscopio con “xrtailab”.

Carga automáticamente el osciloscopio

- En la terminal de comandos, en la tercera ventana “Terminal”, (lado derecho), ejecutar la tarea para la identificación de la planta.

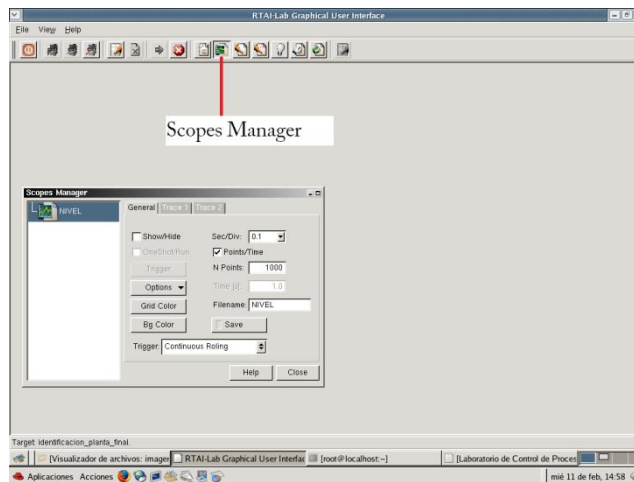
Cargar la tarea con “./identificación \_planta\_final -v”

- En el osciloscopio Presionar <File – Conect >.

Verificar la dirección 127.0.0.1

Presionar la opción <OK>

En osciloscopio Activar <Scopes manager>



**Figura 17: Scopes manager del Xrtailab**

Verificar que en la esquina inferior izquierda del osciloscopio se encuentre cargada la tarea que acabamos de cargar en la terminal de comandos. (Ej: Target: identificación \_planta\_final)

El *Scopes manager* es una ventana que se abre dentro del osciloscopio, que permite configurar las trazas de las graficas, color, escala, ubicación, entre otras.

Configurar el **Scopes manager** con las siguientes características:

En la pestaña <General>

- Seleccionar Show/Hide.
- sec/div 60
- N points.1000
- En OPTIONS activar todas las 5 opciones internas.

En la pestaña <Trace1>, traza que indica el NIVEL del tanque WT2, es decir la variable controlada del sistema.

- Seleccionar Show.
- 5 units/div.
- Escoger un color de traza y dar <OK>.`
- En OPTIONS: Show value dy, Draw axis label

En la pestaña <Trace2> traza que indica el CAUDAL de entrada que proviene de la motobomba, es decir la variable manipulada.

- Seleccionar Show.
- 1 units/div.
- Escoger un color de traza y dar <OK>.
- En OPTIONS: Show value dy, Draw axis label

Nota: No se debe maximizar las ventanas de <Scope manager> ni la de la gráfica mientras está corriendo la simulación para evitar que el osciloscopio falle.

### **Pasarse a la aplicación Laboratorio de Control de Procesos.**

- En la ventana de selección de práctica, Presionar la opción “Practica Control PID”.
- Presionar la opción “Adelante”.

- Leer detenidamente la información acerca de PID's que se encuentra almacenada en esta ventana.
- Presionar la opción "Adelante".

### **IDENTIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE LA PLANTA.**

Para poder sintonizar el controlador PID de un lazo de control realimentado, es indispensable contar con información del comportamiento dinámico del proceso controlado. Este normalmente estará representado por un modelo de primer o segundo orden más tiempo muerto. Los parámetros del **modelo** se pueden identificar a partir de la curva de reacción del proceso (respuesta a una entrada escalón), conocidos los tiempos requeridos para alcanzar dos puntos sobre la misma curva.

Nota: No mover la válvula MV1 de la posición que se le asignó en la actividad anterior, pues debe quedar con el caudal de 6 GPM en la entrada de la planta. Si se ha movido, repita la calibración de la práctica anterior.

- Encender la instrumentación.
- Colocar una señal de ESCALON EN GPM 3.0 GPM
- Presionar la opción <Iniciar>
- Encender la motobomba con la opción <ON>.

Nota: La manguera que se encuentra conectada entre el tanque WT2 y el transmisor de nivel YOKOGAWA, no se debe tocar pues esto altera la grafica que se muestra en el osciloscopio (ver Figura 18).



**Figura 18: Conexión transmisor de nivel**

- Esperar que las señales en la gráfica del osciloscopio se estabilicen, este proceso es un poco demorado.
- Bajar la señal de la servo válvula a 2.8 o 2.9 voltios y presionar <Actualizar> si la señal de nivel no se estabiliza.
- Además se debe estar pendiente de que el tanque WT2 no se llene totalmente y se rebose, pues de ser así el sistema se estabilizara falsamente lo cual no servirá de nada para la práctica y se deberá reiniciar la práctica.
- Otra posible causa de que no se establezca la señal es porque el caudal de salida presenta problemas, esto es debido a que el flujo que pasa por la tubería PI29 está saliendo de forma laminar y esto hace que el tanque WT2 se vacíe, por lo que se debe buscar un flujo turbulento, para esto se debe destapar el tanque WT4 y mover una obstrucción que se encuentra en la desembocadura de la tubería PI29
- En el osciloscopio, En las pestañas trace 1 (NIVEL) y trace 2 (CAUDAL) en OPTIONS seleccione: Draw Axis Label y show value dy, para poder ver los valores en la grafica.

- Esperar que las señales en la gráfica del osciloscopio se estabilicen. Con la opción **trace offset** en las pestañas trace 1 (NIVEL) y trace 2 (CAUDAL) se nivelan las dos trazas a un solo nivel para poder realizar mediciones y generar una entrada ESCALON.

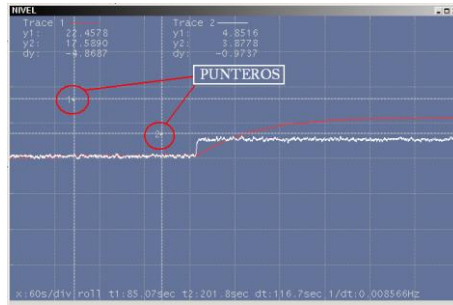
Los parámetros de los **modelos** se pueden identificar a partir de la curva de reacción del proceso (respuesta a una entrada escalón), conocidos los tiempos requeridos para alcanzar dos puntos sobre la misma.

- Solo si la señal del NIVEL (trace1) se estabiliza es decir está siguiendo el valor que se tiene almacenado en <ESCALÓN EN GPM>, se cambia la señal de control de la servo válvula 4 voltios y presionar <Actualizar> para generar un ESCALON y así poder tomar medidas.
- Si el tiempo de estabilización es grande en la Pestaña GENERAL del osciloscopio, se debe aumentar a 90 o 120 sec/div, para no perder la gráfica.
- Una vez se estabilice la gráfica, se debe cambiar en el osciloscopio en el Scopes Manager, en la pestaña GENERAL, la opción TRIGGER: a *Hold*, para suspender el avance de la grafica y así poder tomar mediciones.
- Ahora sí se puede Maximizar la gráfica.
- Apagar la bomba desde el panel de cableado. Botón STOP, o también se puede hacer desde la interfaz de usuario.

Para la identificación de los modelos de primer orden más tiempo muerto, se requieren solamente dos puntos sobre la curva de reacción, por lo que se utilizarán para esto los tiempos  $t_{25}$  y  $t_{75}$  (método 1/4-3/4 ).

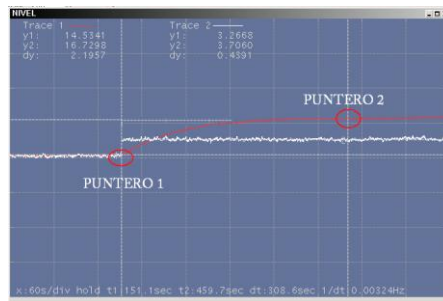
- Retorne al osciloscopio, para la medición de los puntos sobre la curva de reacción en el osciloscopio es necesario sacar dos punteros, los cuales salen dando click encima de la pantalla azul de la grafica, se recomienda hacerlo por el sector que ilustra la Figura 19.





**Figura 19: Punteros de gráfica del osciloscopio virtual**

- Se arrastra el puntero 1 y se ubica en donde están las dos trazas juntas, es decir donde se generó el escalón, como se muestra en la Figura 20, y el segundo sobre la señal de salida (NIVEL) en donde se estabiliza (puntero 2), y se toma el valor de dy para trace1 que aparece en la parte superior izquierda de la grafica.



**Figura 20: Ubicación de punteros en las trazas**

- Se deja el puntero 1 quieto y se mueve el puntero 2 hasta la traza blanca (trace 2) y se toma el valor de dy para trace2.

Recuerde: Los parámetros del modelo de primer orden más tiempo muerto están dados por la función de transferencia

$$G_{p1}(s) = \frac{k_p e^{-t_m s}}{\tau s + 1}$$

Permite representar al proceso controlado en los estudios de control, se identifican con las ecuaciones:

$$k_p = \frac{\Delta y}{\Delta u}$$

$$\tau = 0,9102 (t_{75} - t_{25})$$

$$t_m = 1,2620 t_{25} - 0,2620 t_{75}$$

En donde  $\Delta y$  de trace1 es igual a  $\Delta y$ , y,  $\Delta u$  de trace 2 es igual a  $\Delta u$

- Digite los tres parámetros identificados, en la interfaz de la práctica (Figura 21), teniendo en cuenta que se debe digitar con coma y no con punto decimal (Kc, Tao, L).

La Figura 21 muestra parámetros obtenidos para la sintonización del PID.

Parámetros Obtenidos	
Ganancia Kc	8,692
Constante de tiempo Tao	88
Retardo L	4,8

**Figura 21: Parámetros ingresados para la sintonización**

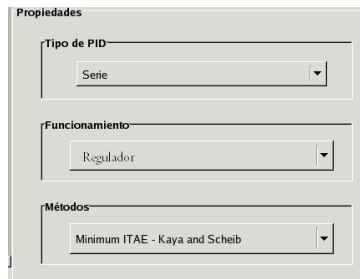
- Presionar la opción <Guardar>.
- Presionar la opción <Adelante>.
- Verificar que los parámetros de la planta de nivel digitados anteriormente, aparezcan en la pantalla consignados (ver Figura 22).

La Figura 22 muestra los parámetros consignados.

Parámetros de la Planta de Nivel					
Kc:	8.6920	Tao:	88.0000	L:	4.8000

**Figura 22: Forma en que deben aparecer los parámetros**

- Ahora se hace la selección de las propiedades del controlador, en las tres opciones que aparecen en la Figura 23, estas aparecen automáticamente al oprimir en ▼.

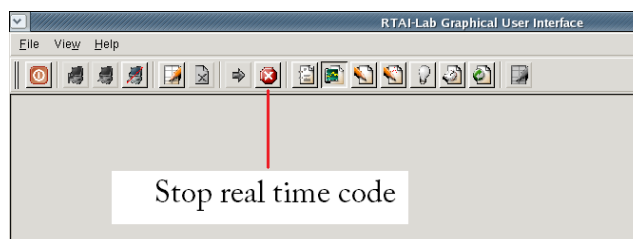


**Figura 23: Propiedades del controlador**

- Escoger el tipo de PID, para el caso de estudio, se debe escoger <Serie>.
- Escoger el tipo de funcionamiento, se debe escoger <Servomecanismo>.
- Escoger el método, para el caso de estudio, se debe escoger <ITAE>.
- Presionar la opción <Sintonizar>.

Nota: Si se ha hecho una buena identificación de parámetros, el controlador debe funcionar correctamente ante cualquier valor de consigna o ante cualquier perturbación.

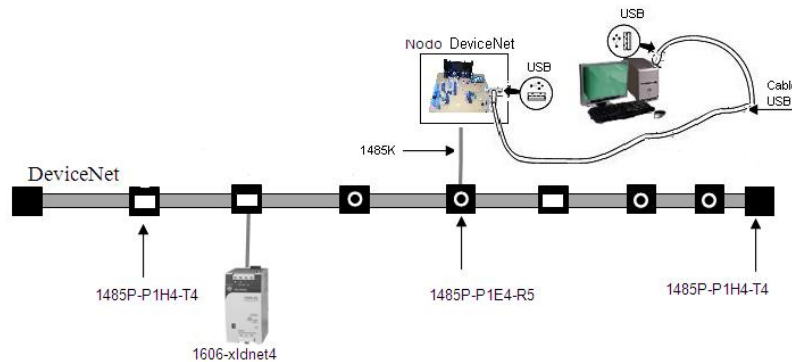
- Se debe ir al osciloscopio y detener la tarea que se tiene cargada con STOP REAL TIME CODE, luego yes (ver Figura 24).



**Figura 24: Suspensión de tarea en el scopes manager**

### 3.5. CONFIGURACION DEL NODO ANALOGICO DEVICENET (CONTROLADOR SECUNDARIO)

En esta actividad se configura el nodo con los parámetros PID serie obtenidos y dirección del nodo DeviceNet analógico, esta configuración se realiza por el puerto USB y mediante el Hyper Terminal, estos parámetros son los que permiten al nodo comportarse como un módulo de entradas y salidas analógico, realizar el seguimiento del esfuerzo de control del módulo PID del PLC MicroLogix 1500, detectar cuando hay una falla en la red y poner en funcionamiento su característica de redundancia: un controlador PID que le permite funcionar como un controlador secundario. Para poder realizar la configuración del nodo es necesario tener los componentes consignados en la Tabla 5 (ver Figura 25 para aclarar conocimientos):



**Figura 25: Conexión USB del nodo analógico**

**Tabla 5: Componentes para la configuración del nodo**

Cantidad	Nombre	Referencia
1	PC (Windows XP, Hyperterminal, puerto usb)	
1	Fuente de alimentación 24V.	1606-XL
1	Cable Kwiklink	1485K

Después de verificar que todos los elementos software y hardware estén correctamente instalados como se muestra en la Figura 25, encienda el computador y espera a que cargue, después encienda la fuente de alimentación DeviceNet de 24VDC para inicializar el sistema.

La configuración del nodo DeviceNet analógico involucra el uso del terminal de comunicaciones (Hyperteminal) de Windows.

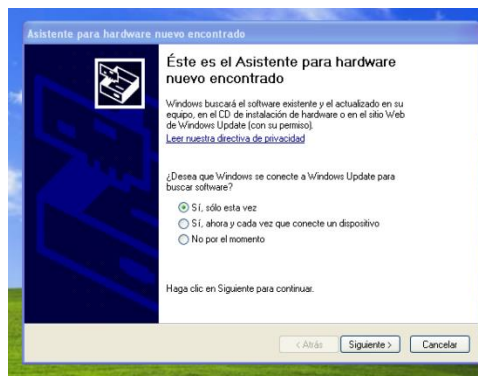
### 3.5.1 Configuración y reconocimiento de la conexión USB entre el nodo y el computador

En el momento de encender la alimentación del bus de campo aparece en la ventana de Windows nuevo hardware encontrado ver Figura 26.



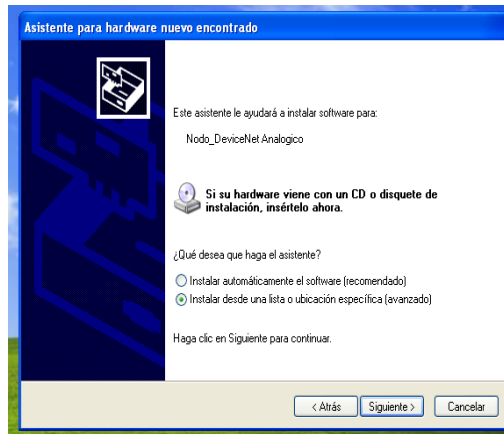
**Figura 26: Reconocimiento de dispositivo**

A continuación aparece la ventana del asistente para nuevo *hardware* encontrado, ver Figura 27, de click en siguiente.



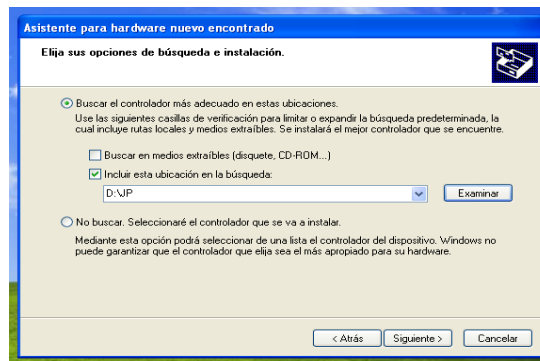
**Figura 27: Asistente nuevo hardware encontrado**

En la ventana asistente para hardware nuevo encontrado (ver Figura 28), seleccione instalar desde una lista o ubicación específica (avanzado) y de click en siguiente.



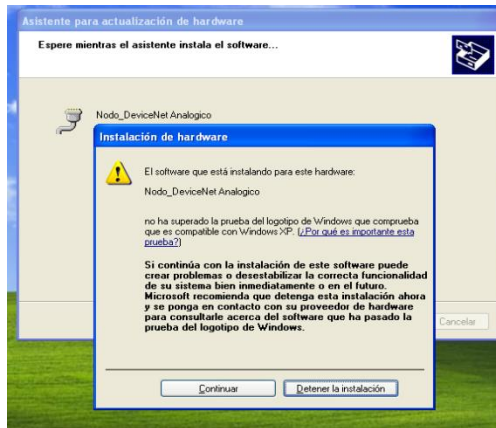
**Figura 28: Asistente nuevo hardware encontrado**

Seleccione: incluir esta ubicación en la búsqueda, de click en examinar y ubique el driver (cdc\_NTXP.inf) del nodo DeviceNet analógico y de click en siguiente (ver Figura 29).



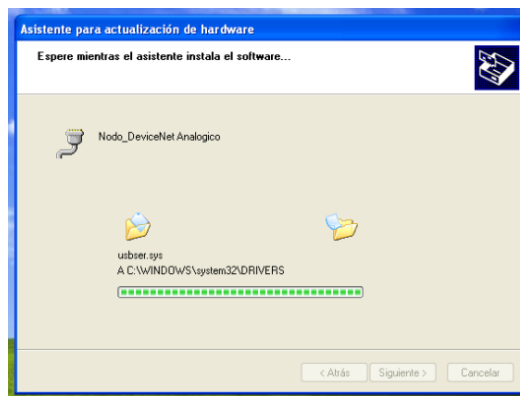
**Figura 29: Asistente para nuevo hardware encontrado**

A continuación aparece la ventana: asistente para actualización de hardware (ver Figura 30).



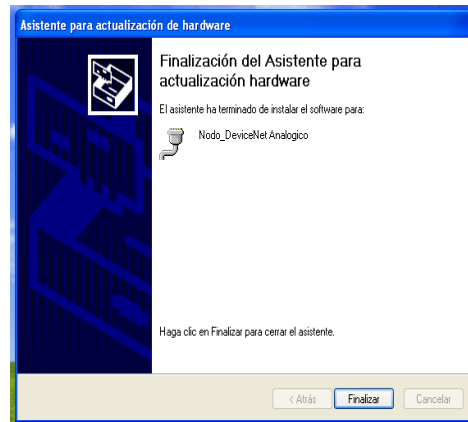
**Figura 30: Inicio de asistente para actualización de hardware**

Dar click en continuar de la ventana emergente (ver Figura 30), a continuación aparece la ventana asistente para actualización de hardware de la Figura 31.



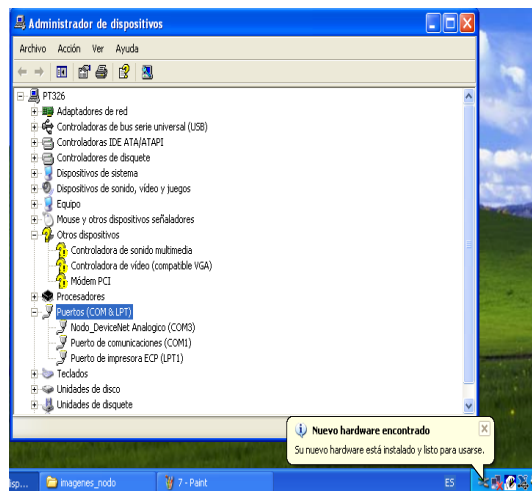
**Figura 31: Asistente para actualización de hardware:**

Finalmente aparece una ventana como la de la Figura 32, de click en finalizar en asistente para actualización de hardware.



**Figura 32: Asistente para actualización de hardware**

Si *Windows* reconoció correctamente el dispositivo deberá salir un mensaje como el de la Figura 33.

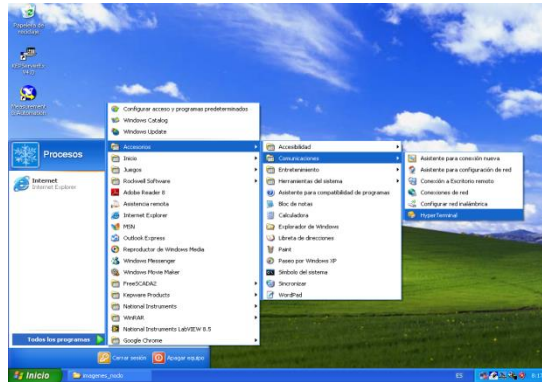


**Figura 33: Administrador de dispositivos**

### **3.5.2. Configuración de los parámetros del nodo DeviceNet analógico**

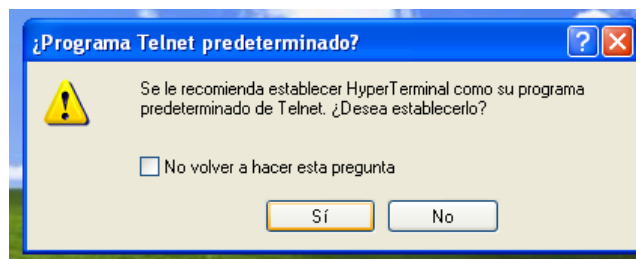
Para ejecutar el hyper terminal: vaya a la barra de tareas de click en: inicio/accesorios/comunicaciones/Hyper Terminal (ver Figura 34).





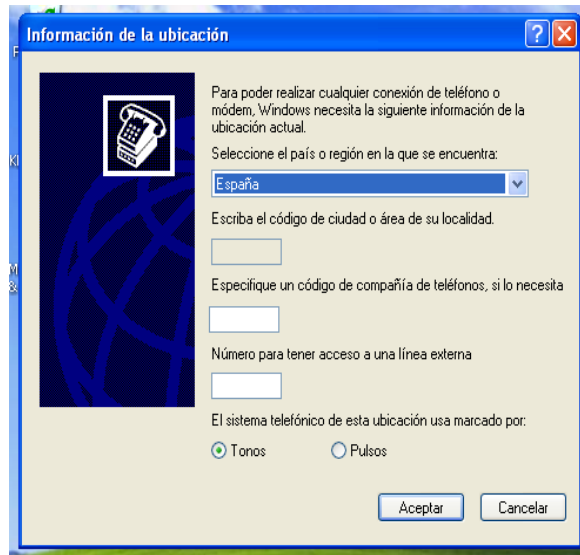
**Figura 34: Configuración hyperterminal 1**

A continuación aparece una ventana como la que se muestra en la Figura 35, para ejecutar y establecer el Hyper Terminal.



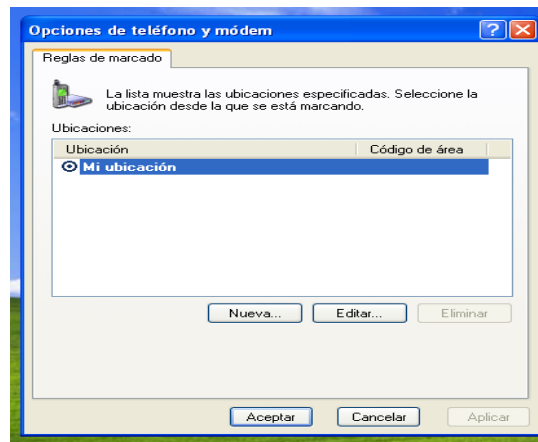
**Figura 35: Configuración hyperterminal 2**

A continuación se configura datos relacionados a la ubicación, no manipular ubicaciones y dar click en el botón aceptar (ver Figura 36).



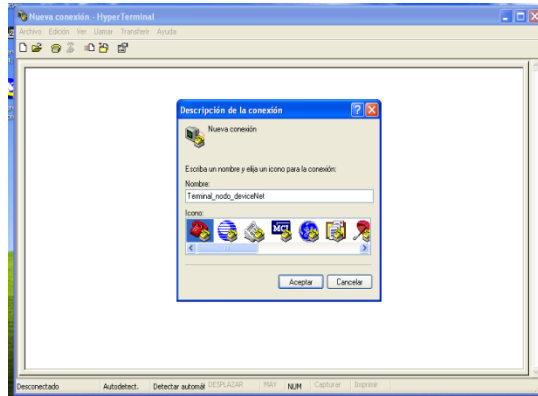
**Figura 36: Configuración hyper terminal 3**

A continuación aparece una pantalla como la de la Figura 37, dar click en aceptar.



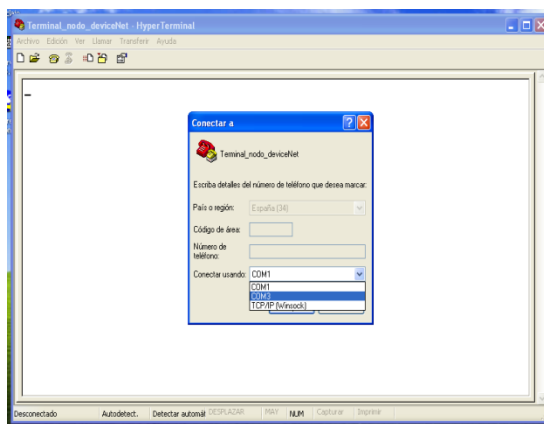
**Figura 37: Configuración hyper terminal 4**

A continuación aparece una ventana para configuración de la conexión, digitar: Terminal\_nodo\_deviceNet, escoger un icono para reconocimiento y dar click en aceptar (ver Figura 38).



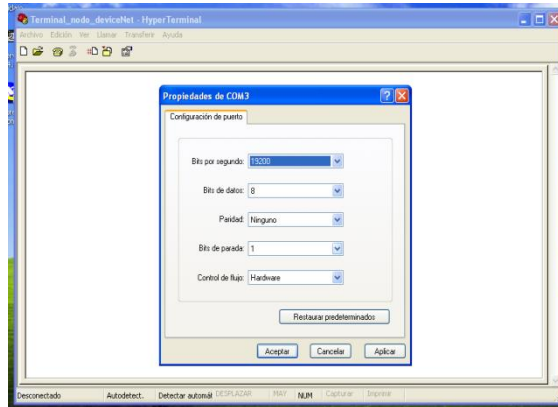
**Figura 38: Configuración hyper terminal 5**

A continuación se selecciona el puerto a utilizar, seleccionar COM diferente del COM1, y finalmente presionar enter (ver Figura 39).



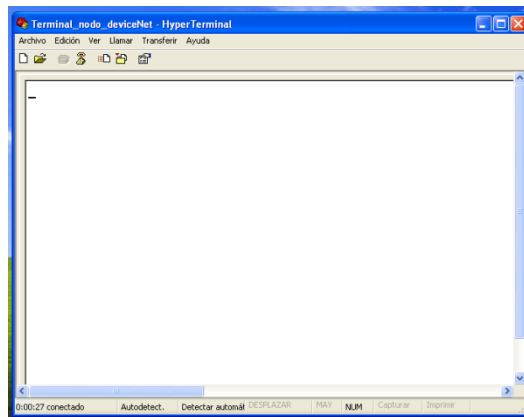
**Figura 39: Configuración hyper terminal 6**

Después aparece una ventana como la de la Figura 40. El paso siguiente es configurar la velocidad de transmisión de datos (19200 bits por segundo, 8 bits de datos, paridad ninguna, un bit de parada y control de flujo por hardware) entre el nodo y el computador, presionar aceptar.



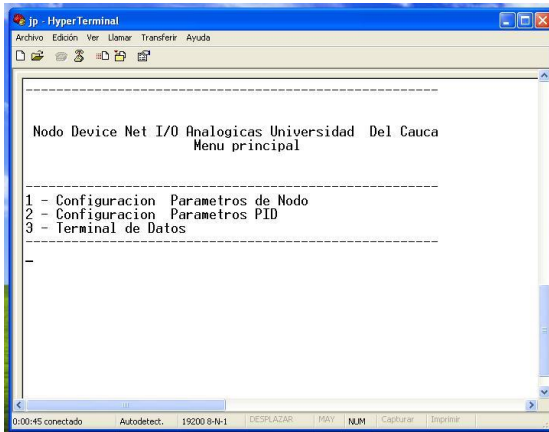
**Figura 40: Configuración hyper terminal 7**

A continuación se tiene listo el terminal para configurar los parámetros del nodo analógico DeviceNet Figura 41. Cerciórese que el terminal se encuentre activo y en estado conectado y presione la tecla Enter.



**Figura 41: Configuración hyper terminal 8**

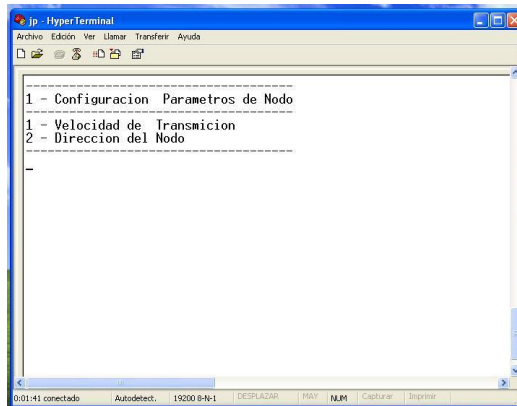
Al presionar la tecla Enter dentro del terminal (ver Figura 41), se despliega el menú de la Figura 42. El menú principal permite el acceso a varios sub menús, para ingresar a cada sub menú, presione el número correspondiente y presione la tecla Enter, para salir de cada sub menú presioné la tecla Esc.



**Figura 42: Menú del Sistema**

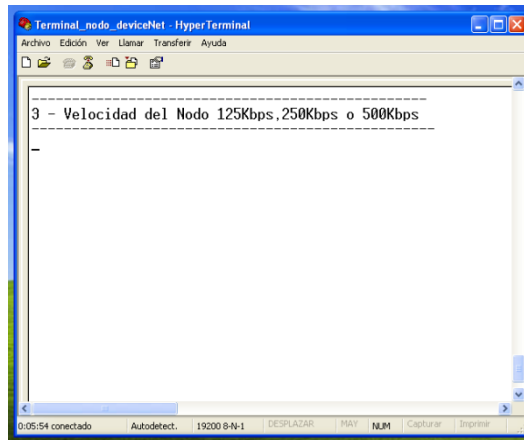
La Figura 43 muestra el sub menú configuración de parámetros del nodo, consiste de dos sub menus, para salir del sub menú al menú principal presioné la tecla Esc:

- 1- Velocidad de Transmisión en la bus de campo 125kbps, 250kbps, 500kbps.
- 2- Dirección del nodo 0-63.



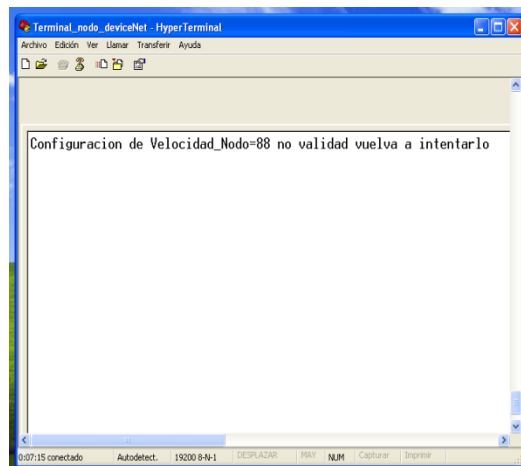
**Figura 43: Sub menú configuración Parámetros de nodo**

La Figura 44 muestra el submenú donde se configura la velocidad de transmisión del nodo, para salir del sub menú presioné la tecla Esc.



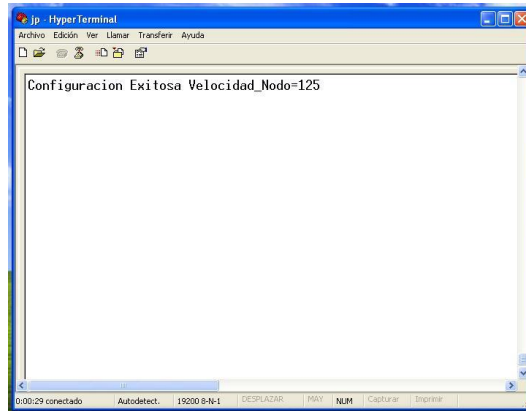
**Figura 44: Configuración velocidad del nodo**

La Figura 45 muestra lo que sucede cuando se ingresa un valor de velocidad de transmisión distinto a los permitidos (125Kbps, 250Kbps, 500Kbps) por el nodo, aquí se debe digitar el valor permitido para que el nodo permita continuar con la configuración.



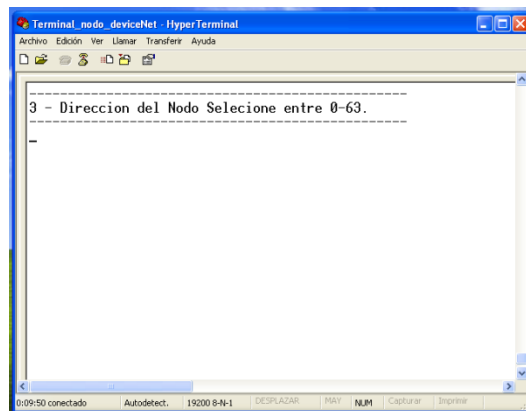
**Figura 45: Error en dato de configuración velocidad del nodo**

A continuación se muestra el mensaje que genera el nodo cuando la configuración de la velocidad de transmisión se realiza adecuadamente Figura 46.



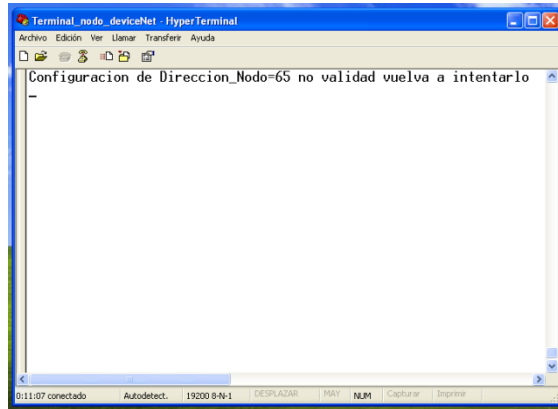
**Figura 46: Configuración de velocidad Exitosa**

La Figura 47 muestra el sub menú para la selección del nodo de dirección del nodo, solo es permitido ingresar direcciones entre 0-63. En este menú digite la dirección permitida y presioné la tecla Enter, si desea salir del sub menú presioné la tecla Esc.



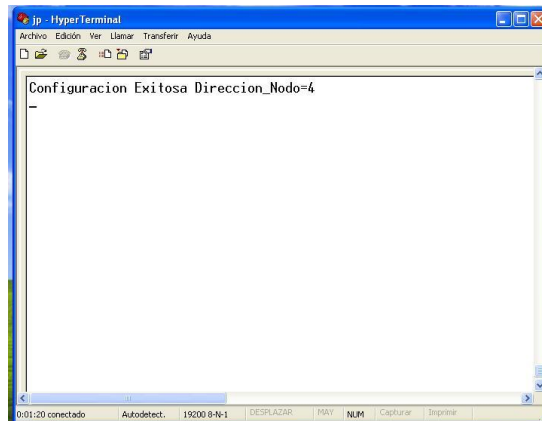
**Figura 47: Configuración de dirección del nodo**

A continuación se muestra el mensaje que genera el nodo cuando se digita un valor de configuración no permitida, para continuar la configuración se debe ingresar la dirección en el rango permitido, de no ingresarse el valor adecuado el nodo no permite continuar la configuración Figura 48.



**Figura 48: Configuración dirección de nodo**

La Figura 49 muestra el mensaje enviado por el nodo cuando la dirección del nodo es establecida adecuadamente, para salir del sub menú una vez establecida la dirección presioné la tecla Esc.



**Figura 49: Configuración dirección del nodo exitosa**

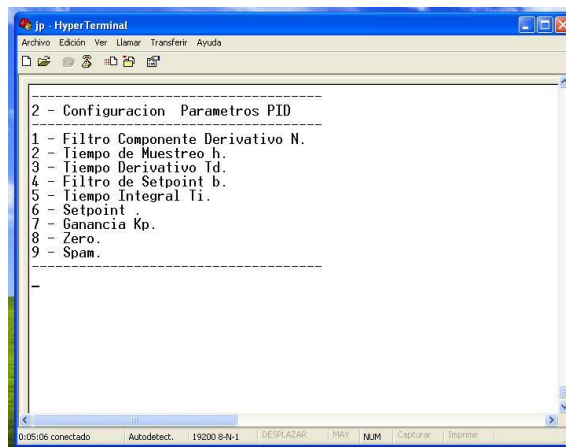
Es sub menú permite la configuración de los parámetros de PID AWBT serie implementado en el nodo DeviceNet. Para configurar cada parámetro digite el numero y presioné la tecla Enter, para salir de este sub menú presioné la tecla Esc Figura 50.

- 1- Filtro Derivativo N: este parámetro es un valor entre 3-33, generalmente este parámetro es hallado haciendo pruebas de ensayo y error para la práctica se utilizo un valor de 3.0.



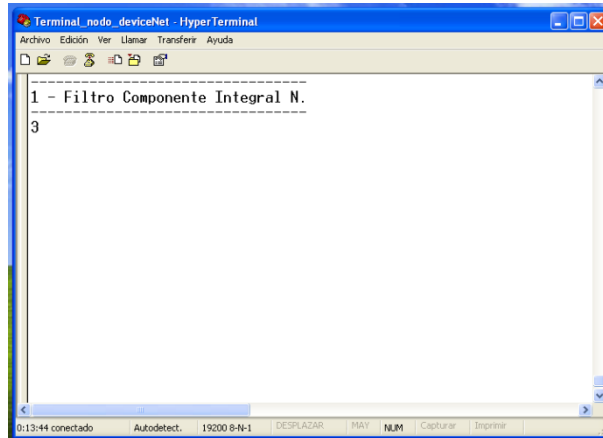
- 2- Tiempo de muestro h: este tiempo de muestreo esta dado en segundos.
- 3- Tiempo Derivativo Td: este tiempo debe estar dado en segundos.
- 4- Filtro de Setpoint b: este es un parámetro entre 0-1.
- 5- Tiempo Derivativo Ti: este tiempo debe estar dado en segundos.
- 6- Setpoint: dado valores entre 0-1.
- 7- Ganancia Kp: ganancia del controlador PID.
- 8- Zero: este es el valor de voltaje mínimo que tomara la variable de proceso.
- 9- Spam: este es el valor de variación de voltaje tomara la variable de proceso, si el Zero=1 voltio y si la el valor máximo de voltaje de la variable de proceso es 5 voltios el Spam=4 voltios.

**Nota:** los parámetros Td,Ti, y kp son tomados de la sesión 3.4 donde son obtenidos a partir del modelo de la planta. El parámetro filtro derivativo es generalmente fijado a 3, El filtro de Setpoint es fijado a 1.



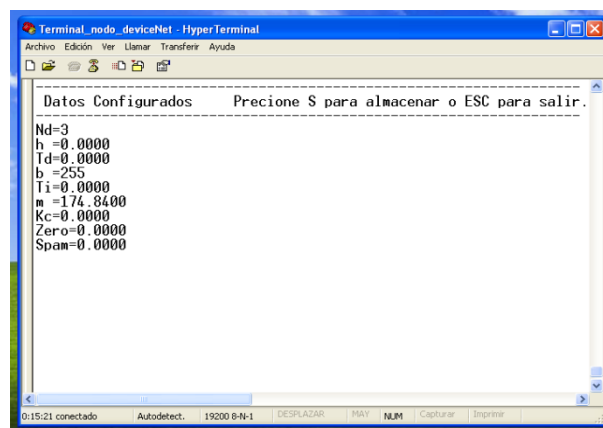
**Figura 50: Configuración parámetros PID AWBT serie**

La Figura 51 muestra el submenú 1 donde se configura el filtro componente integral. Digite el valor a configurar y presioné la tecla Enter, para salir del sub menú presione la tecla Esc.



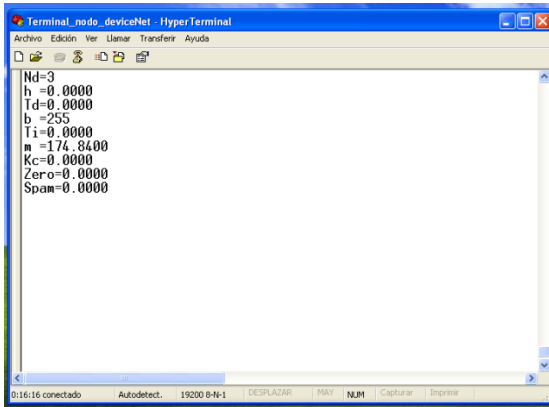
**Figura 51: Configuración parámetro N**

A continuación se muestra una ventana donde se muestran los datos que están siendo configurados. Para acceder a esta ventana se debe presionar la tecla cero, para salir al submenú presione la tecla Esc, si desea almacenar la información de configuración en la memoria EEPROM del nodo analógico presione la tecla S. Figura 52.



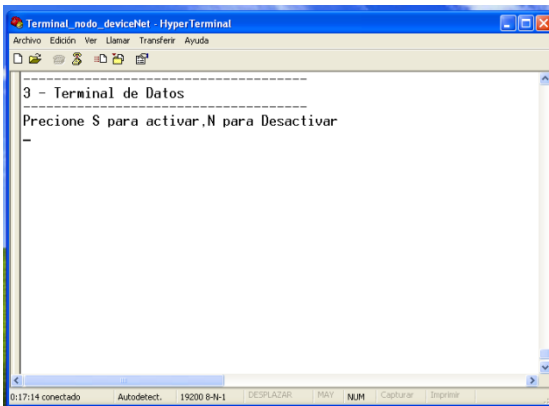
**Figura 52: Datos configurados**

La Figura 53 muestra los datos almacenados en la memoria EEPROM del nodo analógico, para salir de esta ventana presione la tecla Esc.



**Figura 53: Datos almacenados**

La Figura 54 muestra la opción 3 del menú principal, esta opción permite activar la visualización de la variable de proceso para activar presione la tecla s y para desactivar presioné la tecla n, esfuerzo de control, setpoint etc. Para salir del esta opción presioné la tecla Esc.



**Figura 54: Terminal de datos**

La Figura 55 muestra el mensaje que envía el nodo cuando se digita una opción no definida dentro del menú.

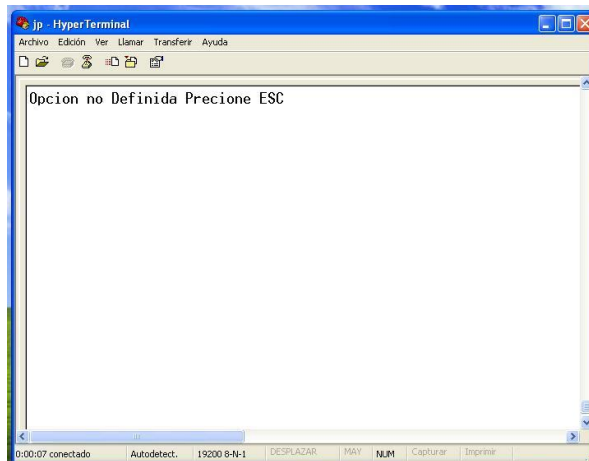


Figura 55: Opción no definida

Cerrar aplicaciones y desconectar el hardware.

### 3.6. CONFIGURACIÓN DEL BUS DE CAMPO DEVICENET Y LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DCS EN REDUNDANCIA

La configuración básica del bus de campo DeviceNet se realiza mediante el software RSNetworkx, RSlinx y Rsllogix, a continuación se describe una prueba de conexión del nodo de E/S analógico conectado al bus de campo (ver Figura 56) y la forma de configurar cada uno de los software necesarios (ver Tabla 6).

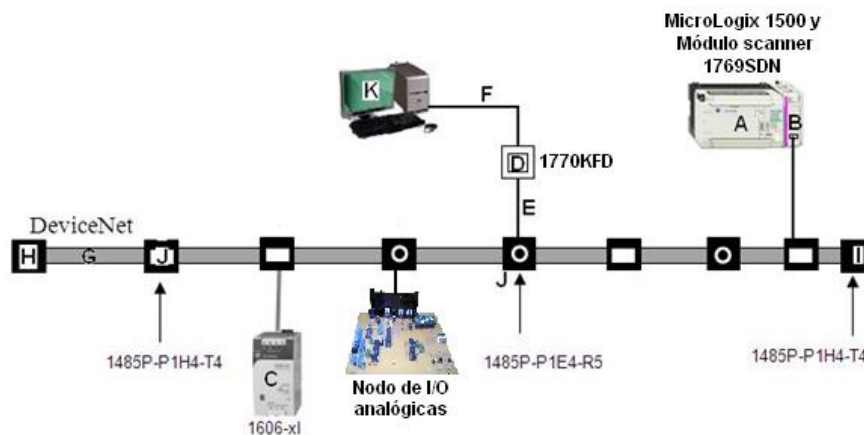


Figura 56: Diagrama de conexiones de elementos al bus de campo DeviceNet.

**Tabla 6: Elementos Software para configuración del bus de campo DeviceNet**

Nombre	Referencia
Software de configuración de Red	RSNetworx 8.00.01
Software de configuración de comunicaciones	RSLinx 2.52
Software de programación de PLCs de la familia micrologix	RSLogix 500 pro

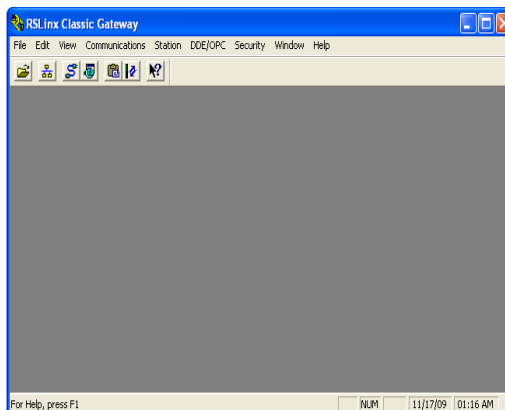
Después de verificar cada uno de los elementos que conforman el bus de campo y de conectar el nodo en cualquiera de los puntos de conexión (1485P-P1E4-R5) ubicados a lo largo de los laboratorios de control de procesos, se procede a observar que la fuente del bus y la alimentación del PLC se encuentren en funcionamiento, asegúrese de que el PLC y el Scanner enciendan y el nodo analógico enciendan.

Luego de verificar el estado del bus, nodo analógico y PLC se procede a La configuración del bus de campo DeviceNet que involucra tres herramientas básicas: Rockwell, RSLinx, RSNetworx y RSLogix 500.

### **Configuración de drivers RSLinx**

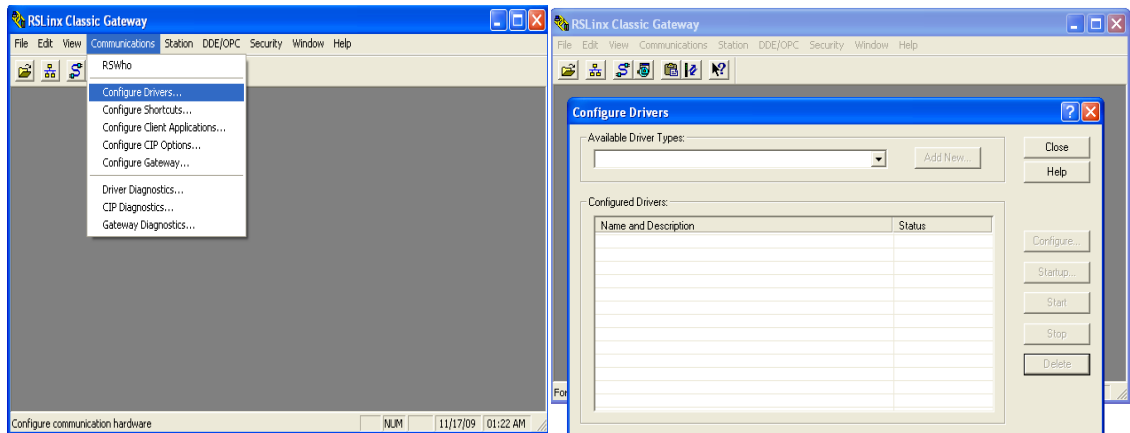
Ejecute el programa RSLinx que se encuentra en: Inicio>Programas>Rockwell

Software>RSLinx>RSLinx Classic Figura 57.



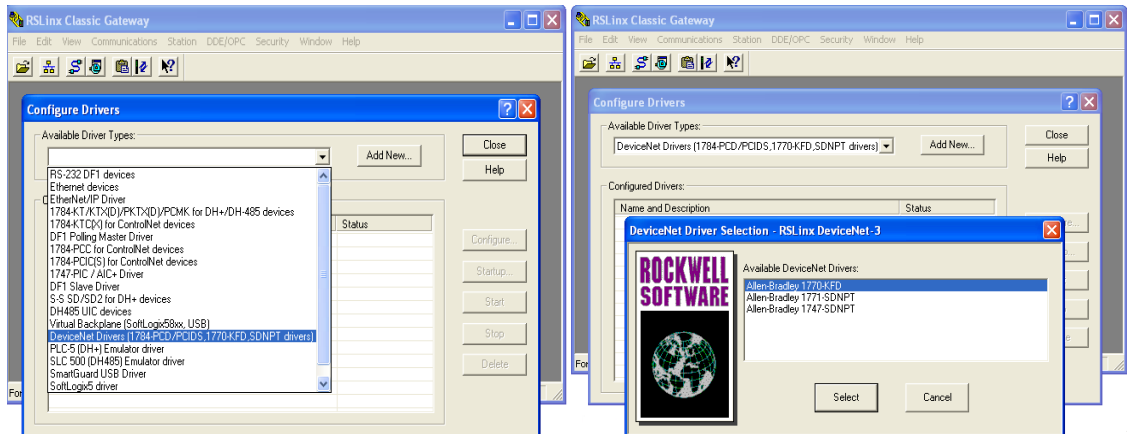
**Figura 57: Ventana de inicio del RSLinx CLassic**

En el menú *communications* seleccione configurar drivers como se indica en la Figura 58. De esta manera accederá a la ventana de adición de drivers de comunicación.



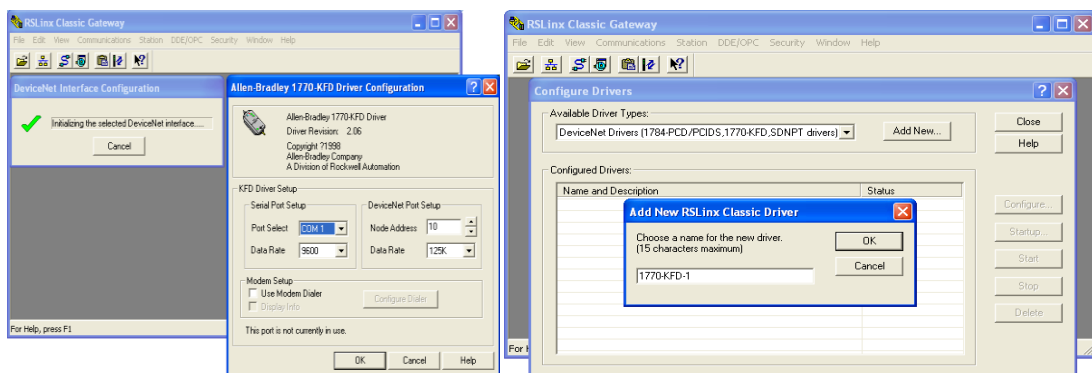
**Figura 58: Ventana Configuración de drivers**

En la ventana Configure Drivers: seleccione DeviceNet drivers y de click en Add New. Posteriormente, en la ventana de selección de Drivers DeviceNet, Seleccione el *driver* Allen Bradley 1770-KFD como se indica en la Figura 59.



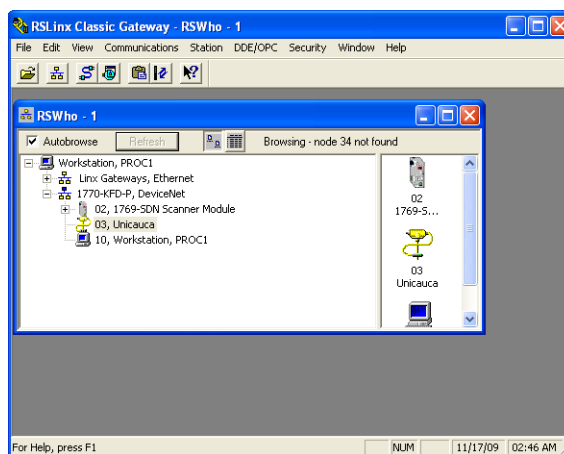
**Figura 59: Selección Driver DeviceNet [2]**

A continuación aparece la ventana de configuración del puerto COM del computador, en el que se va a conectar el módulo. La configuración del driver dependerá de la configuración particular de su sistema (puerto COM, velocidad en baudios, dirección de nodo en el bus de campo DeviceNet). Seleccione los parámetros apropiados para su sistema, de click en ok, luego aparece la ventana para adicionar un nuevo RSLinx Driver, donde se debe colocar el nombre que identificará el driver, de click en ok Figura 60.



**Figura 60: Configuración del 1770-KFD.**

Extienda el árbol 1770 KFD, para ver los módulos conectados al adaptador. Note que el 1769-SDN se comporta como un esclavo de la red principal al igual que el nodo analógico de dirección 03, ver Figura 61.

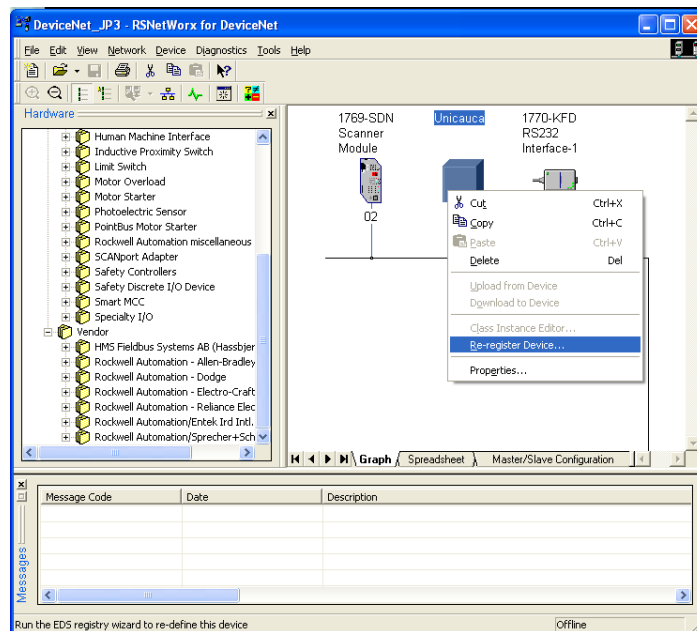


**Figura 61: Dispositivos conectados a la red DeviceNet**

## Configuración del archivo EDS para el nodo de entradas y salidas analógico

Para el correcto funcionamiento del nodo analógico, es necesario la creación de un archivo EDS (de sus siglas en ingles Electronic Data Sheets), que son archivos de texto utilizados por las herramientas de configuración de red para ayudar a identificar fácilmente los productos. En la creación del EDS para el nodo analógico, es necesario realizar las siguientes funciones:

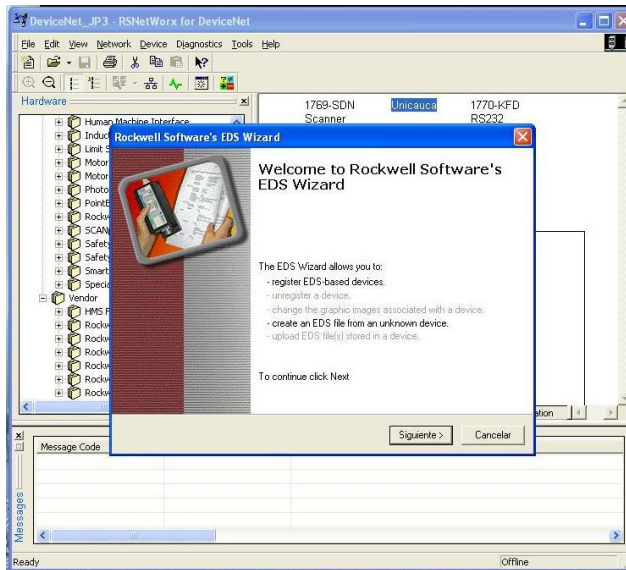
Seleccionar el dispositivo, dar click derecho con el botón derecho del mouse, seleccionar Register Device y dar click izquierdo (ver Figura 62).



**Figura 62: Registro del nodo analógico**

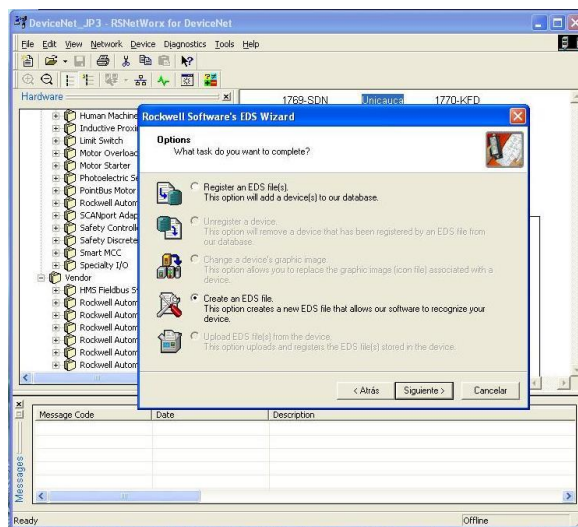
A continuación aparece una ventana como la observada en la Figura 63.





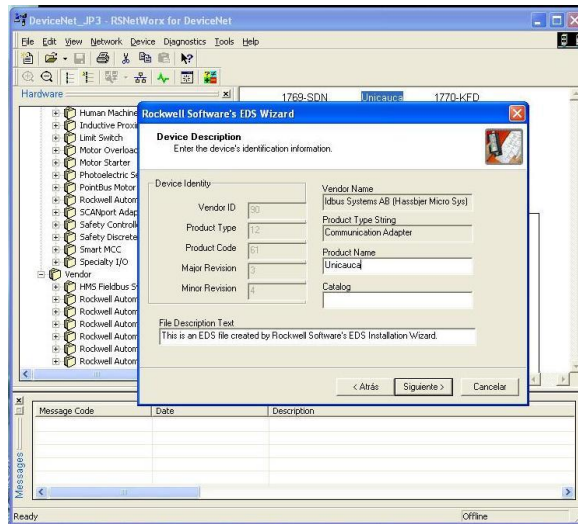
**Figura 63: Reconocimiento de un dispositivo**

La siguiente acción es crear un archivo EDS (ver Figura 64), seleccionando la opción Create an EDS File.



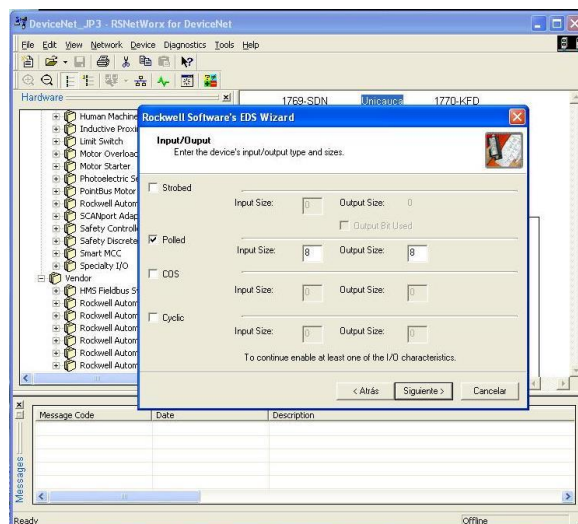
**Figura 64: Creación de un archivo EDS para el nodo**

A continuación se configura la información de identificación, esta es tomada por defecto en el sistema, los datos a introducir son el nombre, en este caso se ha llamado al nodo Unicauca (ver Figura 65).



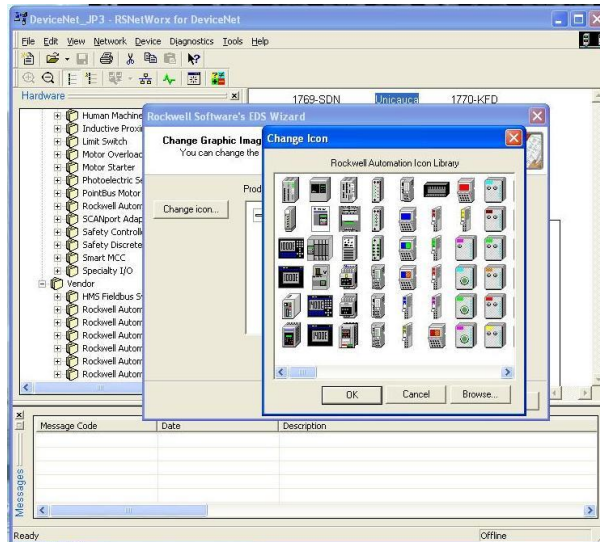
**Figura 65: Información de identificación**

A continuación se identifica el tipo de datos de entrada o salida y las dimensiones de estos datos, en el caso del nodo el tipo de entrada/salida de los datos es Polled y la dimensión es 8 Bytes (ver Figura 66), para continuar dar click en siguiente.



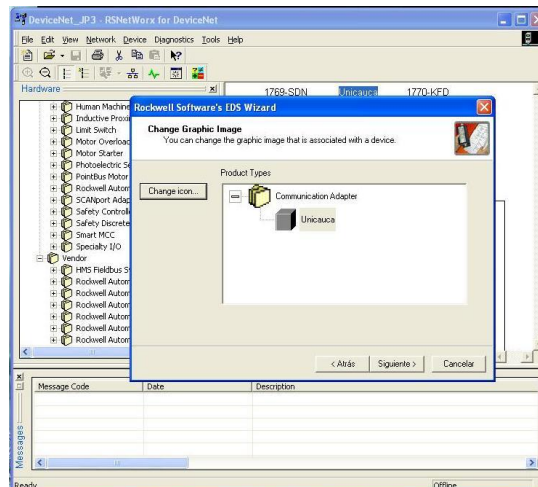
**Figura 66: Tipo de los datos de entrada y dimensiones**

A continuación se escoge el icono de reconocimiento y se da click en OK (ver Figura 67)

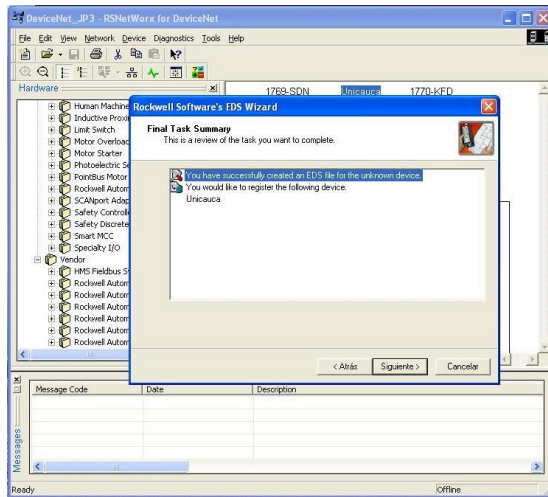


**Figura 67: Icono para el nodo**

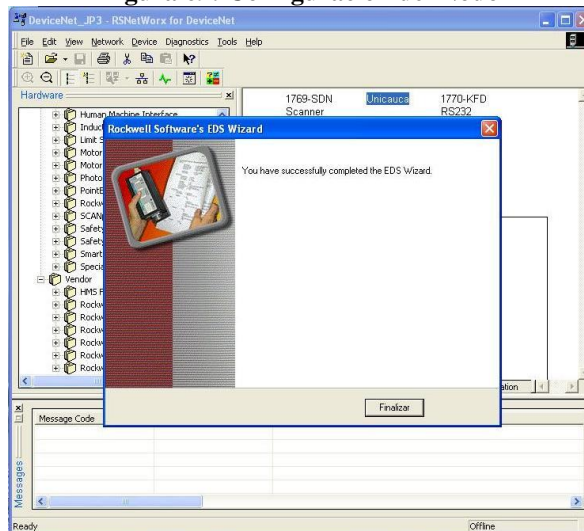
El paso siguiente para la configuración del nodo es determinar el icono seleccionado, para estas funciones se da click en siguiente de las ventanas emergentes ver figuras 68, 69 y 70, presionando finalizar.



**Figura 68: Configuración del nodo**



**Figura 69: Configuración del Nodo**



**Figura 70: Finalización de la configuración del nodo**

## Configuración del bus de campo DeviceNet

El siguiente paso es hacer un *scan* al bus de campo para detectar qué dispositivo está disponible en la lista de *scan* del *scanner*, para tal fin es necesario dar inicio al programa RSNetworx ver Figura 71.

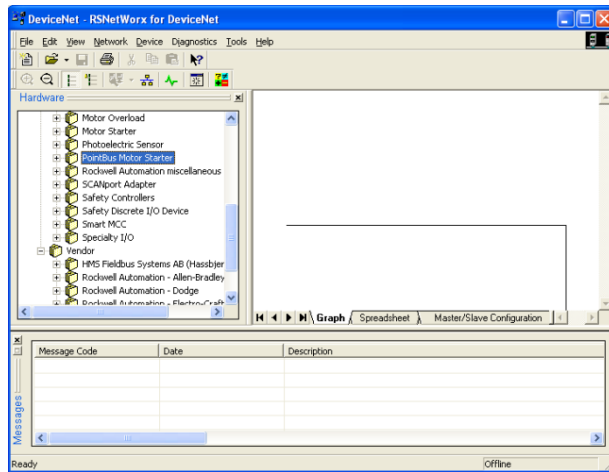


Figura 71: Ventana de inicio de RSNetworx.

De click en el botón *online* para que la red realice un *autobrowse* de los dispositivos conectados. En seguida aparece la ventana de selección del *path* de comunicaciones, elija el1770-KFD y de click en ok como se indica en la Figura 72.

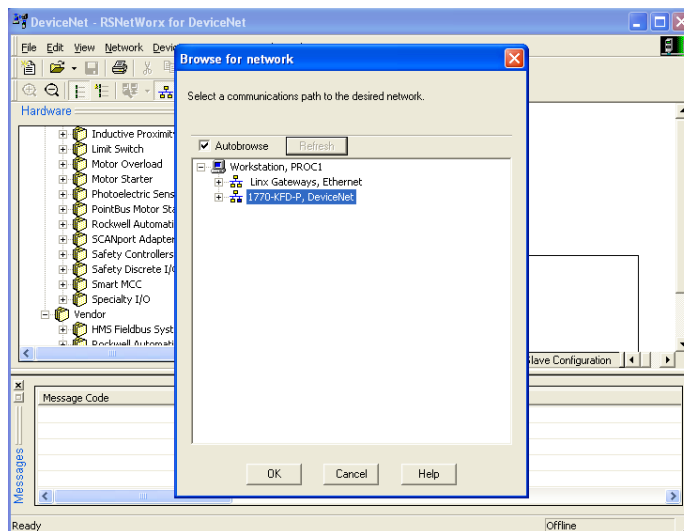
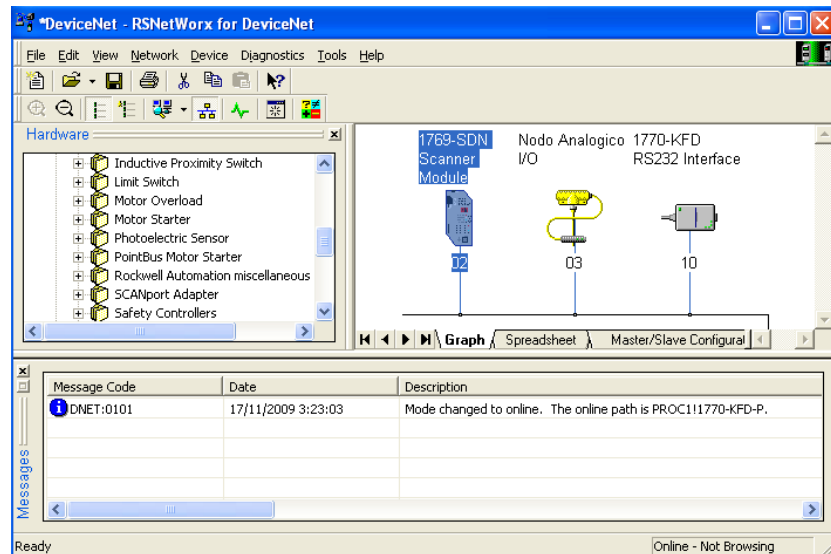


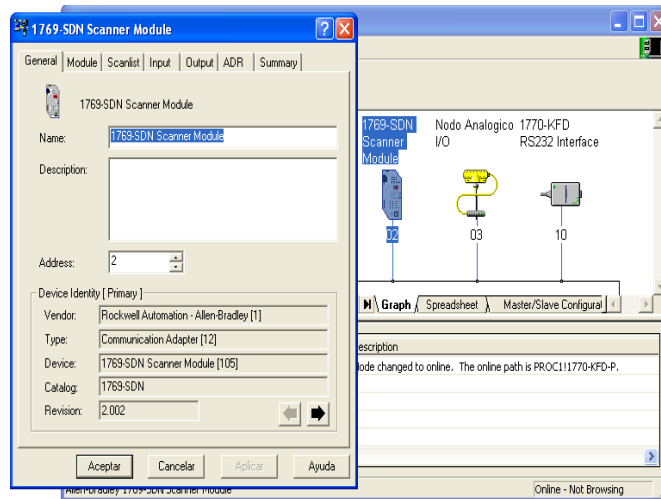
Figura 72: Selección del *path* de comunicaciones

La Figura 73 muestra los dispositivos que se encuentran disponibles en el bus de campo.



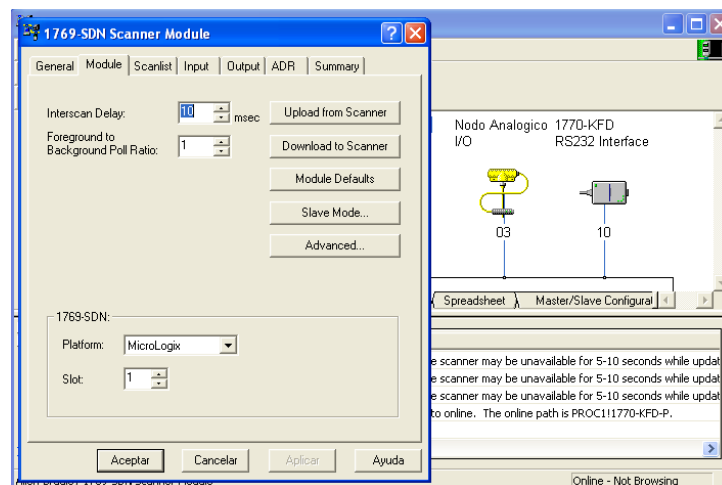
**Figura 73: Dispositivos conectados al bus DeviceNet.**

Dé doble click sobre el *escanner* 1769-SDN, de esta manera accederá a la ventana de propiedades (ver Figura 74). En la pestaña 'General' puede modificar el nombre y la dirección en la que se ubica el scanner en la red. En la Figura 74 se muestra como Configurar los parámetros de cada nodo esclavo en el bus. Cada vez que modifique un parámetro descárguelo sobre el dispositivo modificado y almacene su archivo de configuración. Mantenga el procesador (MicroLogix 1500) en modo *Program* para poder realizar las descargas.



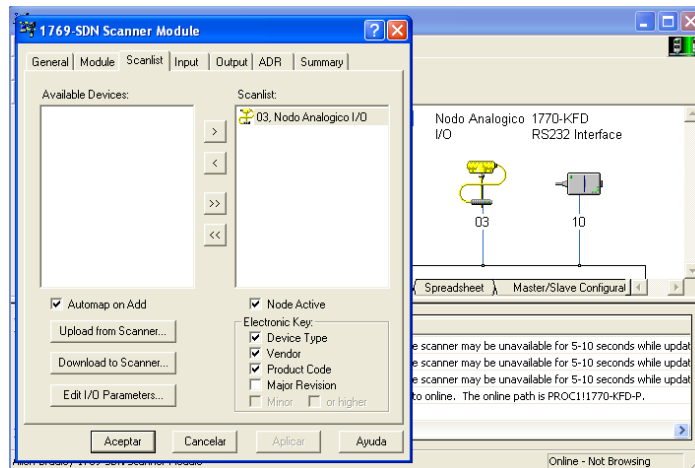
**Figura 74: Dispositivos conectados al bus DeviceNet**

En la pestaña “*Module*” puede configurar el retardo de escaneo, la relación de escaneo entre nodos *Foreground* y *Background*, la plataforma sobre la cual está conectado el *scanner* y el *slot* en el cual se ha situado, entre otras opciones ver Figura 75.



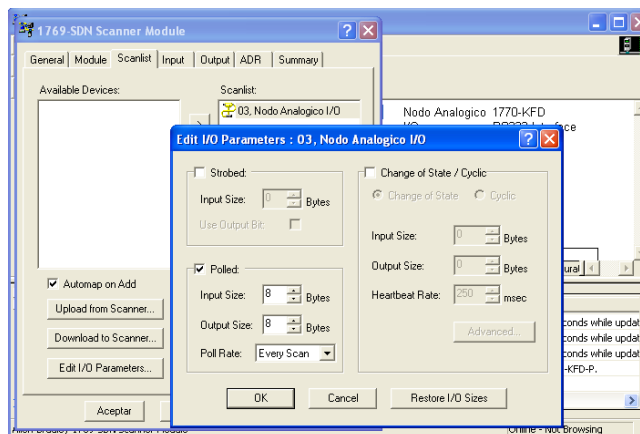
**Figura 75: Pestaña Module de la ventana de propiedades del scanner**

En la pestaña “ScanList”, puede crear la lista de escaneo del 1769-SDN. Esta pestaña se divide en las ventanas: Dispositivos Disponibles, Scanlist. Mediante los controles entre estas ventanas puede adherir o quitar dispositivos del Scanlist, Adhiera el nodo analógico I/O a la lista ver Figura 76.



**Figura 76: Pestaña Scanlist de la ventana de propiedades del scanner.**

Para realizar la configuración, seleccione el botón Edit I/O Parameters en la pestaña ScanList ver Figura 77, el dispositivo está diseñado para tomar automáticamente el tamaño en *bytes* de entrada y salida.



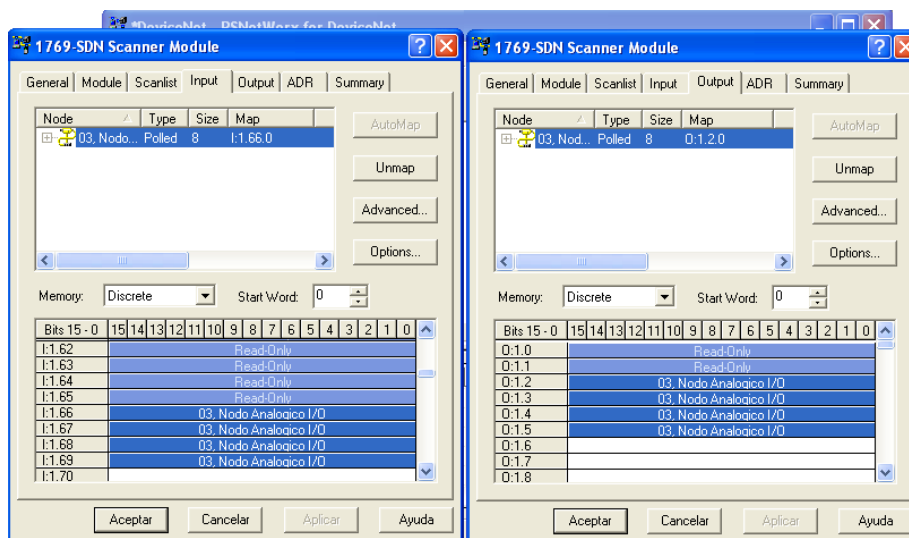
**Figura 77: Configuración I/O del nodo analógico**



En la pestaña ScanList verifique que la casilla “Automap on add” esté habilitada. Esta opción permite mapear automáticamente los datos intercambiados con los nodos hacia los registros de E/S del *scanner*. Para comprobar las direcciones de memoria del *scanner* en las cuales están siendo mapeados los nodos, revise las pestañas input, output (ver Figura 78). Note que existen espacios de memoria reservados que se identifican con la etiqueta ReadOnly, estos espacios corresponden a los Word: [0 a 65] en el caso de las entradas y [0,1] en el caso de las salidas. Dichos espacios no pueden ser empleados para el mapeo de los nodos del bus de campo. Las palabras de 66 a 68 corresponden a las entradas del nodo analógico y de las palabras del 2 al 4 corresponden a las salidas del nodo Ver Tabla 7.

**Tabla 7: Descripción de entradas/salidas nodo analógico.**

Tipo de variable	Dirección	Cantidad de bits utilizados
Entrada	I:1.66	10 bits
Entrada	I:1.67	10 bits
Entrada	I:1.68	10 bits
Salida	O:1.2	16 bits
Salida	O:1.3	16 bits

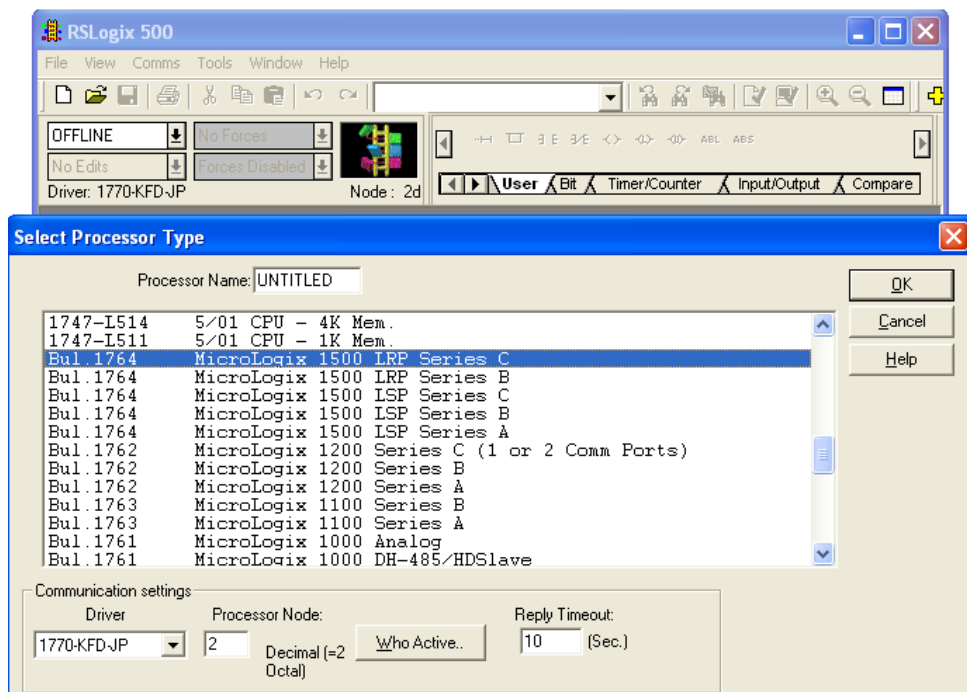


**Figura 78: Pestañas Input y Output Del scanner**

## Configuración del MicroLogix 1500 y el scanner 1769-SDN

Ejecute el programa RSLogix 500 Pro que se encuentra en: Inicio>Programas>Rockwell Software> RSLogix 500 English > RSLogix 500 English.

Cree un proyecto nuevo tomando como procesador el Micrologix 1500 LRP Series C (ver Figura 79) y almacénelo con un nombre apropiado.



**Figura 79: Ventana de inicio del RSLogix 500 Pro**

Ingrese a la ventana de configuración de entradas/salidas y presione el botón Read I/O Config para identificar los módulos conectados al PLC (ver Figura 80). A continuación aparece la ventana de selección de la ruta a través de la que se realizará la lectura de módulos conectados al PLC (Figura 81). Presione el botón Who Active para abrir la ventana *Communications* (Figura 82) y seleccione el 1769-SDN, luego presione OK.

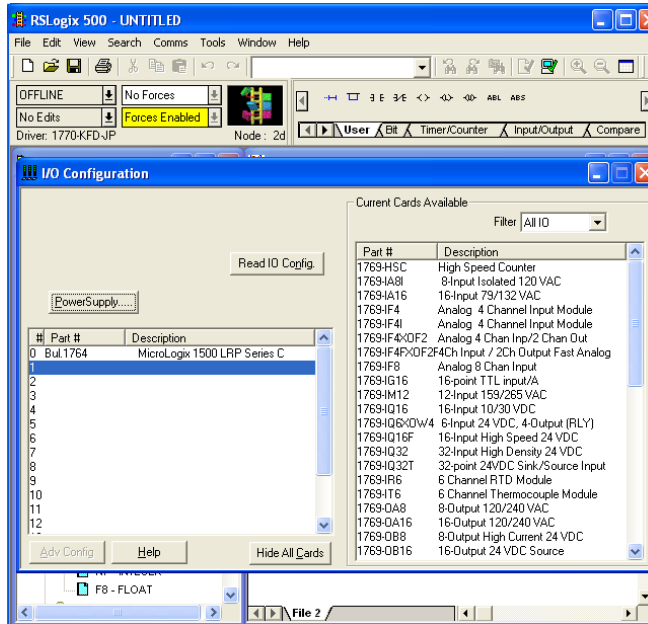


Figura 80: Ventana de configuración I/O

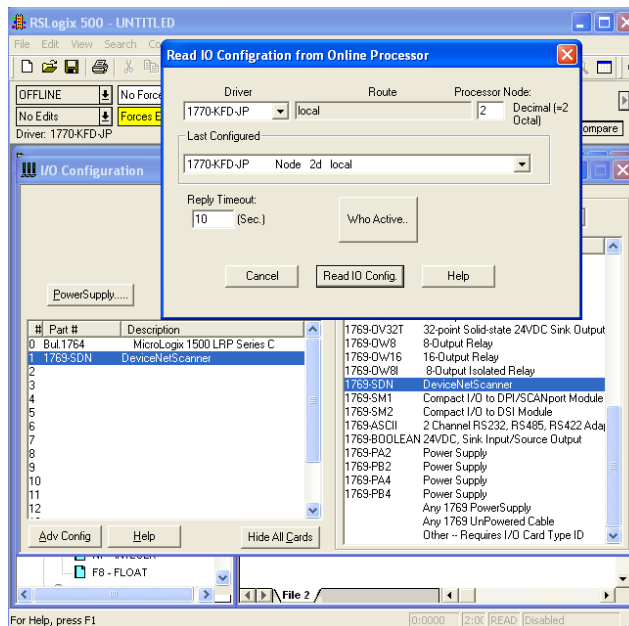
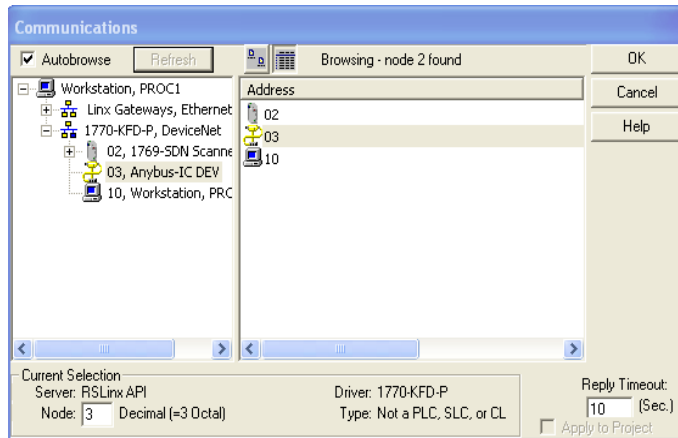
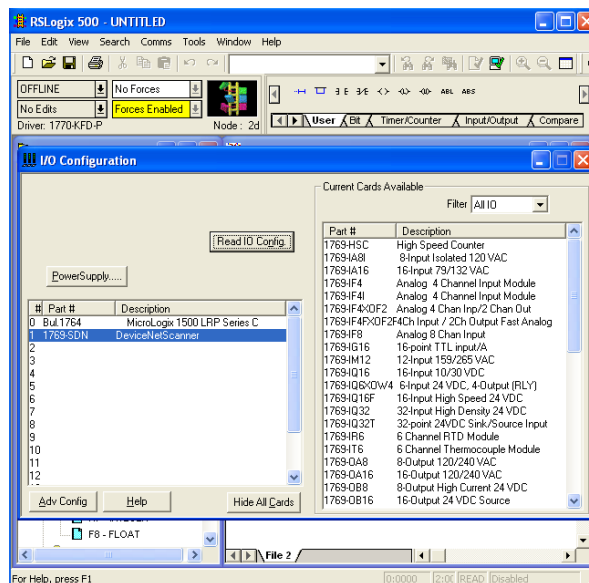


Figura 81: Ventana de selección de path de lectura



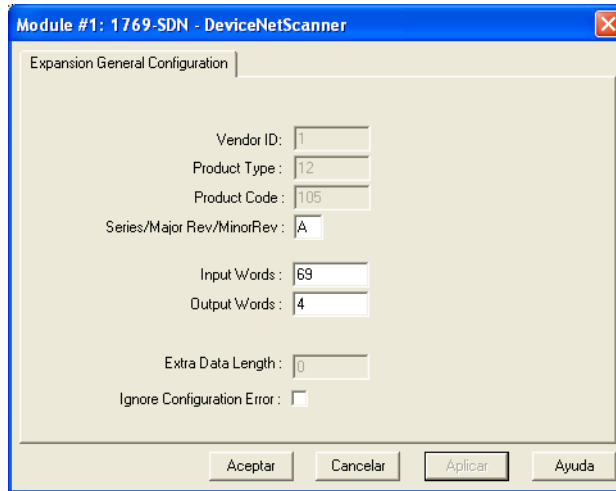
**Figura 82: Ventana de selección de path de lectura**

Nuevamente en la ventana de Lectura de entradas y salidas (Figura 83) presione el botón *Read I/O Config*. Si el procedimiento fue correcto, debe aparecer una ventana como la ilustrada en la Figura 83. En este ejemplo se ha identificado el scanner DeviceNet y un modulo de entradas y salidas analógicas.



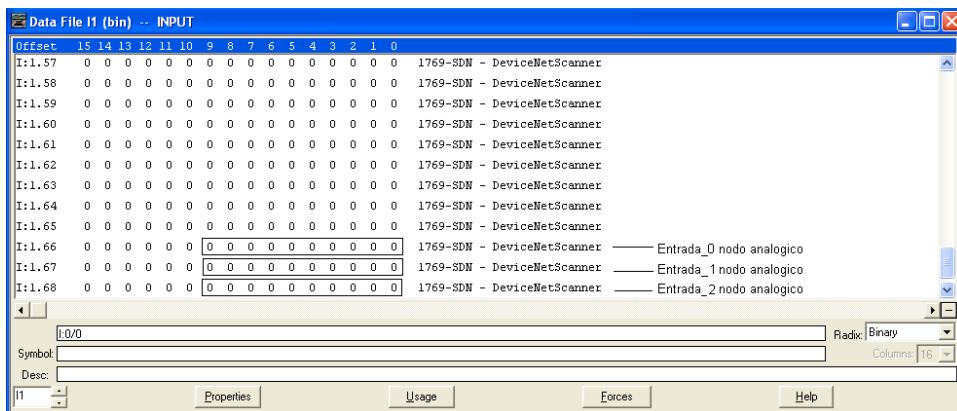
**Figura 83: Módulos conectados al PLC.**

En la ventana *I/O Configuration*, dé doble click sobre el DeviceNet Scanner, para configurar el número de *Words* de entradas y salidas como se indica en la Figura 84



**Figura 84: Configuración del scanner en Rslogix**

De click sobre Aceptar y cierre la ventana de configuración de I/O. Después de configurar los periféricos del PLC, es posible disponer de las entradas y salidas de la red DeviceNet en el algoritmo de control que se ha de programar. Las entradas y salidas del scanner ahora hacen parte de las imágenes del procesador MicroLogix 1500, para visualizarlas basta con abrir las tablas de entradas y salidas del PLC (ver Figura 85, Figura 86). Las E/S deben estar mapeadas como se resumió en la Tabla 7.



**Figura 85: Mapeo de entradas del nodo analógico**

Offset	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
0:0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1764 MicroLogix 1500 LRP Series C
0:0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1764 MicroLogix 1500 LRP Series C
0:0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1764 MicroLogix 1500 LRP Series C
0:0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bul.1764 MicroLogix 1500 LRP Series C
0:1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1769-SDN - DeviceNetScanner
0:1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1769-SDN - DeviceNetScanner
0:1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1769-SDN - DeviceNetScanner Salida_0 nodo analogico
0:1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1769-SDN - DeviceNetScanner Salida_1 nodo analogico

Figura 86: Mapeo de salidas de nodo analógico.

Antes de iniciar cualquier programa se necesita activar el bit O:1.0 del scanner DeviceNet para dar inicio a este escáner, en la primera línea de la Figura 87 se muestra como se ha hecho esta función.

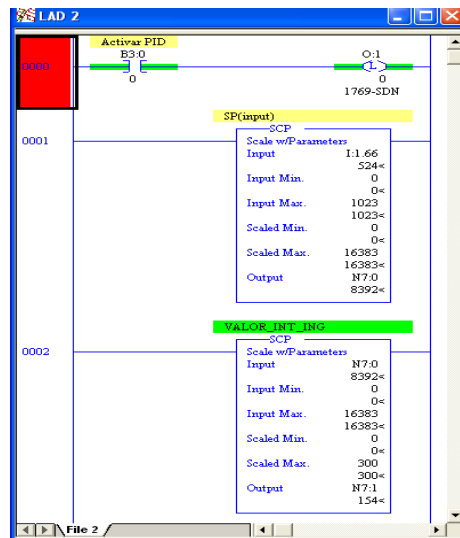


Figura 87: Activación del scanner 1769-SDN

### **3.7. MONITOREO, CONTROL Y VISUALIZACIÓN DE PROCESO (PLANTA DE TANQUE INTERACTUANTES)**

En esta actividad se hace uso de un sistema servidor OPC (SERVIDO 1 Y 2), la red Ethernet y el software RSView 32 para tener un correcto monitoreo, control y visualización del sistema DCS redundante (para mayor claridad ver Figura 3). En el desarrollo de esta sección se han desarrollado temas de la práctica N° 7.1: Diseño de un SCADA Remoto de la Planta de Nivel por Medio de una Arquitectura OPC.

El cliente del sistema servidor tendrá monitoreo, control y visualización del proceso, desde un computador en acceso remoto, la red Ethernet y el software RSView 32, los servidores OPC están dispuestos de la siguiente manera:

#### **3.7.1. Sistema servidor OPC para la inicialización del sistema (servidor 1)**

En el computador asignado en proceso se instala el primer servidor, este se comunica vía RS232 al PLC auxiliar MicroLogix 1500 que se ubica en proceso y tiene acceso a:

- La lectura de nivel.
- Control de un relé conectado al nodo para ocasionar una interrupción de la línea de datos del bus de campo para simular una falla.
- Control de la alimentación del sistema (motobomba y alimentación de la instrumentación de campo).

Por medio de este servidor, desde un cliente remoto conectado a la red Ethernet se cambia: el estado del relé, se prende o apaga el sistema, además del monitoreo de estado del proceso.

Ahora se realizan las actividades que tienen que ver con el control realizado por el PLC auxiliar MicroLogix 1500 sobre su dominio y su comunicación con el servidor OPC.

##### **3.7.1.1. Programa de control del PLC auxiliar MicroLogix 1500**

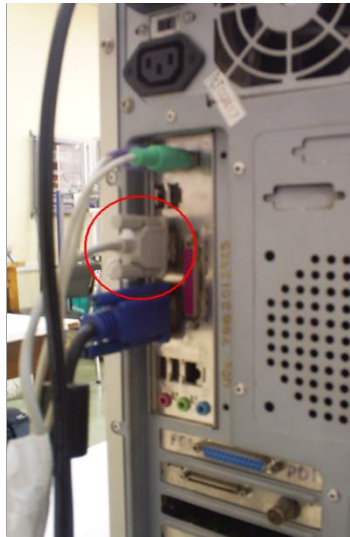
#### **Configuración del hardware**

Antes del inicio de las actividades para configuración del PLC se debe:

Ver que el regulador de voltaje al que se conecta el computador esté prendido y conectado a la alimentación de 110 Vac.

Ver que el panel de cableado se encuentra conectado a la alimentación de 110 Vac.

Ver que el cable serial del PLC esté conectado al computador (ver Figura 88).



**Figura 88: Conexión cable serial al computador**

Accionar el Breaker F1 a la posición “ON” en el panel de cableado (panel 3) para alimentar la planta y sus componentes.

**Configuración software de comunicaciones entre el computador y el PLC auxiliar:**

Prender el computador

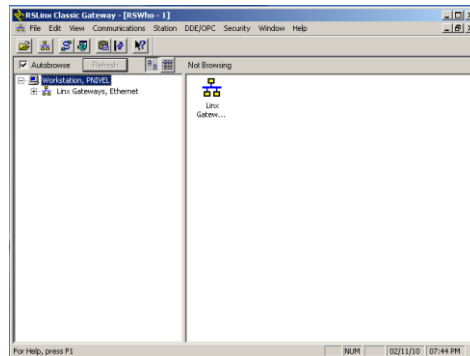
Escoger inicio por WINDOWS XP

Esperar a que el sistema operativo cargue hasta habilitar el escritorio.



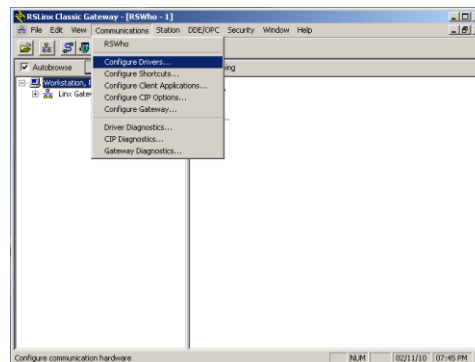
Para configurar el software RSLINX, que es el medio para comunicar el PLC MicroLogix 1500 con el computador, se realizan las siguientes acciones:

Presionar INICIO/ Todos los programas / Rockwell software/RSLinx/RsLinx Classic (ver Figura 89).



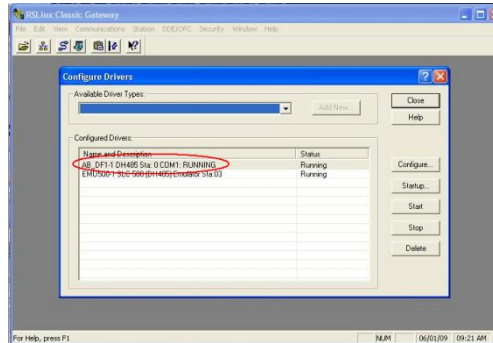
**Figura 89: Ventana del RSLinx**

Ir a la parte superior de la barra de herramientas, dar click en: Communications y después en configure drivers (ver Figura 90).



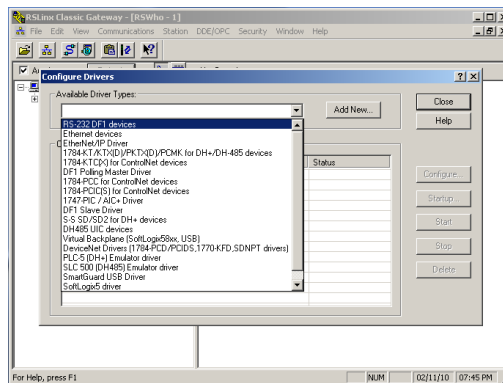
**Figura 90: Ventana para ir a configuración del driver**

Verificar que la opción del *driver* DF1 DH485 esté corriendo, como se ve en la Figura 91.



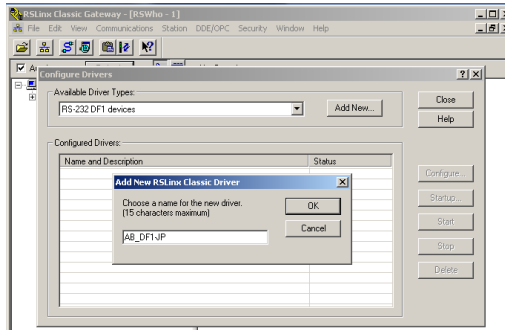
**Figura 91: Configuración del driver**

Si no está habilitada esta sentencia, escoger la opción RS232 DF1 en el menú desplegable de: AVAILABLE DRIVER TYPES (ver Figura 91 y 92), luego escoger ADD NEW.



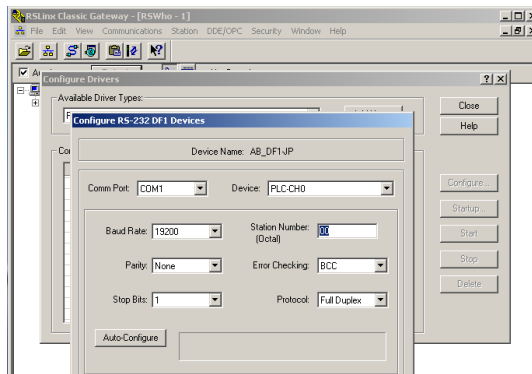
**Figura 92: Ventana elección del driver**

Se escoge un nombre para el driver y dar clic en OK (ver Figura 93).



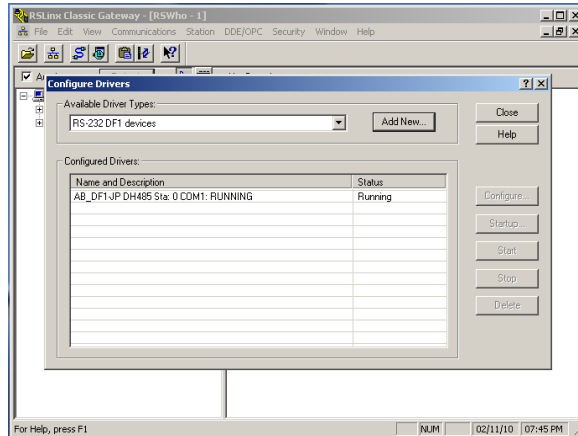
**Figura 93: Nombre del driver**

Se configura parámetros de comunicación del driver, seleccionando Auto-Configure (ver Figura 94).



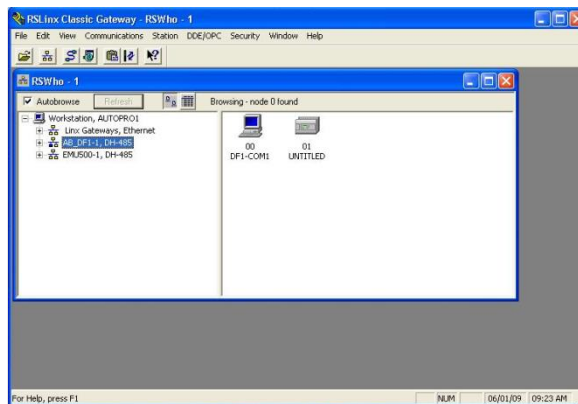
**Figura 94: Autoconfiguración del driver**

Cuando se realizan estas actividades el driver seleccionado pasa al estado Running o corriendo (ver Figura 95).



**Figura 95: Driver activo (corriendo)**

Dar clic en Close. Luego en la parte superior de la barra de herramientas de la ventana del RSLinx, dar click en RSWWho, debe aparecer una ventana como la que se aprecia en la Figura 96 que significa que el driver ha sido correctamente configurado.



**Figura 96: RSLinx configurado**

Con los pasos anteriores queda configurada la comunicación entre el computador y el PLC, ahora se cierra o minimiza la ventana.

### **Programa de control para el PLC auxiliar:**

Para cargar y configurar el programa en el PLC auxiliar MicroLogix 1500 que da inicio al sistema DCS redundante se realizan las siguientes acciones:

Buscar en el escritorio o en la partición D, la carpeta con el nombre: CONTROL\_DISTRIBUIDO\_REDUNDANTE\_PLANTA\_TANQUES: abrirla, escoger y dar doble click en el programa: INICIO-DEL-SISTEMA.RSS

Al ejecutarse el programa INICIO-DEL-SISTEMA en RSLogix 500, debe verse una ventana como la que se aprecia en la Figura 97, que es el programa que sirve para dar inicio al sistema: lectura del nivel, accionar el relé para simular falla en red, alimentación del sistema, accionamiento de una electroválvula para generar disturbios, entre otras funciones nombradas anteriormente en este documento. El renglón 0 del programa en escalera, contiene una función SCP para la escalización de la variable de salida del proceso (lectura de nivel), esta escalizacion se realiza para un rango de entrada de 0-16384 y un rango de salida de 0-300mm de H<sub>2</sub>O (ver Figura 98).

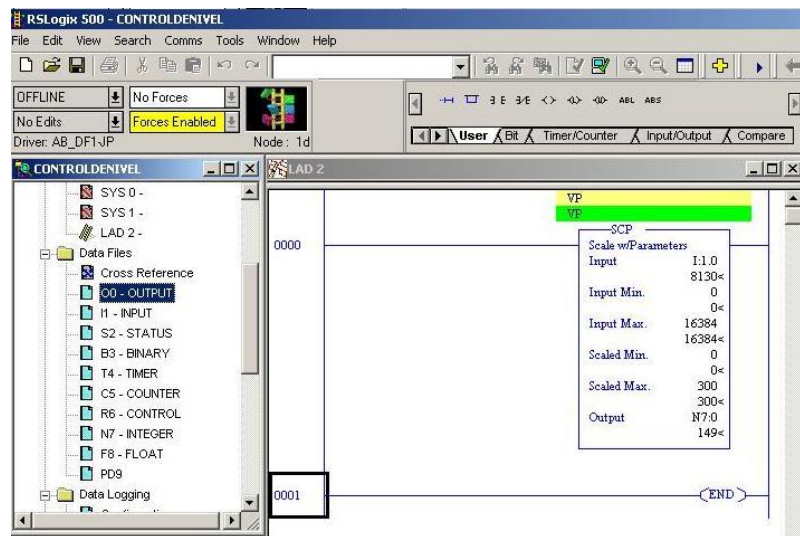
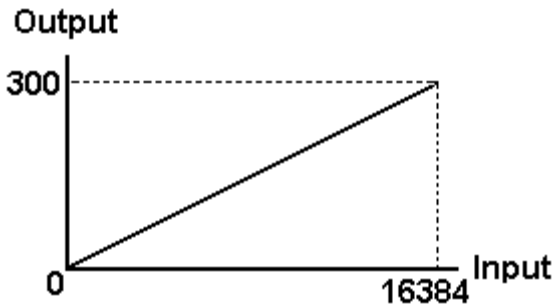


Figura 97: Programa inicio del sistema



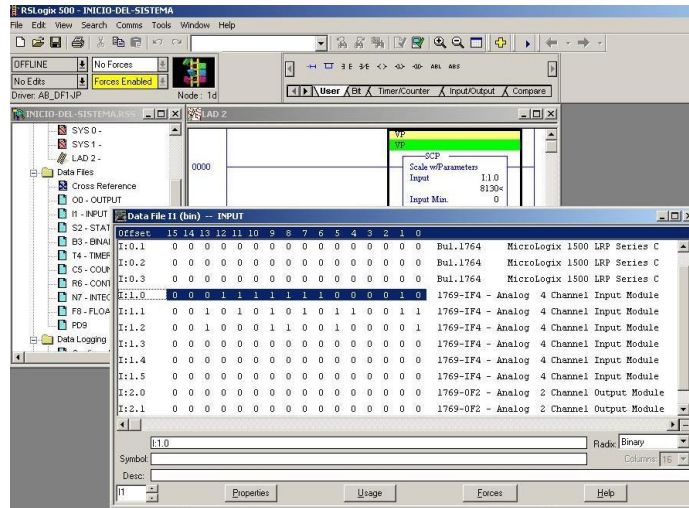
**Figura 98: Escalización**

Al dar doble click en las salidas del sistema nombradas como O0-Output, se puede ver como se han nombrado, estas son las *tags* que va a tener el sistema de control (ver Tabla 8) y también se configuran en el sistema servidor (servidor 1) para este PLC, visto más adelante.

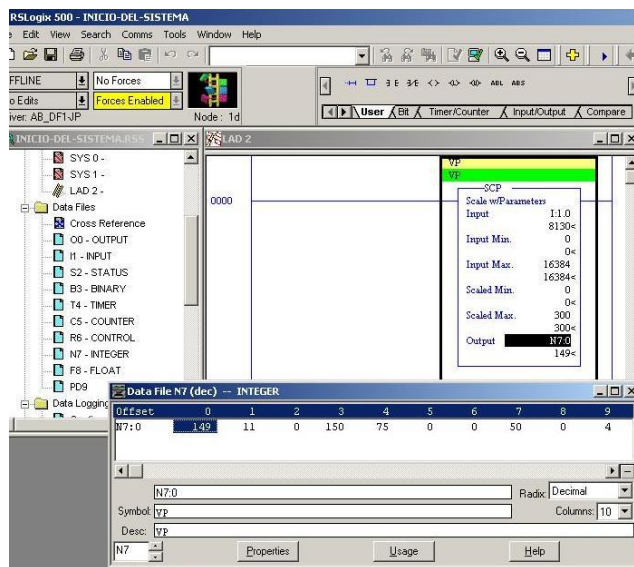
**Tabla 8: Nombramiento de las salidas y entradas**

<b>Nombre de tag En supervisorio</b>	<b>Dirección</b>	<b>Nombre en PLC</b>	<b>Tipo de variable</b>
Bomba on	O:0.1.0	Apagar la bomba	Entrada
Instrumentos	O:0.1.2	Los instrumentos	Entrada
Red	O:0.1.3	Red	Entrada
Disturbio	O:0.1.6	Disturbio	Entrada
Bomba on	O:0.1.9	Encender la bomba	Entrada
Vp	N7:0		Salida

Al dar doble click en las entradas del sistema nombradas como I1-Input (ver Figura 99), aquí, se puede ver la lectura de nivel en la dirección: I:1.0, proporcionada por el sensor transmisor de nivel, que se asigna al entero N7:0 después de su escalización (ver Figura 100).



**Figura 99: Entradas de control**

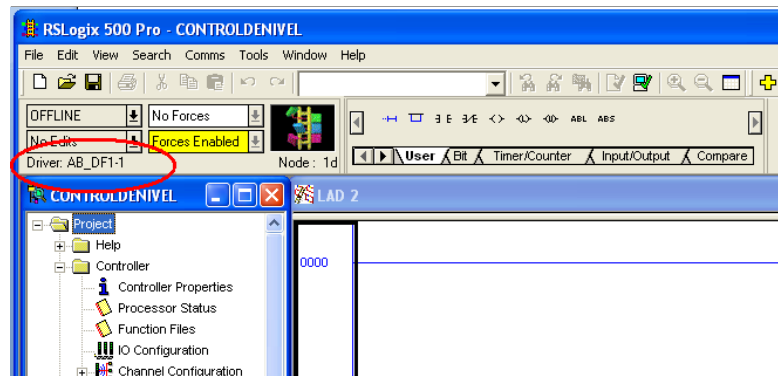


**Figura 100: Lectura de nivel**

Cerrar ventanas de entradas y salidas del programa del RSLogix 500.

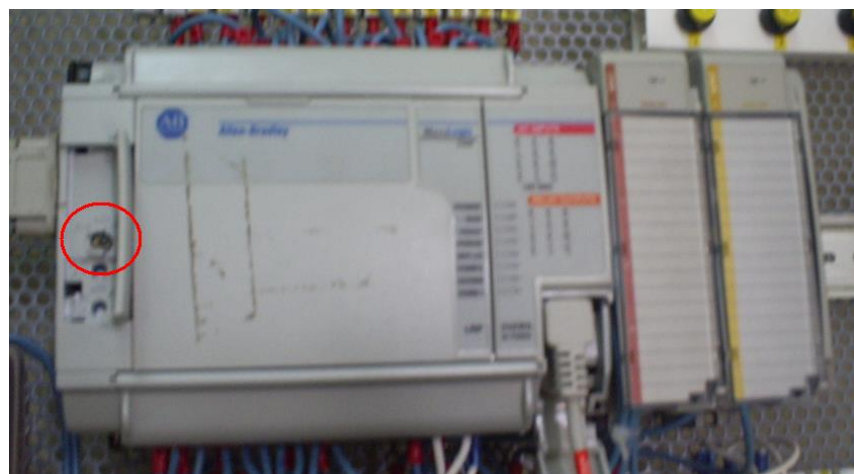
Ahora se procede a realizar la descarga del programa al PLC auxiliar MicroLogix 1500, realizando las siguientes acciones:

Ver que aparezca el mensaje Driver AB\_DF1-JP (o el nombre asignado a este driver en su configuración) en la esquina superior izquierda de la pantalla, como se aprecia en la Figura 101, lo que indica que el programa está corriendo bajo el driver correcto.



**Figura 101: Confirmación del driver AB\_DF1-JP**

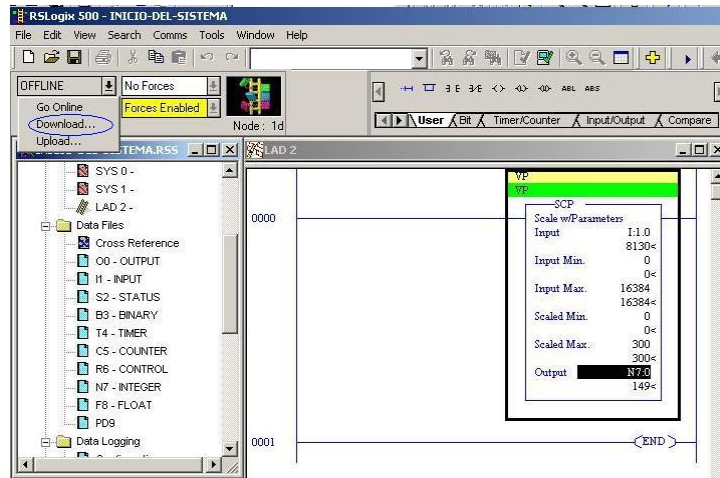
Ahora ir al PLC auxiliar MicroLogix 1500 y ubicar en modo Program su perilla de programación (ver Figura 102).



**Figura 102: Perilla de cambio para tipo de programación del PLC**

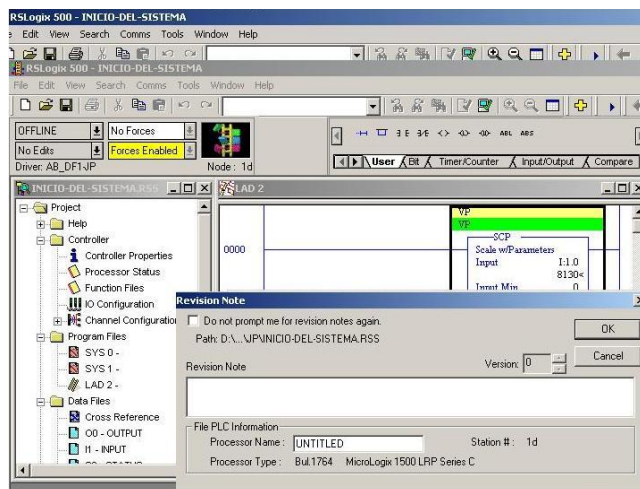
Para descargar el programa al PLC, de la barra de herramientas superior se selecciona el desplegable y Download así como se aprecia en la Figura 103.



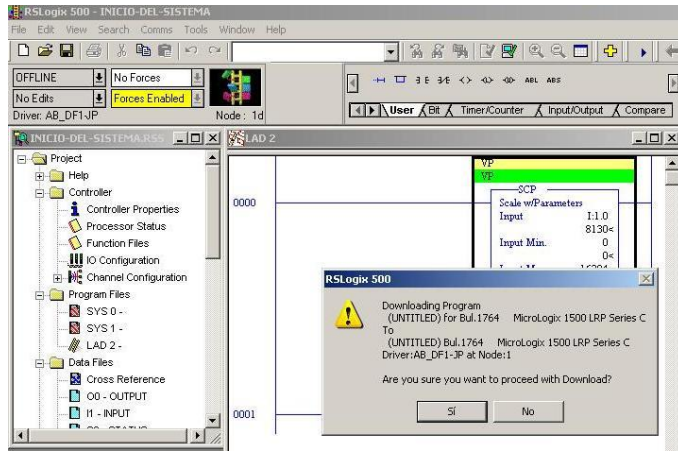


**Figura 103: Descarga del programa al PLC**

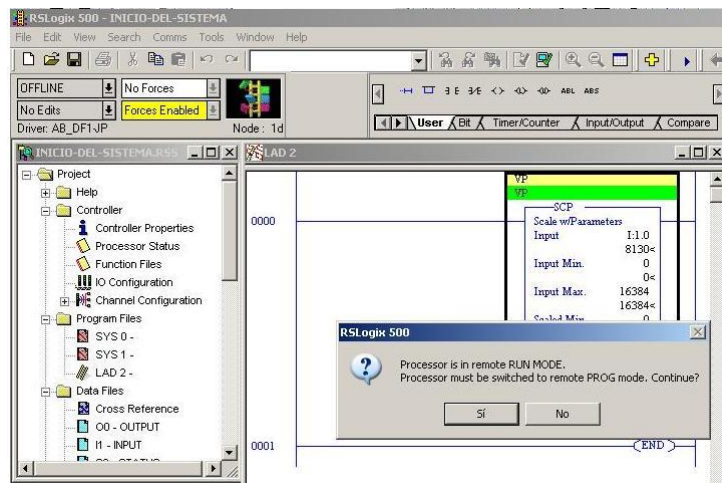
Al realizar la descarga del programa al PLC, aparecerán una serie de ventanas de opciones, en la primera (ver Figura 104), la pregunta es sobre el nodo en el que se corre el programa donde se da click en OK, en las siguientes ventanas hasta finalizar la descarga, se determina la acción Si (ver figuras 105, 106, 107 y 108).



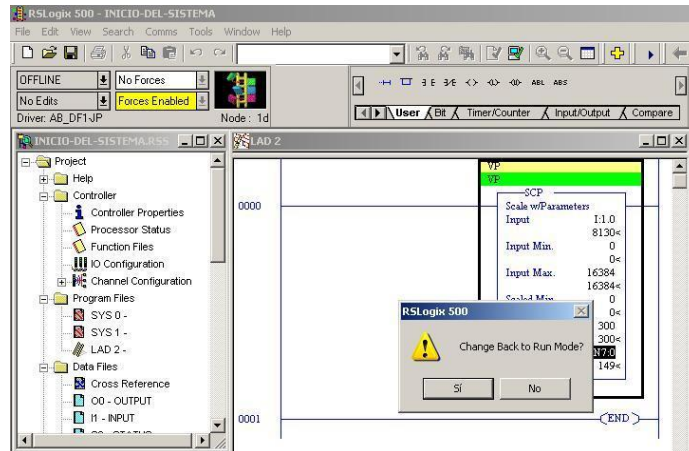
**Figura 104: Revisión del nodo**



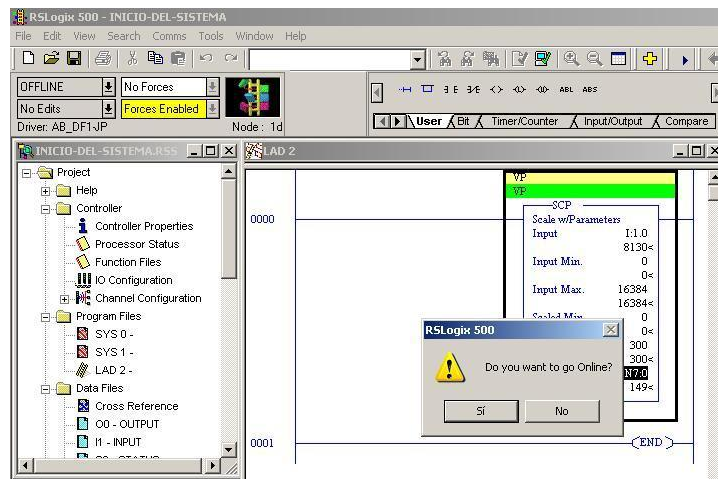
**Figura 105: Proceso de descarga**



**Figura 106: Proceso de descarga, modo RUN**



**Figura 107: Proceso de descarga cambio RUN Mode**



**Figura 108: Proceso de descarga GO ONLINE**

Al terminar las anteriores acciones para carga del programa, en el PLC, se cambia a modo RUN con la perilla para cambio de modo de programación.

Estas son las acciones que tienen que ver con el programa de control del PLC auxiliar MicroLogix 1500 (inicio del sistema).

### 3.7.1.2. Comunicación del servidor OPC Kep Server con el PLC auxiliar MicroLogix 1500

**Nota:** para el desarrollo de estos pasos, el Kep Server hace uso del driver: RS232DF1, cuando se hace uso de este driver por esta aplicación, no debe estar siendo usado por el software RSLinx, en tal caso parar el uso de este driver en el RSLinx (ver Figura 109)

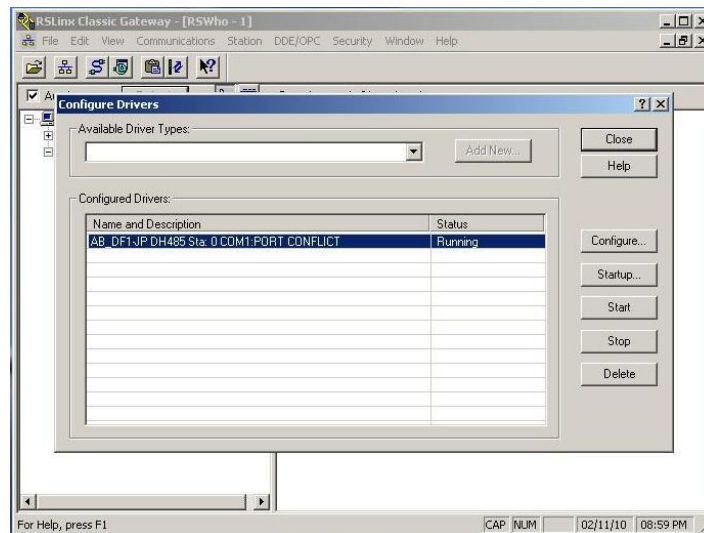


Figura 109: conflicto en el RS232DF1 del RSLinx

Para iniciar la aplicación, ir a: inicio/ keppure products / kepservice / KepserviceEx (ver Figura 110), debe aparecer una ventana con la apariencia de la Figura 111

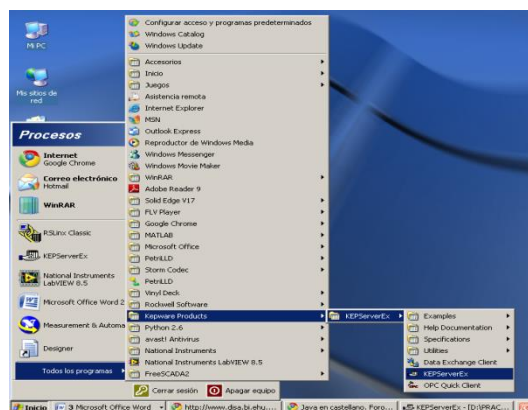
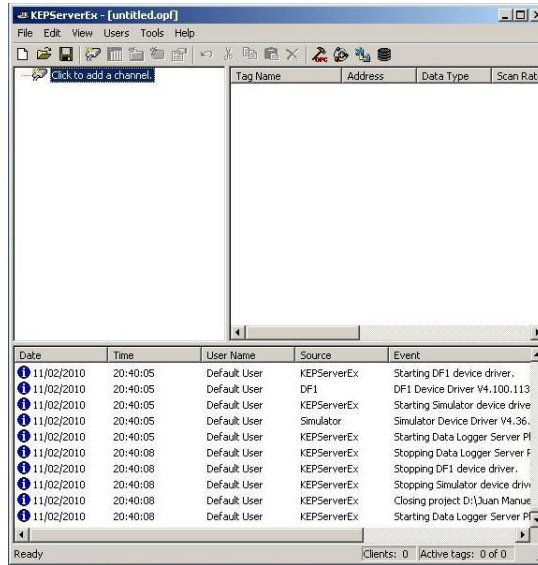
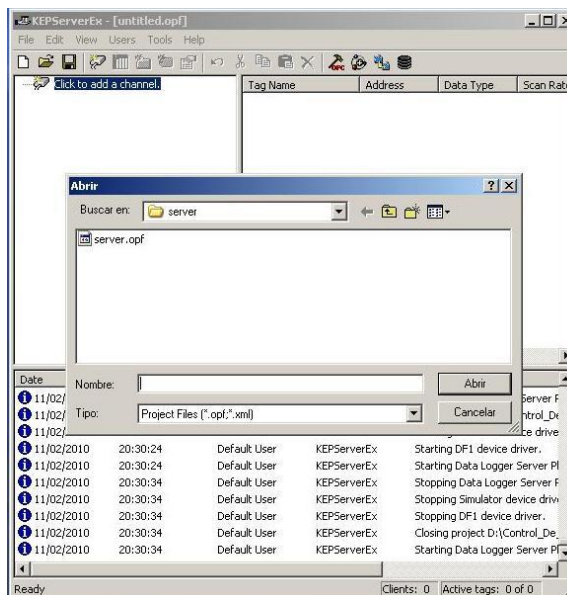


Figura 110: Inicio del Kep Server



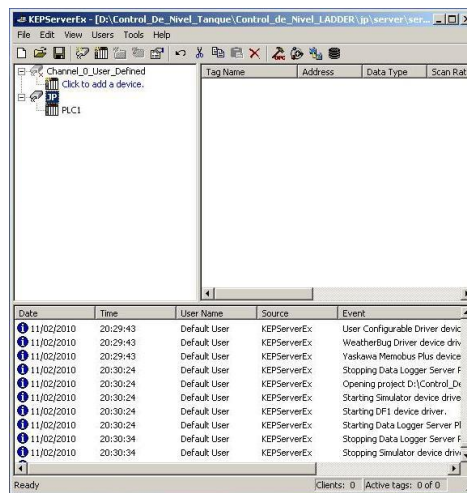
**Figura 111: Ventana del Kep Server**

Dar doble click en add a channel, busque la ruta del archivo para el servidor 1 en el escritorio o en la partición D, la carpeta con el nombre: CONTROL\_DISTRIBUIDO\_REDUNDANTE\_PLANTA\_TANQUES: abrirla, escoger, dar click en el programa: Server.opf y después abrir (ver Figura 112).

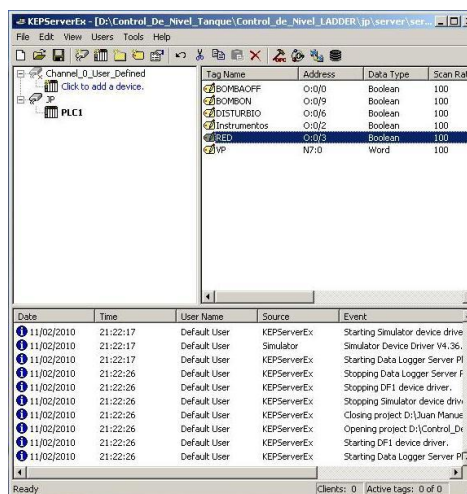


**Figura 112: Apertura de archivos**

Debe aparecer una ventana como en la Figura 113, seleccionar y dar click en JP y PLC1 que es el nombre que se ha dado al programa que ha creado, configurado y donde se han creado las tags de las entradas y salidas del proceso y el PLC auxiliar, para mayor entendimiento consultar la práctica: DISEÑO DE UN SCADA REMOTO DE LA PLANTA DE NIVEL POR MEDIO DE UNA ARQUITECTURA OPC. Aquí se pueden apreciar las tags creadas para el servidor 1 del proyecto DCS en redundancia de la planta de tanques interactuantes (ver Figura 114).



**Figura 113: proyecto en el Kep Server**



**Figura 114: Tags creadas en el Kep Server**

En la barra de herramientas ubicada en la parte superior de la ventana del proyecto del Kep Server, dar click en Quick Client, luego seleccionar y dar click en JP.PLC1, debe aparecer una ventana como la que se aprecia en la Figura 115, que es el valor (estado) en que se encuentran las variables del proyecto, si está mal hecha la configuración anterior, aparecerán como desconocidos los estados de estas variables.

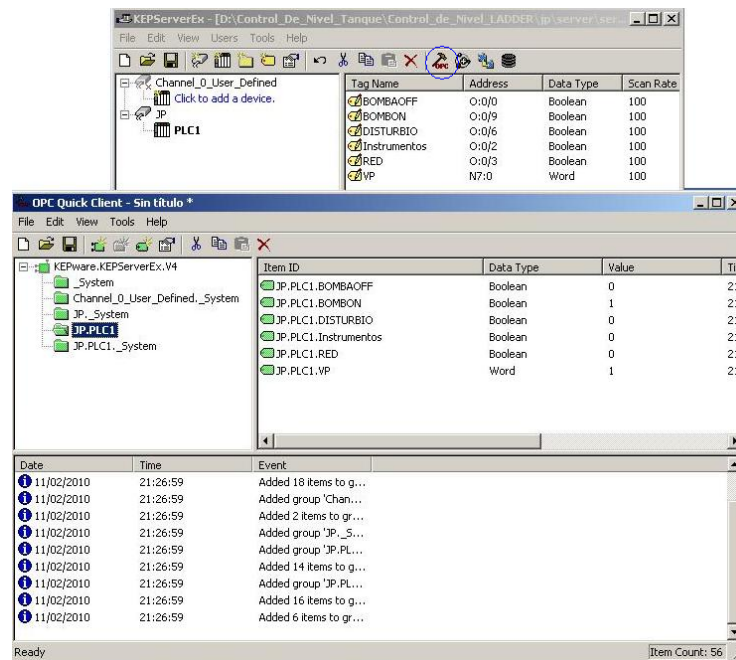


Figura 115: Estados de las variables

Con los pasos anteriores se activa la aplicación para el servidor 1 del proyecto DCS en redundancia para la planta de tanques interactuantes.

### 3.7.2. Sistema servidor OPC para el controlador primario (servidor 2)

El segundo servidor OPC se instala en el computador asignado para configuración del controlador primario, estos dos se comunican vía RS232, por medio de este servidor,

desde un cliente remoto conectado a la red Ethernet se cambia: los valores de consigna del controlador primario y la planta.

Ahora se realizan las actividades que tienen que ver con el control PID realizado por el PLC MicroLogix 1500 como controlador primario y que maneja el bus de campo, también su comunicación con el servidor OPC.

### **3.7.2.1. Programa de control PID del PLC MicroLogix 1500 como controlador primario**

Para las actividades de configuración del software de comunicación del computador con el PLC Micrologix 1500 se realizan las mismas acciones de los títulos: configuración de *hardware* y Configuración *software* de comunicaciones entre el computador y el PLC auxiliar vistos en la sección 3.7.1.1.

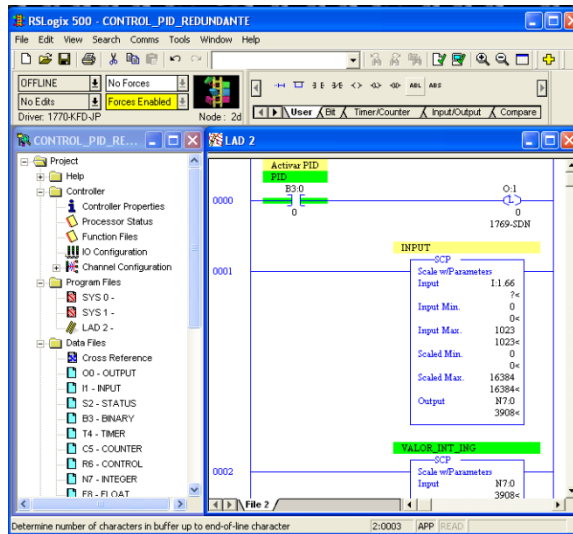
#### **Programa de control para el PLC que realiza el control PID:**

Para cargar y configurar el programa en el PLC MicroLogix 1500 que realiza el control PID a la planta de tanques interactuantes, se realizan las siguientes acciones:

Buscar en el escritorio o en la partición D, la carpeta con el nombre: CONTROL\_DISTRIBUIDO\_REDUNDANTE\_PLANTA\_TANQUES: abrirla, escoger y dar doble click en el programa: CONTROL\_PID\_REDUNDANTE.RSS

Al ejecutarse el programa CONTROL\_PID\_REDUNDANTE en RSLogix 500, debe verse una ventana como la que se aprecia en la Figura 116, que es el programa control PID para el PLC MicroLogix 1500 como controlador primario.



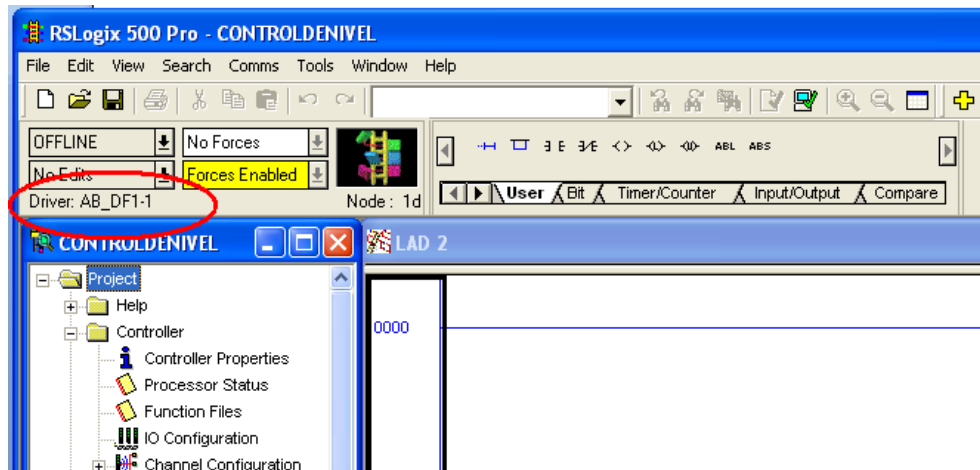


**Figura 116: Programa PID en redundancia para la planta de tanques**

Los parámetros de configuración del PID, tales como el tiempo derivativo y ganancia, son fijados a partir de los datos proporcionado en la sección 3.4, también se fija el tiempo de muestreo y se escaliza la variable de proceso de 0-300 mm de H<sub>2</sub>O, los datos del PID deben ser escalizados en un rango de 0-16384.

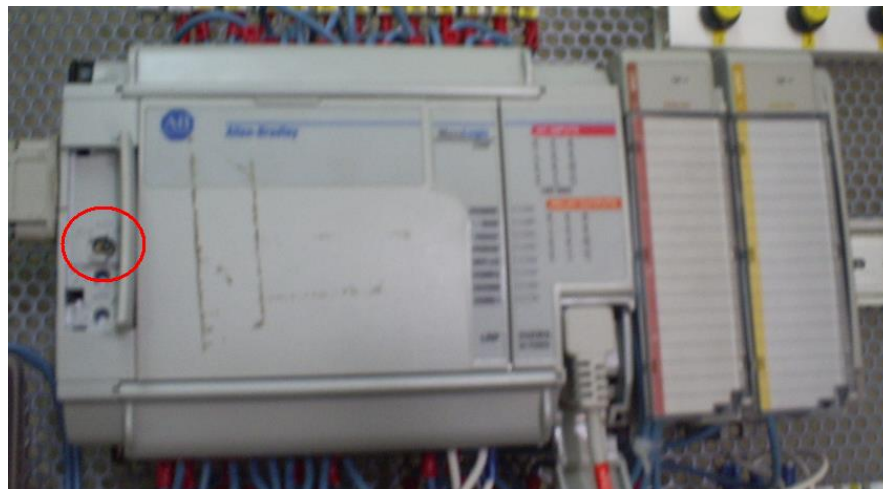
Ahora se realiza la descarga del programa al PLC auxiliar MicroLogix 1500, realizando las siguientes acciones:

Ver que aparezca el mensaje Driver AB\_DF1-JP (o el nombre asignado a este driver en su configuración) en la esquina superior izquierda de la pantalla, como se aprecia en la Figura 117, lo que indica que el programa está corriendo bajo el driver correcto.



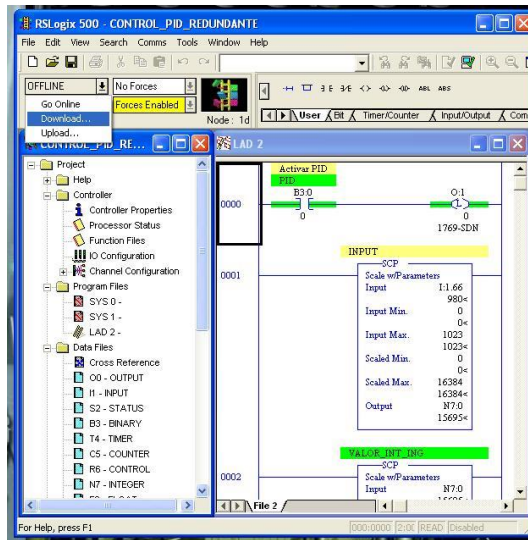
**Figura 117: Confirmación del driver AB\_DF1-JP**

Ahora ir al PLC auxiliar MicroLogix 1500 y ubicar en modo Program su perilla de programación (ver Figura 118).



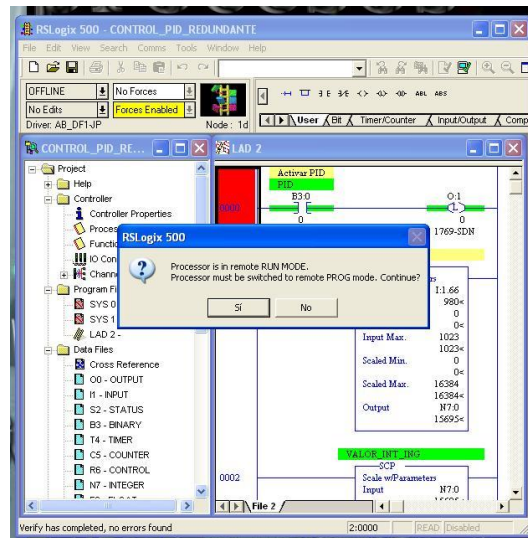
**Figura 118: Perilla de cambio para tipo de programación del PLC**

Para descargar el programa al PLC, de la barra de herramientas superior se selecciona el desplegable y Download así como se aprecia en la Figura 119.

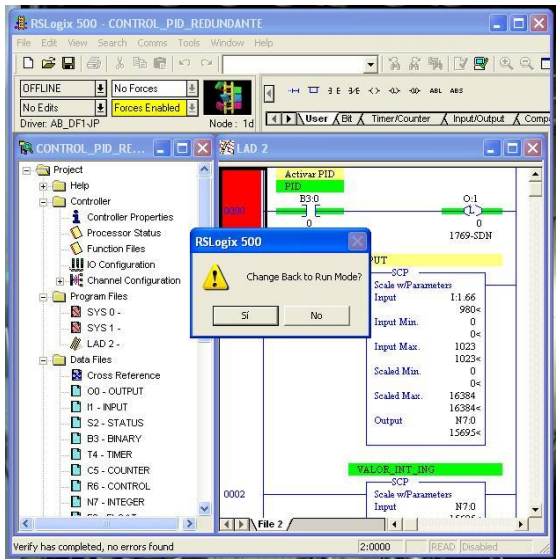


**Figura 119: Descarga del programa al PLC**

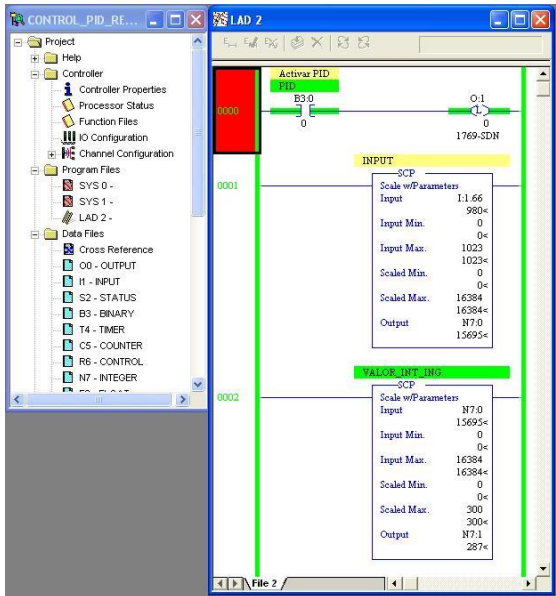
Al realizar la descarga del programa al PLC, aparecerán una serie de ventanas de opciones, en la primera (ver Figura 120), la pregunta es sobre el nodo en el que se corre el programa donde se da click en OK, en las siguientes ventanas hasta finalizar la descarga, se determina la acción Si (ver figuras 121 y 122).



**Figura 120: Revisión del nodo**



**Figura 121: Proceso de descarga**



**Figura 122: Proceso de descarga, modo RUN**

Al terminar las anteriores acciones para carga del programa, en el PLC, se cambia a modo RUN con la perilla para cambio de modo de programación.

Estas son las acciones que tienen que ver con el programa de control del PLC MicroLogix 1500 como controlador primario.

### 3.7.2.2. Comunicación del servidor OPC Kep Server con el PLC MicroLogix 1500 como controlador primario

Para realizar la comunicación del PLC MicroLogix 1500 con el sistema servidor OPC Kep server, se realiza el mismo procedimiento visto en la sección 3.7.1.2. anterior, teniendo en cuenta que son diferentes las tags para este PLC y señales a controlar.

Nota: para el desarrollo de estos pasos, el Kep Server hace uso del driver: RS232DF1, cuando se hace uso de este driver por esta aplicación, no debe estar siendo usado por el software RSLinx, en tal caso parar el uso de este driver en el RSLinx (ver Figura 123)

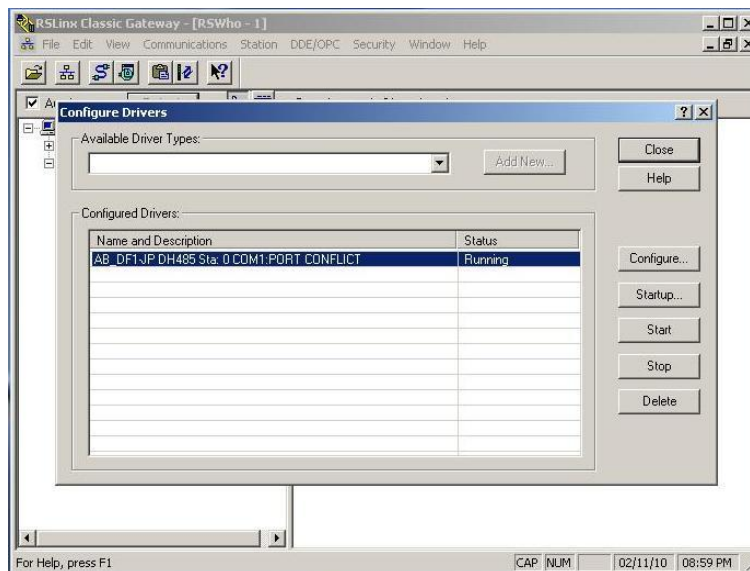
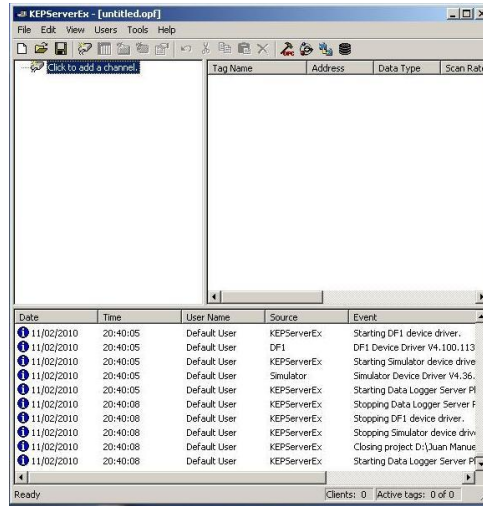


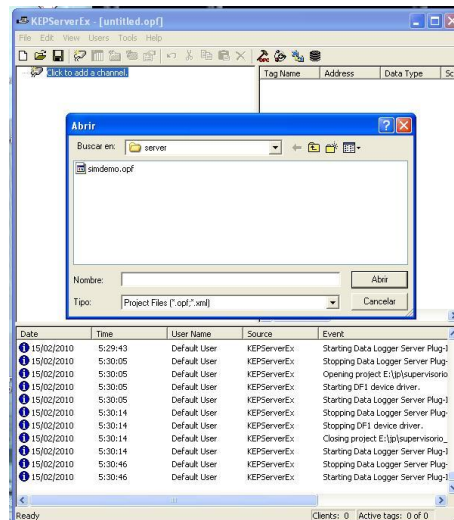
Figura 123: conflicto en el RS232DF1 del RSLinx

Para iniciar la aplicación, ir a: inicio/ keppure productos / keppure / Kepserver / KepserverEx, debe aparecer una ventana con la apariencia de la Figura 124.



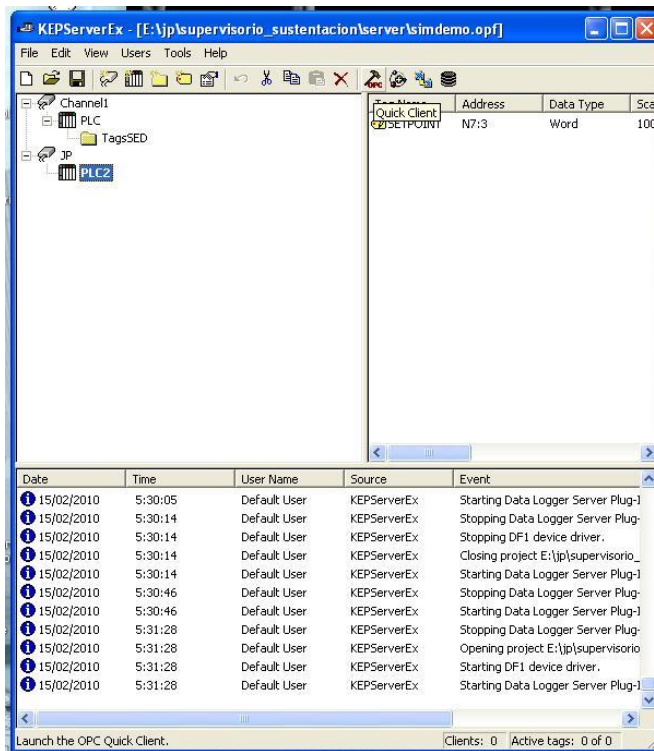
**Figura 124: Ventana del Kep Server**

Dar doble click en add a channel, busque la ruta del archivo para el servidor 2 en el escritorio o en la partición D, la carpeta con el nombre: CONTROL\_DISTRIBUIDO\_REDUNDANTE\_PLANTA\_TANQUES: abrirla, escoger, dar click en el programa: Simdemo.opf y después abrir (ver Figura 125).



**Figura 125: Apertura de archivos**

Debe aparecer una ventana como en la Figura 126, seleccionar y dar click en JP y PLC2 que es el nombre que se ha dado al programa creado, configurado y donde se han configurado las tags de las entradas y salidas del proceso y el PLC primario. Aquí se puede apreciar la tag creada para el servidor 2 del proyecto DCS en redundancia de la planta de tanques interactuantes que es el set point.



**Figura 126: proyecto en el Kep Server**

En la barra de herramientas ubicada en la parte superior de la ventana del proyecto del Kep Server, dar click en Quick Client, luego seleccionar y dar click en JP.PLC2, debe aparecer una ventana como la que se aprecia en la Figura 127, que es el valor (estado) en que se encuentran las variables del proyecto, si está mal hecha la configuración anterior, aparecerán como desconocidos los estados de estas variables, en este caso se ha colocado a propósito en modo running en driver RS232DF1 en RSLinx, por eso aparece como desconocida.

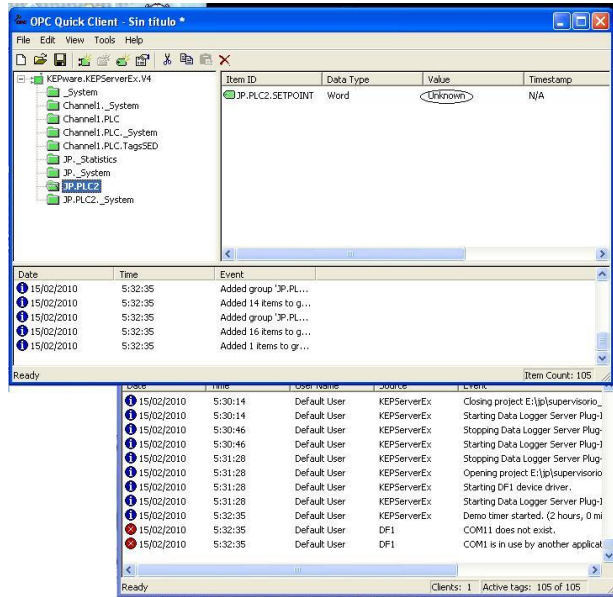


Figura 127: Estados de las variables

Para desactivar el driver RS232DF1 del RSLinx, se localiza la aplicación en la parte inferior de la ventana de Windows como se aprecia en la Figura 128, después se da click derecho y se da click izquierdo en Shutdown RSLinx Clasic (ver Figura 129), a continuación aparece en la ventana del Kep server la tag setpoint con el valor de cero (0) significa que ha sido reconocida.

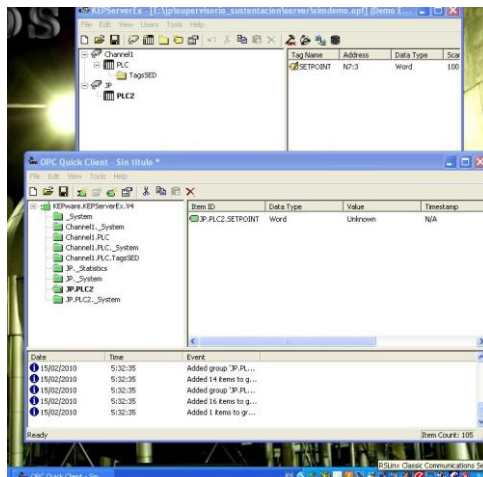
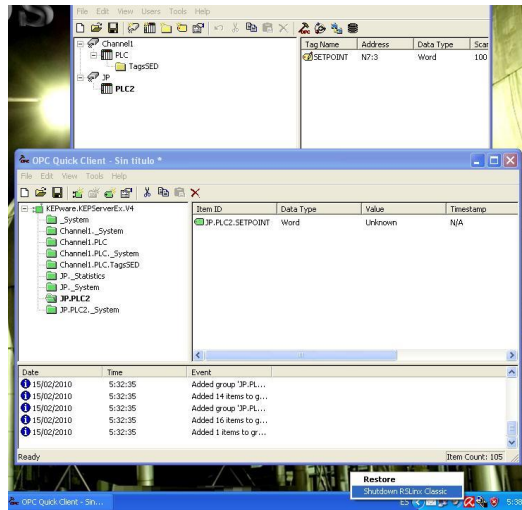
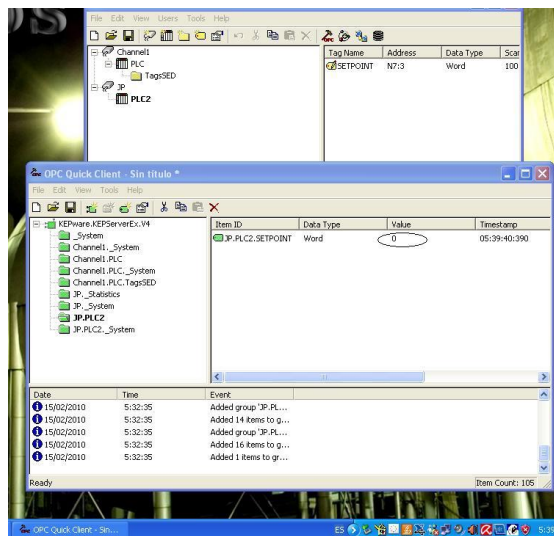


Figura 128: Localización del driver del RSLinx





**Figura 129: Desactivación del RSLinx**



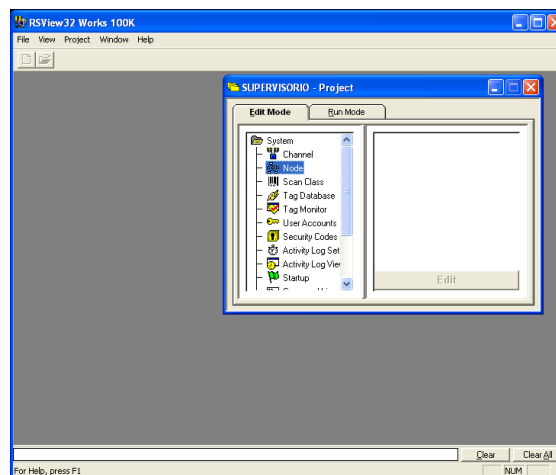
**Figura 130: Reconocimiento de la tag en el Kep server**

Con los pasos anteriores se activa la aplicación para el servidor 2 del proyecto DCS en redundancia para la planta de tanques interactuantes.

### 3.7.3. Sistema supervisor cliente de los servidores OPC

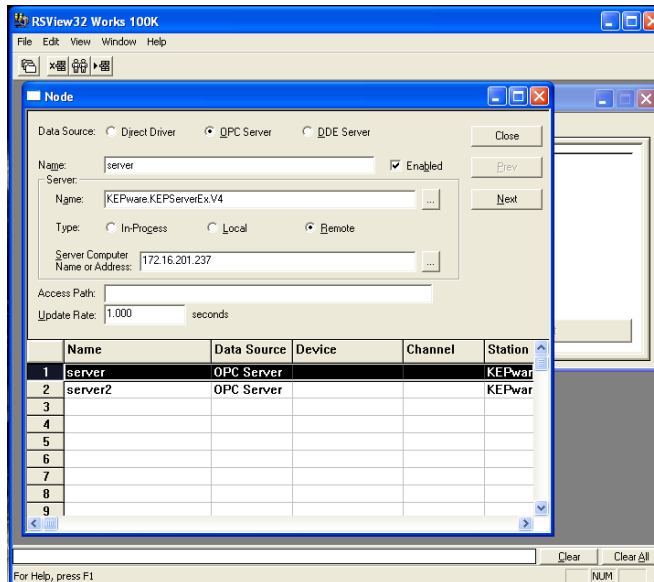
El supervisor se realiza en el software RSVIEW 32, instalado en un computador remoto conectado a la red Ethernet, donde se configura el cliente para tener acceso a los dos servidores OPC antes mencionados, con éste se tiene acceso a: encendido del sistema, la visualización de las variables de proceso, cambio de los valores de consigna del PLC primario y conmutación de la red (PLC auxiliar) para simular una falla, ocasionando el inicio del funcionamiento del módulo PID del controlador secundario y la característica de redundancia.

Cargar la aplicación del supervisor, buscando la ruta el archivo en el escritorio o en la partición D, la carpeta con el nombre: CONTROL\_DISTRIBUIDO\_REDUNDANTE\_PLANTA\_TANQUES: abrirla, escoger y dar doble click en el archivo SUPERVISORIO (ver Figura 131).



**Figura 131: Carga del archivo supervisorio en RSViiew32**

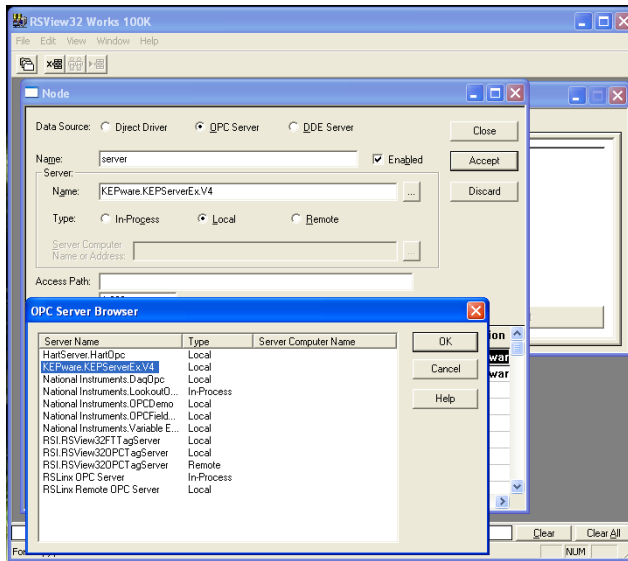
A continuación dar doble click en Node, debe aparecer una ventana como la de la Figura 132 que es donde se configura el sistema OPC Servidor y cliente



**Figura 132: Configuración del servidor 1**

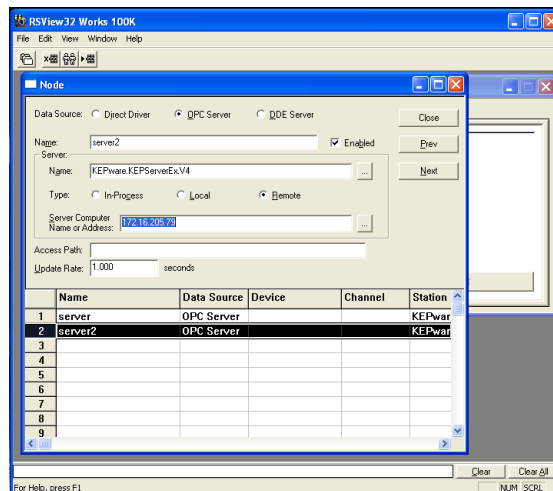
A continuación en esta ventana debe introducirse la siguiente información:

En Data source: OPC Server, en Name se debe asignar un nombre y habilitarlo, en Server Name se debe dar click en ... y seleccionar el programa servidor utilizado, en este caso es el KEPware.KEPSEServerEx.V4 (ver Figura 133), en Server Type se coloca cómo se está accediendo al servidor: local, si el servidor esta en el mismo computador, Remote: si el servidor está ubicado en una estación de acceso a distancia (en este caso en modo remoto), en Server Computer Name or Address se debe colocar la dirección IP desde la que se va a tener acceso al servidor OPC en este caso es 172.16.201.237. Al finalizar la configuración del primer servidor se da click en *Acept*.



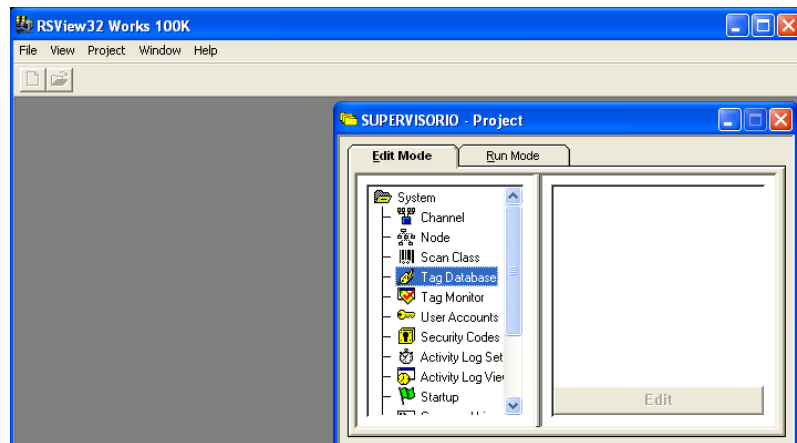
**Figura 133: Selección del programa servidor**

La configuración del segundo servidor se realiza de la misma forma, teniendo en cuenta que el nombre (Server 2) y la dirección IP (172.16.205.79) para este servidor cambian (ver Figura 134).

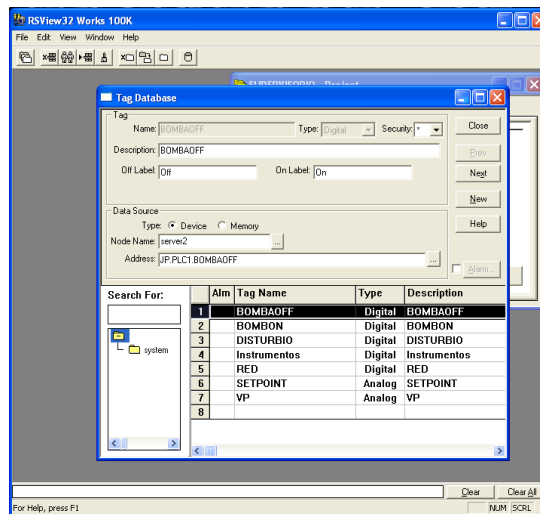


**Figura 134: Configuración del servidor 2**

Cuando se termina de configurar los dos servidores, dar click en Close para cerrar la ventana. Ahora en la herramienta Tag Database dar doble click, aquí se encuentran los nombres que han tomado las variables del proceso, el tipo, el servidor y sus respectivas direcciones (ver figuras 135 y 136).



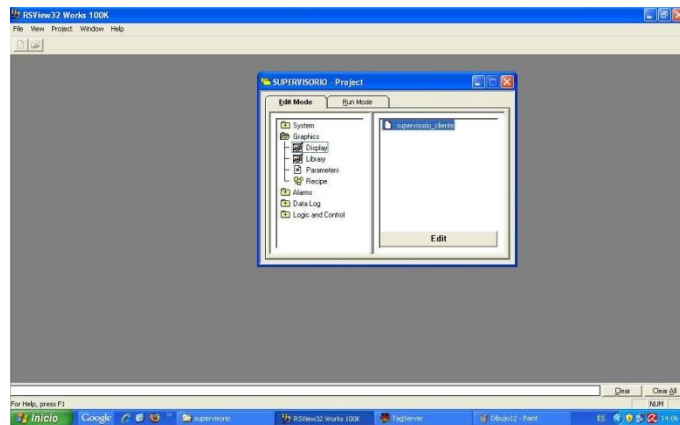
**Figura 135: Variables del proceso**



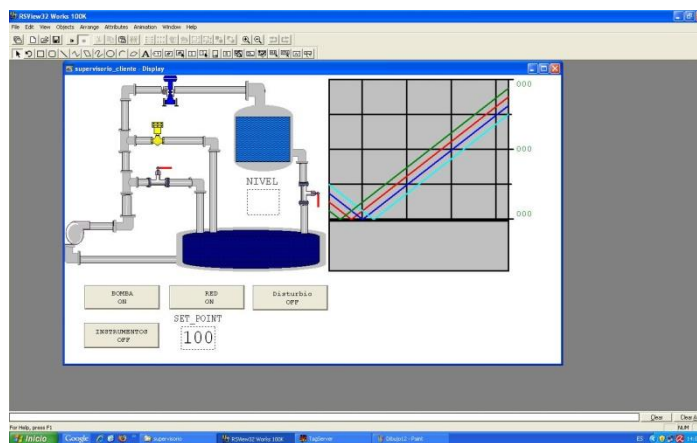
**Figura 136: Descripción de las variables del proceso**



139) y dar doble click en la aplicación supervisorio\_cliente, donde aparece una ventana con la aplicación del supervisor para los dos servidores (ver Figura 140).



**Figura 139: Ventana donde se encuentra el sistema supervisor**



**Figura 140: Visualización del cliente de los dos sistemas supervisorios**

Con el fin de asentar y proporcionar conocimientos en sistemas de control distribuido se realizan las siguientes actividades como complemento a las diferentes secciones vistas anteriormente:

- Para el controlador primario realice la comunicación del PLC con RSlinx utilizando el driver rs-232 DF1, descargue al PLC el programa que se encuentra en la carpeta de control distribuido, dentro de esta abrir la carpeta RSlogix y finalmente abrir el archivo CONTROL\_PID\_REDUNDATE.RSS.
- Inicie el servidor Kepserver abrir en la carpeta de control distribuido, dentro esta se encuentra la carpeta servidores y dar abrir al archivo SERVER1.opf.
- Para el sistema auxiliar (en otro PC), realice la comunicación del PLC con RSlinx utilizando el driver rs-232 DF1, descargue al PLC el programa que se encuentra en la carpeta de control distribuido, dentro de esta abrir la carpeta RSlogix y finalmente abrir el archivo INICIO-DEL-SISTEMA.RSS.
- Inicie el servidor Kepserver desde otro PC diferente a los dos utilizados anteriormente, abrir la carpeta de control distribuido, dentro esta se encuentra la carpeta servidores y dar abrir al archivo SERVER2.opf.
- Inicie la aplicación cliente, abrir la carpeta de control distribuido, luego abra la carpeta supervisorio y de click en el archivo supervisorio\_cliente.
- En la aplicación cliente genere un cambio en el set\_point de 80mm espere a que se establezca la variable de proceso.
- Apague la red mediante el botón (RED) que se encuentra en la aplicación cliente, Espere a que se establezca el proceso.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.



- Nuevamente active el botón (RED) que se encuentra en la aplicación cliente, Espere a que se estabilice el proceso.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.
- Apague la alimentación del PLC donde está corriendo el programa CONTROL\_PID\_REDUNDATE.RSS, espere a que se estabilice el proceso.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.
- Encienda nuevamente el PLC donde está corriendo el programa CONTROL\_PID\_REDUNDATE.RSS, espere a que se estabilice el proceso.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.
- Genere un disturbio en el sistema activando el botón disturbio en la aplicación cliente y el botón de red estado cerrado.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.
- Genere un disturbio en el sistema activando el botón disturbio en la aplicación cliente y el botón de red estado abierto.  
Observe que ocurre con la variable de proceso, explique lo sucedido.

## **CONCLUSIONES.**

Explique

- Cuáles son las ventajas de un sistema de control distribuido.
- Qué beneficios genera la aplicación de redundancia en el proceso de tanques interactuantes.

## REFERENCIAS

- [1] Acedo J. Control Avanzado de Procesos (teoría y práctica). Edition illustrated. Publicado por Ediciones Díaz de Santos. 2003. ISBN 8479785454, 9788479785451. Pág. 138-141.
- [2] Solé Instrumentación Industrial. o Creus. Sexta Edición. Editorial Alfaomega. 1999. ISBN 970-15-0246-9, 958-682-135-8. Pag 570-571.
- [3] Spurgeon E. Balcells J. Romeral, J. Autómatas Programables. Edición Illustrated. Publicado por Marcombo. 1997. ISBN 8426710891, 9788426710895. Pág. 277 y 278.
- [4] "Control de Procesos Industriales. Control Distribuido". (Consultado en Abril de 2009). pp. 26-27. <http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/IT-INF/ctr-eco/Tema4.pdf>.
- [5] Her, M. "Understanding Distributed Processor Systems for Control" Edition illustrated. Publicado por Instrument Society of América. 1999. ISBN 1556176457, 9781556176456. pp. 15.
- [6] "Control de Procesos Industriales. Control Distribuido". (Consultado en Abril de 2009). pp. 26-27.