

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA
EL PROYECTO " MODELO HIDRAULICO CAMARA DE
INTERCONEXION SAN FRANCISCO "**

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRICO

JUAN CARLOS PARRA DAVALOS

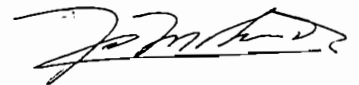
INGENIERO EN ELECTRONICA Y CONTROL

FLAVIO EUGENIO VELECELA CACERES

Quito, Noviembre de 1999

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por el Sr. Juan Carlos Parra D. y el Sr. Flavio Eugenio Velecela C., bajo mi dirección.



Ing. Jorge Molina M
Director de Tesis

DEDICATORIA

A mi querida Madre, por ser la
inspiración de mi vida. A mi esposa
Marita y a mi hija Melannie por su
amor, confianza y apoyo permanente.
A mis hermanos por su invaluable
empuje.

A mis suegros y familiares por su apoyo
incondicional.

Juan Carlos

DEDICATORIA

A mis queridos Padres Julia y Enrique, mis mejores amigos, quienes con su sacrificio y amor han sembrado en mi el espíritu de lucha y superación.

A mis hermanos Edgar y Freddy, que con su confianza y estímulo, caminan conmigo en el sendero de la vida.

Flavio

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional por su labor de fomentar la mejor educación académica del país.

Al Ing. Jorge Molina M., quien con su invalorable y acertada dirección ha hecho posible la culminación del presente Proyecto de Tesis.

Al Ing. Marcelo Hidalgo, que con su apoyo incondicional constituye una parte fundamental en la elaboración del presente trabajo.

A todo el personal del CIERHI por la colaboración desinteresada y la ayuda permanente.

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVO	4
1.3 ALCANCE	5
1.3.1 <i>Configuración de la Estación de Monitoreo y Control</i>	5
1.3.2 <i>Instalación</i>	6
1.3.3 <i>Ensayos y pruebas</i>	6
1.4 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	7
2 CONFIGURACION DE LA ESTACION DE CONTROL	12
2.1 DESCRIPCION OPERATIVA DEL SISTEMA	12
2.2 EQUIPO DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS	15
2.2.1 <i>Configuración y Especificaciones técnicas del PLC utilizado en el proyecto</i>	15
2.3 SOFTWARE PARA LA PROGRAMACION DEL PLC	22
2.4 DIAGRAMA DE FLUJO	24
2.5 PROGRAMA LADDER DEL PROYECTO ACI	30
3 INSTRUMENTACION Y DISPOSITIVOS DE CAMPO	70
3.1 SENSORES DE PRESION DIFERENCIAL	70
3.1.1 <i>Características del sensor de presión diferencial SCX01DNC</i>	74
3.1.2 <i>Acondicionamiento de señal</i>	75
3.1.3 <i>Conexiones eléctricas</i>	77
3.2 SENSORES DE POSICIÓN DE APERTURA DE VALVULAS	81

3.2.1	<i>Elementos del sensor</i>	81
3.2.2	<i>Conexiones eléctricas</i>	83
3.3	ACTUADORES	86
3.3.1	<i>Tipos de Actuadores</i>	89
3.3.2	<i>Electroválvulas utilizadas en el proyecto</i>	92
3.3.3	<i>Conexiones eléctricas</i>	95
4	CONFIGURACION DEL SOFTWARE RSVIEW32 DE LA ESTACION DE SUPERVISION	98
4.1	CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE RSVIEW32	99
4.2	DIAGRAMAS DE FLUJO	101
4.3	CONFIGURACION DE PANTALLAS	105
4.3.1	<i>Pantalla Principal</i>	105
4.3.2	<i>Pantalla "Diagrama General Cámara de Interconexión"</i>	106
4.3.3	<i>Pantalla "Pruebas"</i>	108
4.3.4	<i>Pantalla "Tendencias en tiempo real"</i>	110
4.3.5	<i>Pantalla "Alarmas del Sistema"</i>	110
4.3.6	<i>Pantalla "Estados de los Registros de Enlace"</i>	112
4.3.7	<i>Pantalla "Niveles de Seguridad"</i>	113
4.4	NIVELES DE SEGURIDAD	120
4.5	GENERACION DE REPORTES	124
4.6	CONFIGURACION DE LA COMUNICACION ENTRE LA ESTACION DE MONITOREO Y LA DE CONTROL	128
4.7	CORRESPONDENCIA DE PARAMETROS ENTRE LA ESTACION DE MONITOREO Y LA ESTACION DE CONTROL	135

5	INSTALACIONES Y PRUEBAS	137
5.1	CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS	137
5.1.1	<i>Criterios de diseño</i>	137
5.1.2	<i>Normas y Especificaciones</i>	140
5.2	DIAGRAMAS ELECTRICOS	141
5.2.1	<i>Tablero general</i>	143
5.2.2	<i>Diagrama de alambrado</i>	144
5.3	PRUEBAS Y RESULTADOS	146
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
6.1	CONCLUSIONES	154
6.2	RECOMENDACIONES	159
	BIBLIOGRAFIA	162
	ANEXOS	163

1 INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

Contribuyendo notablemente en el desarrollo del país, la Escuela Politécnica Nacional y la Facultad de Ingeniería Civil con su Laboratorio de Investigaciones Hidráulicas y su Centro de Investigaciones y Estudios en Recursos Hídricos (CIERHI), ha participado en la realización de proyectos de infraestructura hidráulica, tanto en las áreas de investigación a través de la modelación física y matemática, como estudios de consultoría. Especializado en estudios y planificación, hidrología e hidrometría, modelación hidráulica y gestión ambiental de recursos hídricos, el CIERHI realiza entre uno de sus proyectos la modelación hidráulica, física y matemática de la Cámara de Interconexión del Proyecto Hidroeléctrico San Francisco, en mutuo convenio con el desaparecido Instituto Ecuatoriano de

Electrificación (INECEL); cuyas pruebas y resultados se resumen en el informe definitivo entregado al INECEL.

El Proyecto Hidroeléctrico San Francisco, constituye un aprovechamiento del recurso hídrico del río Pastaza con fines de producción de energía eléctrica, con una potencia de generación máxima de 230MW ($MW=10^6$ vatios), ubicado en las estribaciones orientales de la cordillera central provincia del Tungurahua, utiliza los caudales turbinados por la central hidroeléctrica de Agoyán ($120 \text{ m}^3/\text{s}$) al que se añade el caudal captado del río Verde de $9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Como un componente hidráulico del sistema se tiene la Cámara de Interconexión, cuyo objetivo principal es conectar hidráulicamente las centrales de Agoyán y San Francisco, conociendo previamente su comportamiento a través de la modelación hidráulica realizada en el laboratorio de Investigaciones del CIERHI.

Los ensayos del modelo fueron realizados utilizando accionamientos manuales sobre sus actuadores que para esta aplicación son válvulas tipo compuerta y mariposa. Las medidas tomadas se las hicieron utilizando niveles de líquido en tuberías plásticas, aprovechando el fenómeno de vasos comunicantes y llevados a sondas de medición de presiones y niveles

autónomas, complementándose con sistemas electrónicos para su adecuación y registro en papel fotosensible para un posterior procesamiento manual.

En el momento actual y respondiendo a las tendencias tecnológicas modernas, el CIERHI ha visto la conveniencia de plantearse como objetivo la automatización y el acceso a un centro de supervisión y control para los nuevos laboratorios a implementarse; lo que presenta una enorme ventaja desde el punto de vista de administración versátil del sistema, la facilidad para reubicar servicios y la estandarización del uso de equipos y cableado.

Las importantes ventajas y la garantía de su vigencia tecnológica en el tiempo, considerando las necesidades actuales y la proyección futura del CIERHI, se inicia el primer proyecto piloto de automatización del modelo hidráulico “ Cámara de Interconexión Agoyán – San Francisco “

Esta memoria recoge las consideraciones técnicas y descripción detallada que se han requerido para el diseño e implementación del sistema de automatización del modelo hidráulico, y constituye el documento de apoyo básico para la operación y mantenimiento del mismo.

1.2 OBJETIVO

El CIERHI desarrolla múltiples tareas, por lo que sus necesidades de monitoreo, control, adquisición de datos y comunicación deben ser siempre crecientes y cada vez más exigentes en calidad y velocidad. Si bien la tecnología avanza permanentemente ofreciendo nuevas y mejores soluciones, su asimilación e implantación requiere esfuerzos importantes y cambios periódicos que permitan su operación.

El sistema de Control Supervisorio y Adquisición de datos (SCADA) presenta una solución a este problema y por tal razón, el CIERHI ha optado por realizar la implantación de partes de este tipo de sistemas, con el objetivo de dotar a sus instalaciones con la más avanzada tecnología que les permitirá la utilización inmediata de soluciones de alto rendimiento y estar en posibilidades de integrar los desarrollos tecnológicos que ya se vislumbran para el futuro inmediato.

Esta memoria establece las características de un Sistema MMI (Interface Hombre Maquina), aplicación básica de un SCADA y define la ingeniería de detalle del mismo con el objeto de:

- ☞ Diseñar y construir un sistema de supervisión, control y adquisición de datos a utilizarse en el modelo hidráulico de la Cámara de Interconexión del Proyecto San Francisco.
- ☞ Proporcionar una estructura de datos para el procesamiento de las magnitudes involucradas en el sistema en tiempo real.
- ☞ Implementar un sistema que brinde la capacidad para realizar estudios y análisis de modelos, con la posibilidad de realizar lazos de realimentación y ajuste de parámetros de tal forma que se pueda generalizar el marco teórico.

1.3 ALCANCE

El presente trabajo tiene como alcance la implantación básica de un Sistema SCADA que se describe en los siguientes puntos:

1.3.1 Configuración de la Estación de Monitoreo y Control.

Configuración del software de supervisión y monitoreo utilizando el programa RSView32 como una Interface Hombre – Máquina (MMI) a través de la cual se dispondrá del estado de todo el sistema por medio de pantallas gráficas.

Diseño del programa de control para Controladores Lógicos Programables (PLC's) de marca ALLEN BRADLEY, mediante la programación en escalera o de secuencia, utilizando el software RSLogic500, a través del cual se hace la adquisición de datos de los sensores y actualización de entradas / salidas tanto analógicas como digitales de los dispositivos de campo del sistema.

Configuración de la comunicación entre la estación de monitoreo y la de control.

1.3.2 Instalación

Conexión de todos los elementos de campo involucrados: sensores de presión, posición y electroválvulas desde el modelo hacia la estación de control. Conexiones internas del tablero de control tanto para señales (adquisición de datos) como para el control de las válvulas.

1.3.3 Ensayos y pruebas

Realización de pruebas del sistema automatizado, que verifiquen los resultados de las pruebas manuales que constan en el informe definitivo entregado al INECEL; y análisis de las ventajas técnico económicas que puedan obtenerse a través de este tipo de sistemas.

1.4 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.

El sistema MMI instalado en el modelo de Automatización Cámara de Interconexión Agoyán - San Francisco (ACI) dispone de todos los componentes de hardware (estación de monitoreo) y software (RSView32), equipos de control y adquisición de datos.

El sistema MMI esta concebido para proveer todas las ventajas de un sistema de control moderno, basado en los estándares industriales para componentes de hardware y software; logrando además un balance entre potencia y flexibilidad. Maneja una arquitectura de 32 bits, lo cual garantiza una alta velocidad en transferencia de datos.

RSView32 brinda la posibilidad de monitorear la evolución de los procesos en cualquier línea de producción; sirve para incrementar su rendimiento y ejecutar labores de control del sistema en tiempo real.

La Interfaz Hombre – Máquina (MMI) se basa de técnicas gráficas para proveer amplias características de supervisión y control del proyecto ACI; cuya operación brinda facilidad en el manejo y uso.

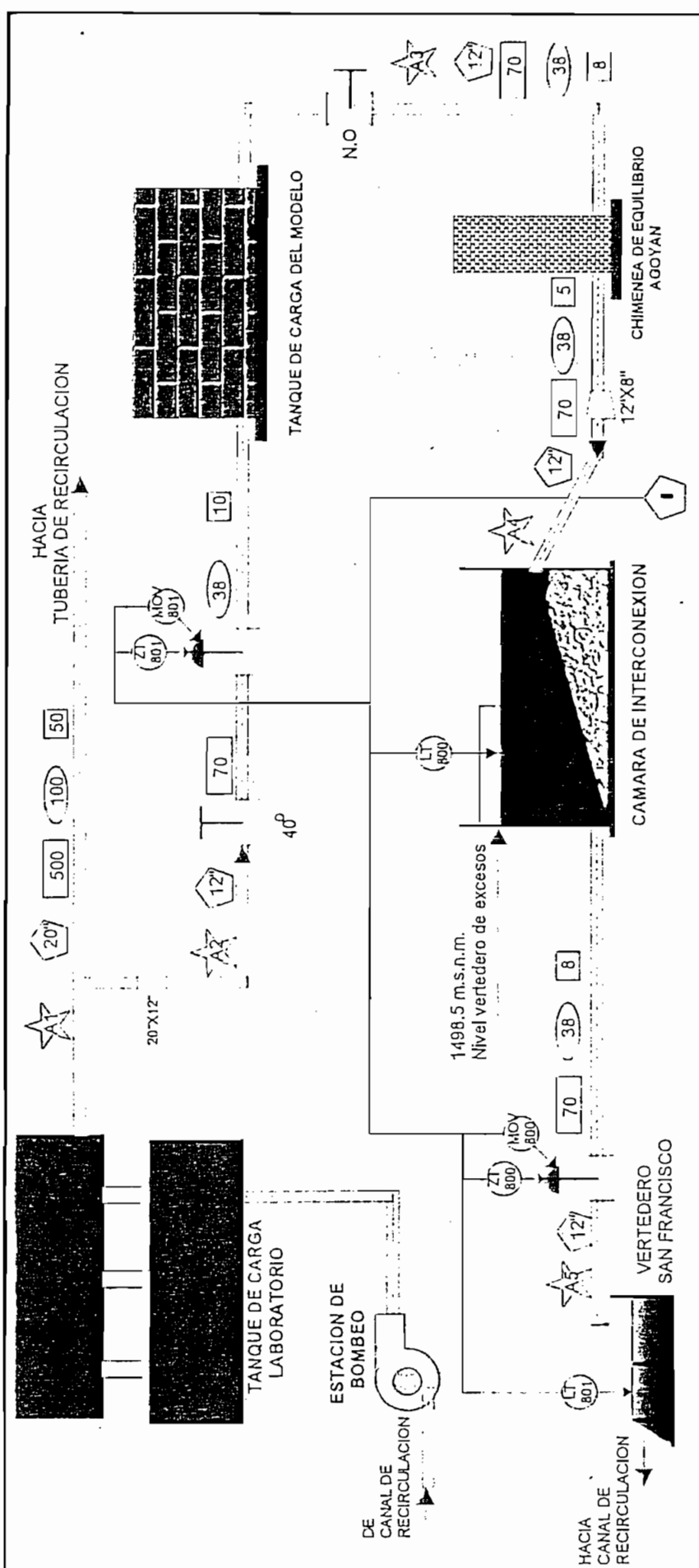
El Sistema de monitoreo y control está desarrollado para Plataforma o Sistema Operativo Windows 95/98/NT, que para el proyecto ACI el computador dispone de Windows 98, en el cual se instala el Software RSView32 para el desarrollo de pantallas gráficas, manejo de base de datos, comunicaciones, tendencias reales e históricas, administración de alarmas, ejecución de eventos y niveles de seguridad para acceso restringido a operadores.

La base de datos de RSView32 (SQL) se enfoca precisamente para las necesidades de un sistema de control en tiempo real, brindando la posibilidad para descargar la base de datos a archivos con formato de Microsoft Excel, para análisis y modificaciones a través de este software. Los datos también pueden ser transferidos a una tercera base de datos relacional como el DDE (Dynamic Data Exchange) para permitir el acceso a otras aplicaciones.

El Operador actúa basándose en la información presentada en la pantalla gráfica, controlando la operación de la ACI por medio del Mouse y el teclado para ingresar valores numéricos.

Diagrama del sistema

Basados en el modelo hidráulico realizado a escala, que servirá para el estudio del comportamiento de la cámara de interconexión del proyecto San Francisco, en el Plano I.1 se presenta el diagrama general de flujo, tuberías e instrumentación del modelo. En el Plano I.2 en cambio, se muestra la distribución de los elementos de campo, control y la comunicación a la estación de monitoreo.



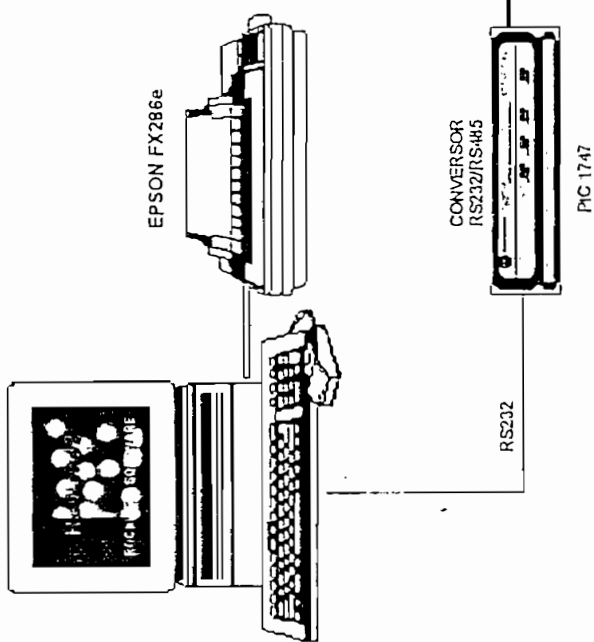
TABLERO DE CONTROL

TESIS DE GRADO JUAN C PARRA FLAVIO VELEGELA		ESCUOLA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	
PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA EL PROYECTO " MODELO HIDRAULICO CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO "			
TITULO: DIAGRAMA GENERAL DE FLUJO, SISTEMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION			
REVISADO:		APROBADO:	
ESCALA: REDUCIDA		FECHA: 19-10-94	
		DIBUJO: F E V C	
		GRABADO: I I	

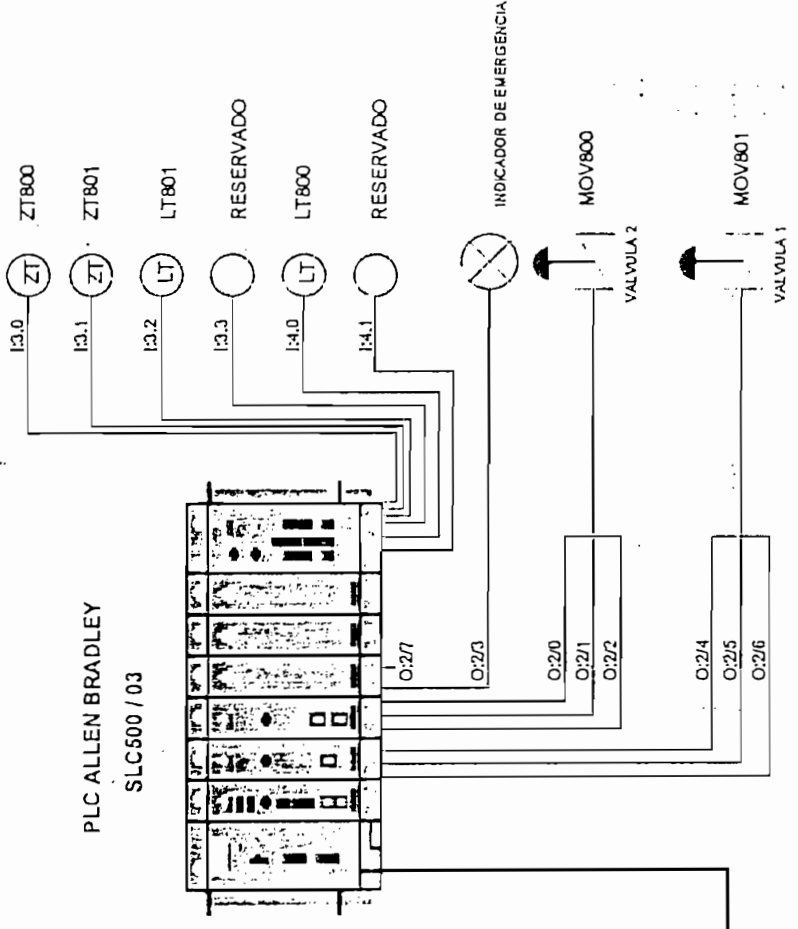
REFERENCIAS:

	REDUCCION CONCENTRICA		TRANSMISOR DE NIVEL
	ACCIONAMIENTO MANUAL		TRANSMISOR DE POSICION
	ACCIONAMIENTO ELECTRICO		NORMALMENTE ABIERTO
	VALVULA MARIPOSA		N.O
	VALVULA DE COMPUERTA		VALVULA CON ACTUADOR ELECTROMECANICO
	VALVULA DE COMPUERTA		TABLERO DE CONTROL

ESTACION
DE SUPERVISION Y CONTROL



PLC ALLEN BRADLEY
SLC500 / 03



TESIS DE GRADO	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		
JUAN C PARRA FLAVIO EVELECELA	PROYECTO	SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA EL PROYECTO " MODELO HIDRAULICO CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO"	
TITULO	DIAGRAMA GENERAL DE CONTROL, ADQUISICION DE DATOS Y COMUNICACION		
REVISADO:	APROBADO:	DIBUJO F. E. V. C.	
ESCALA: 1/1	FECHA: 19-10-99	GRAFICO 1.2	

2 CONFIGURACION DE LA ESTACION DE CONTROL

2.1 DESCRIPCION OPERATIVA DEL SISTEMA

El Controlador Lógico Programable (PLC), como elemento fundamental del sistema, es el encargado de la adquisición de datos y control de las válvulas. Para la medición de las variables físicas se dispone de sensores de presión diferencial, usados indistintamente para medir los valores de caudales y alturas; y de sensores de posición, que se encargan de medir el ángulo de apertura de las válvulas. El control de las electroválvulas se realiza mediante las salidas digitales que energizan los actuadores.

A continuación se describe la operación del sistema:

La operación de arranque o parada del sistema se lo realiza a través de un botón de inicio / paro, en la pantalla gráfica correspondiente.

Al inicializar el sistema, la válvula No. 2 se encuentra en apertura total. El sensor ubicado en el vertedero de descarga toma la medida de la altura, la cual es procesada por el PLC y convertida a unidad de caudal existente en el modelo (Caudal entregado por Agoyán), la que es comparada con el Setpoint de caudal. En función de este resultado, las órdenes de control correspondientes son emitidas, para que las salidas del PLC procedan a activarla válvula No. 1 (cuya condición inicial es totalmente cerrada). Una vez verificado éste paso, se procede a encaminar al sistema a condiciones de altura de operación normal, para lo cual se utiliza la señal del sensor diferencial de altura ubicado en la Cámara de Interconexión, señal que ingresa al PLC para compararse con el valor del "setpoint" de altura de operación, producto de lo cual se realizan las acciones de control sobre la válvula No. 2 hasta llegar a la altura deseada.

Cuando el nivel del sistema está en descenso y llega a una altura de operación menor al valor mínimo aceptable (1494,0 m.s.n.m.), se emite una señal de cierre total de la válvula No. 2; condición del sistema que se denomina "estado de emergencia". Por el contrario, si la altura del tanque excede el valor máximo (1498,5 m.s.n.m.), la diferencia entre el caudal de Agoyán y el caudal de San Francisco, circula a través del

vertedero de excesos. Si el nivel del tanque está entre los límites mínimo y máximo, se procede en estas condiciones a efectuar las pruebas de comportamiento del sistema; o en su defecto, a mantenerlo en un nivel de operación normal definido.

Debido a que las centrales de Agoyán y la proyectada de San Francisco son consideradas **CENTRALES BASES** de entrega de potencia al Sistema Nacional Interconectado, (esto quiere decir que no se realizará control de generación), el nivel de operación normal será lo más cercano al máximo permitido.

Los valores de " setpoint " antes mencionados pueden ser ingresados utilizando una pantalla gráfica en el RSView32 o por medio del programa ladder RSLogic500, los que son guardados en registros internos del PLC.

El sistema puede ser ampliado con estaciones para medir otros niveles de posicionamiento, tales como en el reservorio de alimentación al modelo, otros puntos característicos de la cámara de interconexión, niveles piezométricos en el túnel de carga y mediciones de velocidad en puntos similares a los descritos. Lamentablemente el sistema se ha visto restringido por la indisponibilidad de sensores para estos fines.

Estas limitaciones propias de las disponibilidades del Laboratorio de investigaciones hidráulicas, han limitado también el uso de toda la capacidad del PLC y del software correspondiente. Sin embargo es de señalarse que siendo un sistema piloto de investigación en el campo de la Hidráulica, cumple con creces las metas y objetivos planteados.

2.2 EQUIPO DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS

El equipo para el control y la adquisición de datos para este proyecto, lo constituye un controlador lógico programable (PLC), que incluye los módulos de entradas y salidas analógicas y digitales, necesarios para captar las señales provenientes de los sensores e interpretarlas; y emitir las señales de salida hacia los actuadores.

2.2.1 Configuración y Especificaciones técnicas del PLC utilizado en el proyecto.

La configuración del PLC esta basada en equipos y componentes de marca ALLEN BRADLEY, cuyas especificaciones técnicas se describen mas adelante.

En la figura N° 2.1 se muestra la configuración del PLC.



Figura 2.1

CONTROLADOR MODULAR ALLEN BRADLEY SLC 5/03

El controlador modular SLC500 ofrece flexibilidad en la configuración del sistema, alto poder de procesamiento y amplia capacidad de módulos de entrada/salida de datos. Seleccionando adecuadamente los módulos constitutivos de este tipo de PLC, se puede diseñar un controlador específico para una determinada aplicación, que para el caso del proyecto ACI es el controlador SLC5/03 que posee las siguientes características:

- Unidad de procesamiento central: 5/03
- Tipo de chasis: 1446-A10 modular

- Fuente de alimentación: P2, con alimentación a 110 Vac, conexión a tierra y protecciones incluidas:
- Opciones de comunicación: DH – 485 / RS – 232.

En el siguiente cuadro, se indica las especificaciones técnicas del controlador SLC 5/03.

ESPECIFICACION	SLC5/03
Memoria de programa	12K de instrucciones y 4K de palabras de datos
Capacidad de I/O	960 discretos
Scan Time típico	1ms / K
Ejecución de XIC	0.44 us
Programación	APS / RSLogic500
Comunicación	DH485 y RS232
Consumo a 5Vdc	500mA
Instrucción PID	Disponible
Instrucción de tiempo STI	Seleccionable

Tabla II.1 Características principales del SLC 5/03

MODULOS DE ENTRADA / SALIDA

Es la parte que adapta las señales lógicas provenientes de la CPU en señales compatibles con el proceso y viceversa. Los módulos de entrada/salida pueden ser:

- Discretos o digitales: son usados con elementos de control ON – OFF tales como pulsantes, finales de carrera o contactos de salida de cualquier sensor como entradas. Para el caso de salidas como actuadores, contactores, relés, electroválvulas, etc. Se dispone típicamente de módulos de 4, 8 o 16 (E/S).
- Analógicos: convierten las señales de voltaje o corriente provenientes de procesos continuos, en un valor numérico reconocido por la CPU. Los módulos analógicos poseen una resolución de 8 hasta 16 bits.

Módulos analógicos (1746-NI4 / 1746-NIO4I)

El modulo analógico NIO4I provee dos canales de entradas analógicos y 2 canales de salidas analógicos en el mismo modulo y el modulo NI4 posee 4 canales de entrada analógicos. En ambos módulos cada canal de entrada puede ser seleccionado por el usuario para voltaje o corriente, mientras que los canales de salida del NIO4I son únicamente seleccionables para corriente.

Las entradas analógicas tienen una resolución de 16 Bits, con rango de voltaje de -10 V a $+10\text{ V}$ o una resolución de 15 bits para un rango de corriente de -20 mA a $+20\text{ mA}$. Las salidas analógicas por corriente del

módulo combinado tienen una resolución de 14 Bits, rango de 0 a +20mA.

Los módulos analógicos de entrada poseen pequeños interruptores mediante los cuales se configuran los canales de entrada ya sea por voltaje o por corriente. Estos interruptores están colocados sobre la propia tarjeta del módulo y etiquetados "1" y "2", para controlar el modo de funcionamiento de los canales de entrada. El interruptor en la posición "ON" configura el canal para una entrada por corriente mientras que en la posición "OFF" lo configura para una entrada por voltaje.

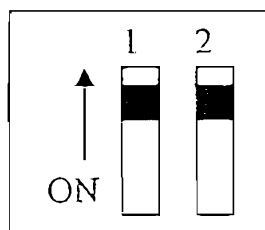


Figura 2.2 Interruptores para configuración de módulos analógicos

Módulos digitales (1746 - IA8 / 1746 - OW8)

El módulo digital 1746 - IA8 posee 8 canales de entrada, a 115Vac o 24Vdc, que admiten entradas ON - OFF de los elementos de campo,

con un punto común para el neutro si los elementos están activados a voltaje alterno; o negativo si los elementos están alimentados con voltaje continuo.

El módulo 1746 - OW8 de salidas por relés, posee dos grupos de 4 relés cada uno, con dos puntos comunes de conexión. El accionamiento se lo puede efectuar simultáneamente a los ocho relés por medio de la activación del byte correspondiente o individualmente cada salida por medio un bit.

COMUNICACION

RED DH-485

Esta red fue diseñada para usuarios con necesidades no muy sofisticadas, que permite transferencia de información entre varios dispositivos de una planta o proceso. La red monitorea los parámetros y estado de un proceso, los estados y parámetros de dispositivos y soporta programas de aplicación para la adquisición y monitoreo de datos, programación, supervisión y control de procesos, etc.

Características:

- Interconexión de hasta 32 dispositivos.
- Capacidad multi-master, es decir, existe la posibilidad de disponer de más de un dispositivo trabajando en condición de maestro, para indicar la condición de la comunicación.
- Control de acceso token – passing, programa que permite la transmisión de datos entre los diferentes nodos de la red, habilitando al nodo apto para la comunicación, el cual emite paquetes de información.
- Habilidad de añadir o remover nodos en la red sin romperla.
- Velocidades de transmisión hasta 19200 baudios
- Longitud máxima 4000pies (1219m)

Para acceder a los datos del proceso, en la transmisión de datos se utiliza la interface 1747 PIC de Allen Bradley, como elemento conversor entre los protocolos RS232(PC) / RS485 (PLC).

;

2.3 SOFTWARE PARA LA PROGRAMACION DEL PLC.

Como dispositivo de programación se utiliza el mismo computador, que sirve de estación de supervisión y monitoreo; al cual se le ha cargado el software RSLogix 500, como herramienta fundamental de programación del PLC Allen Bradley

El RSLogix 500 es un programa desarrollado por la Rockwell Software, basa su funcionamiento en el sistema operativo Windows 95/NT y una arquitectura de 32 bits. Este Paquete de programación en lógica ladder para procesadores de la serie SLC500 y MicroLogix de Allen Bradley, provee entre otras las siguientes bondades:

- Un editor "ladder" que permite concentrarse en la aplicación lógica en forma libre, sin preocuparse de la sintaxis del programa.
- Un sistema dinámico para la detección y corrección de errores de edición.
- Facilita la edición del proyecto con simples instrucciones de mover y soltar, copiar y pegar, lo que permite en forma rápida mover una tabla de elementos de un archivo a otro, escalones de una subrutina a otro proyecto, instrucciones de programa de un escalón a otra, etc.

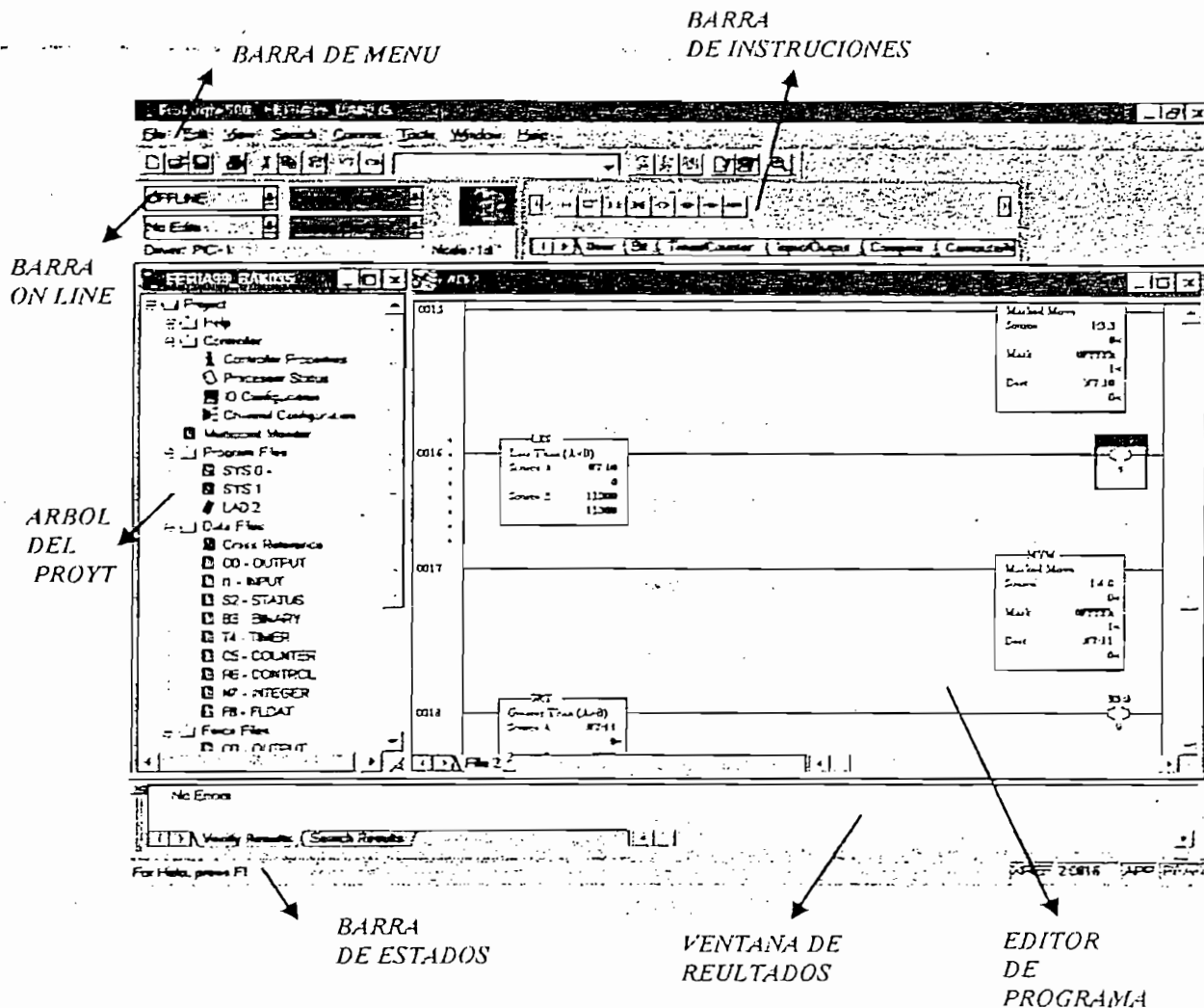


Figura 2.3 Pantalla de trabajo del Software RSLogix500.

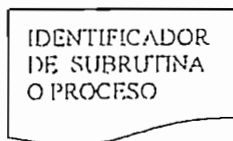
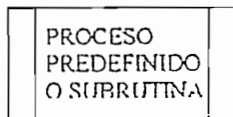
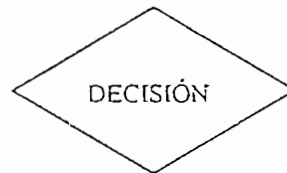
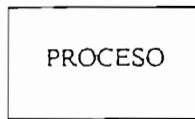
- Posee una pantalla ramificada que brinda la posibilidad de tener acceso a folders y archivos del proyecto desarrollado.
- Ofrece varias opciones para búsqueda y remplazo.

- Funcionalidad de tendencias e histogramas para el monitoreo y la visualización de datos del proceso.

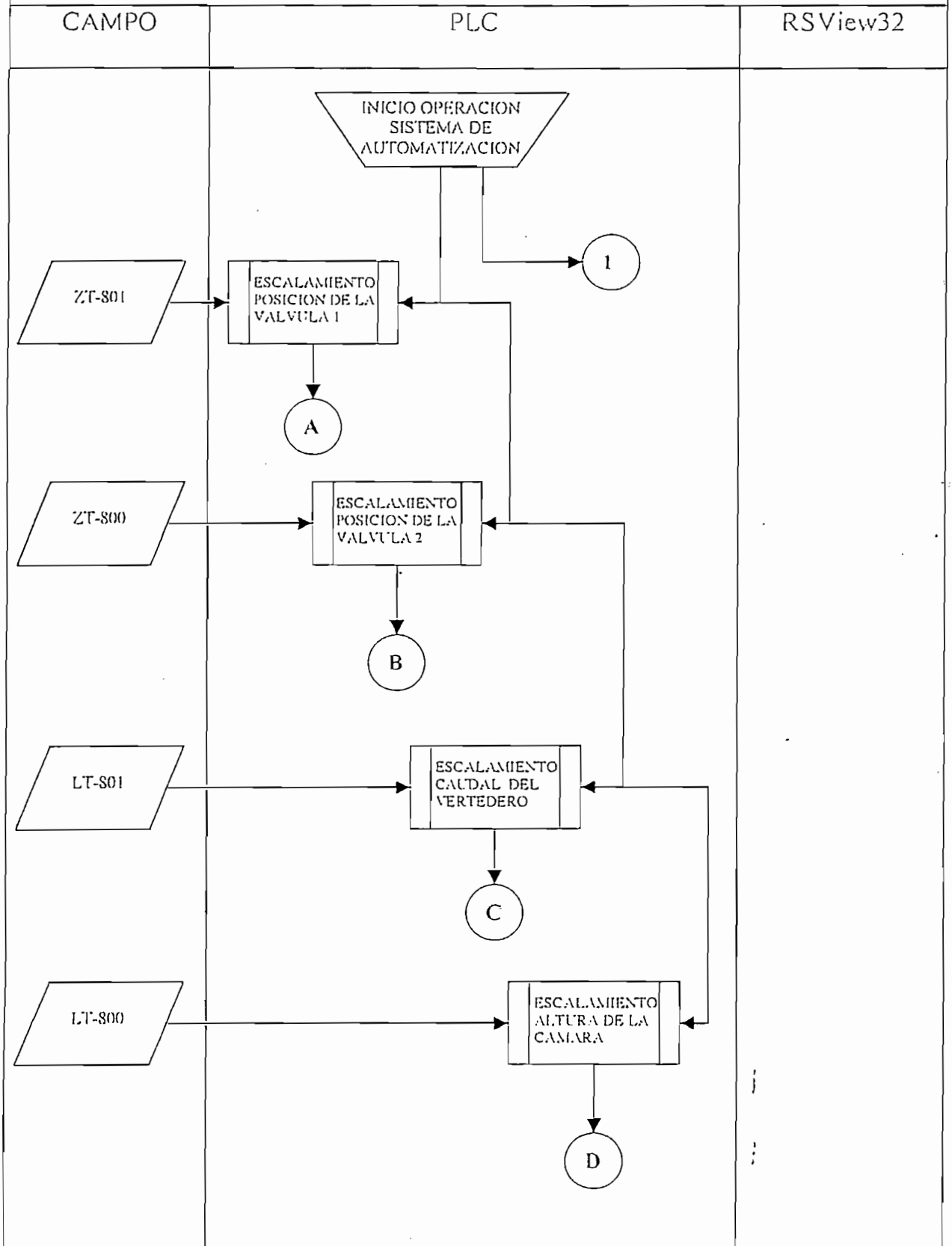
2.4 DIAGRAMA DE FLUJO

Los diagramas de flujo que se exponen a continuación resumen de una manera sucinta las operaciones que se realizan en el PLC y los enlaces de datos con el software RSView32 y los dispositivos de campo, constituyen una ayuda importante para la implantación, operación y mantenimiento del sistema.

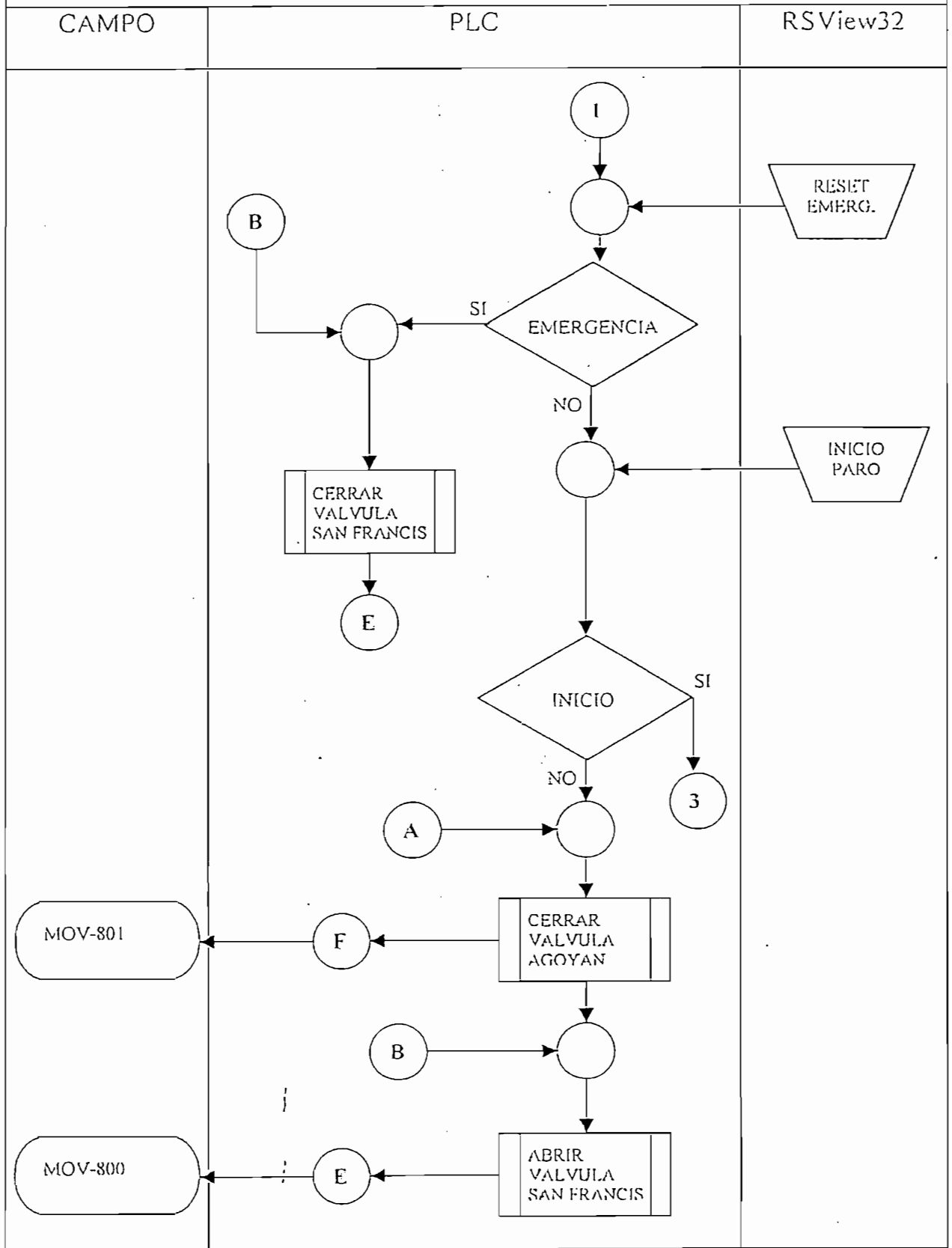
SIMBOLOGIA

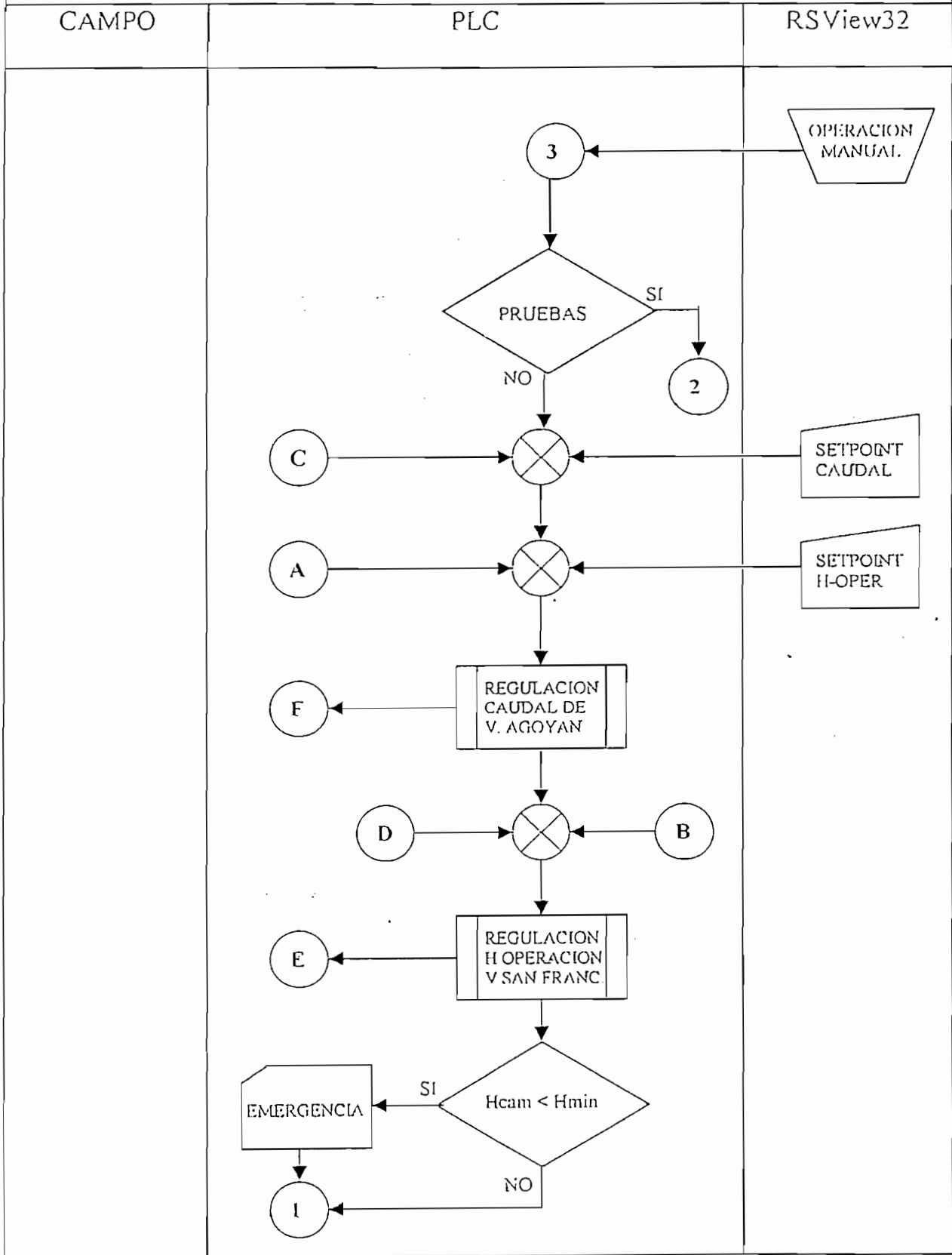


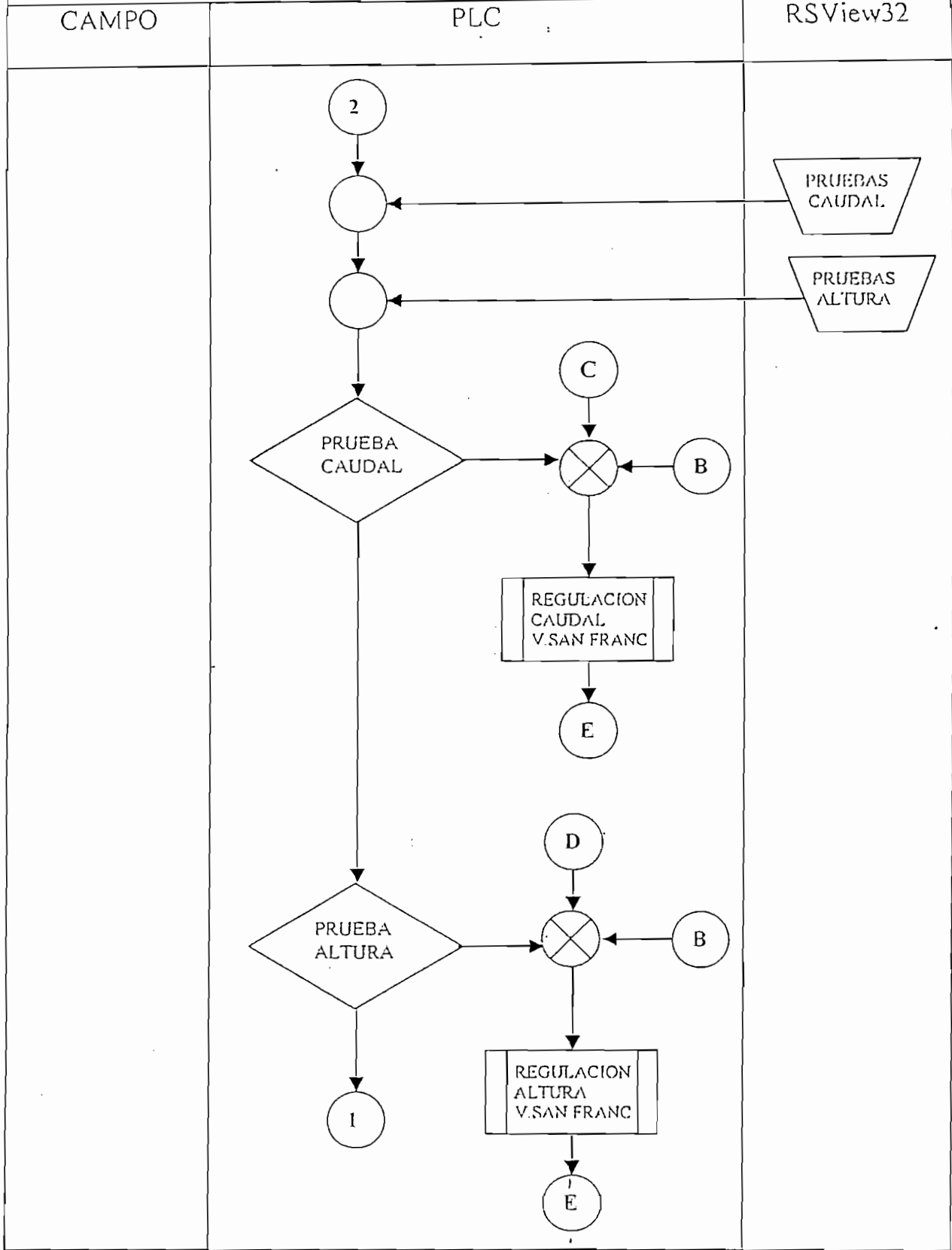
AUTOMATIZACION PROYECTO ACI - OPERACION NORMAL



AUTOMATIZACION PROYECTO ACI - OPERACION NORMAL







2.5 PROGRAMA LADDER DEL PROYECTO ACI

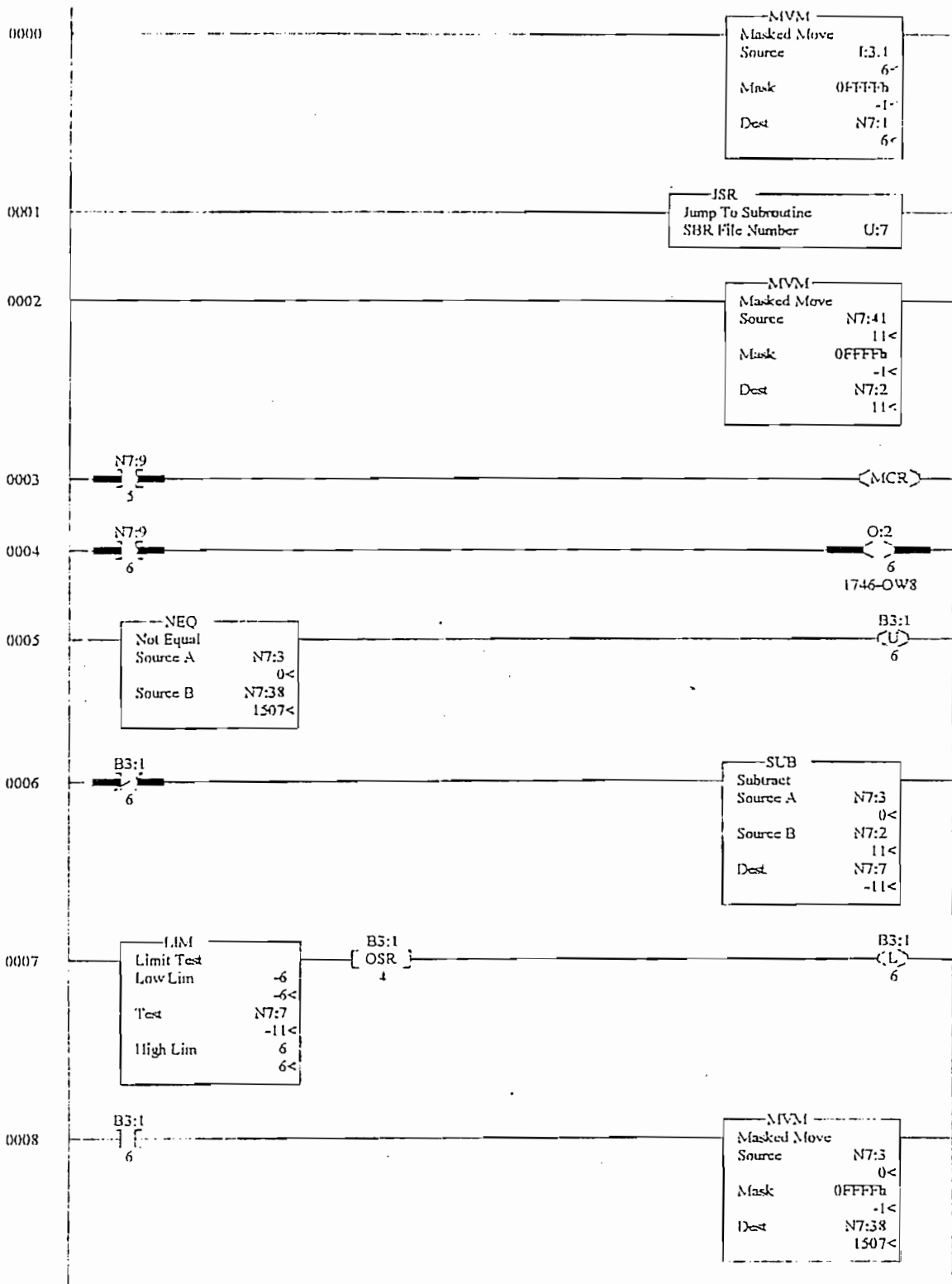
El programa implementado para el control del modelo en el Controlador Lógico Programable consta de un programa principal y quince subrutinas que facilitan el procesamiento y manipulación de datos entre los elementos de campo y la estación de supervisión.

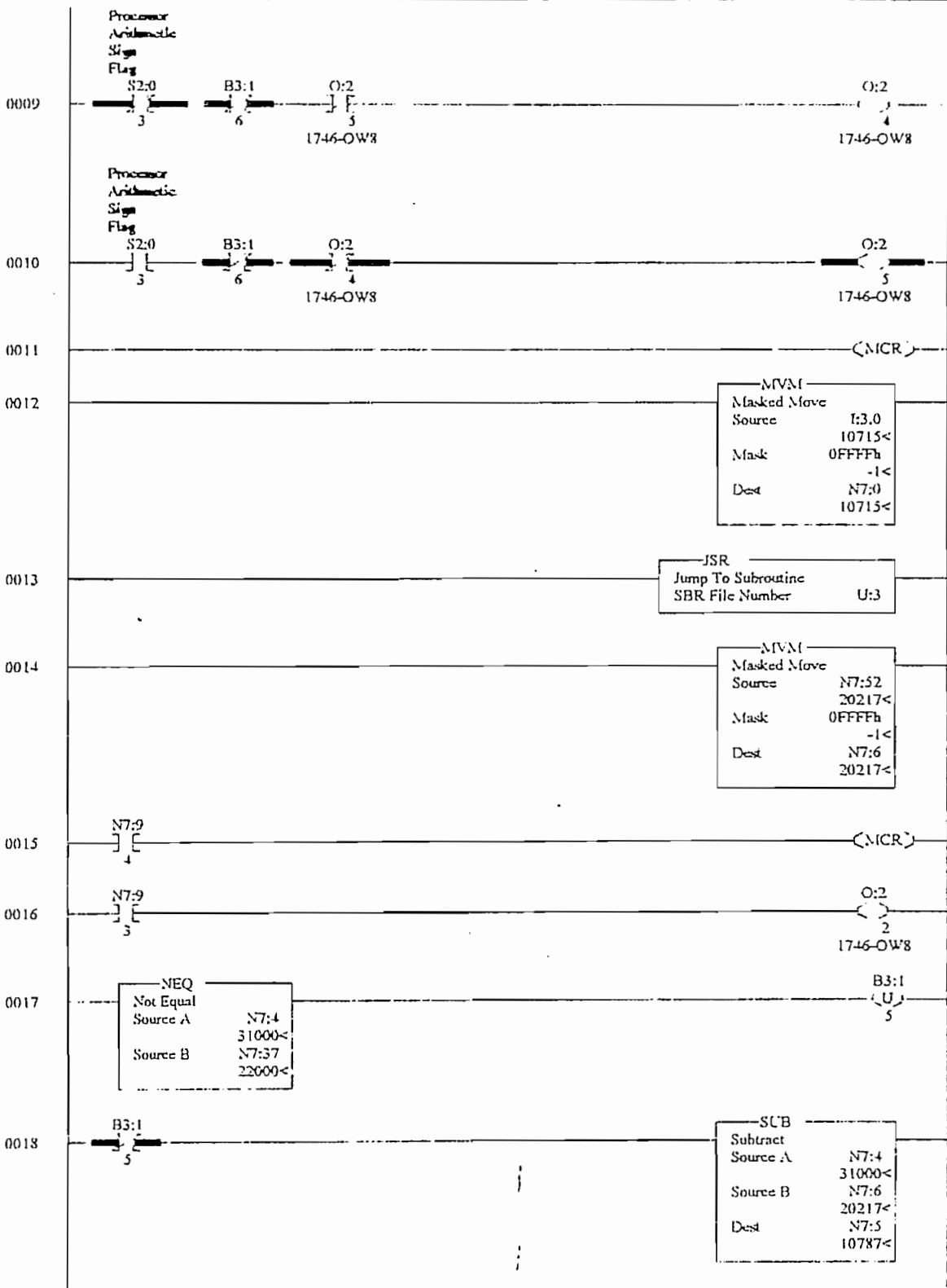
A continuación se muestra el programa realizado en lenguaje Ladder, el que se encuentra grabado en la memoria del PLC.

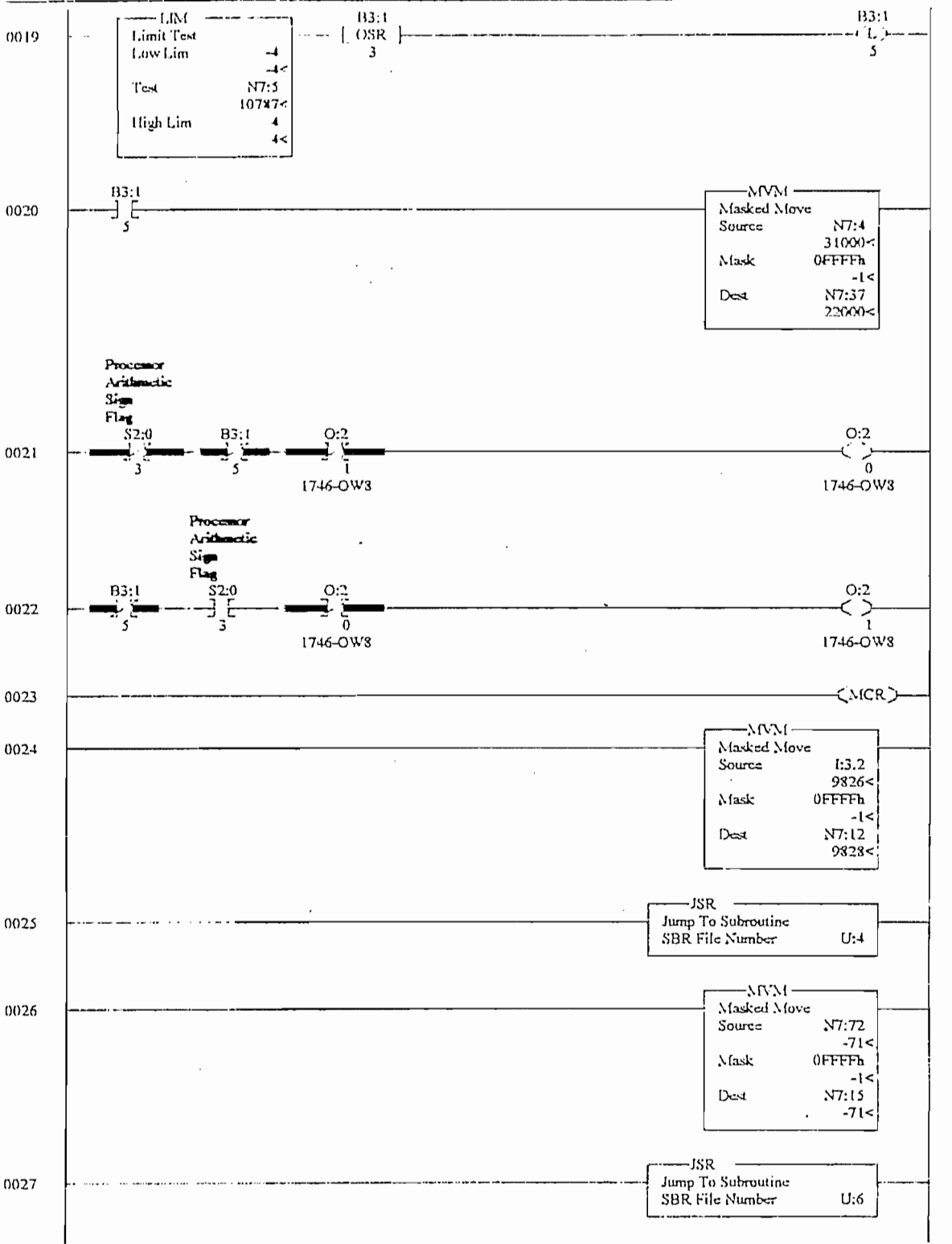
;

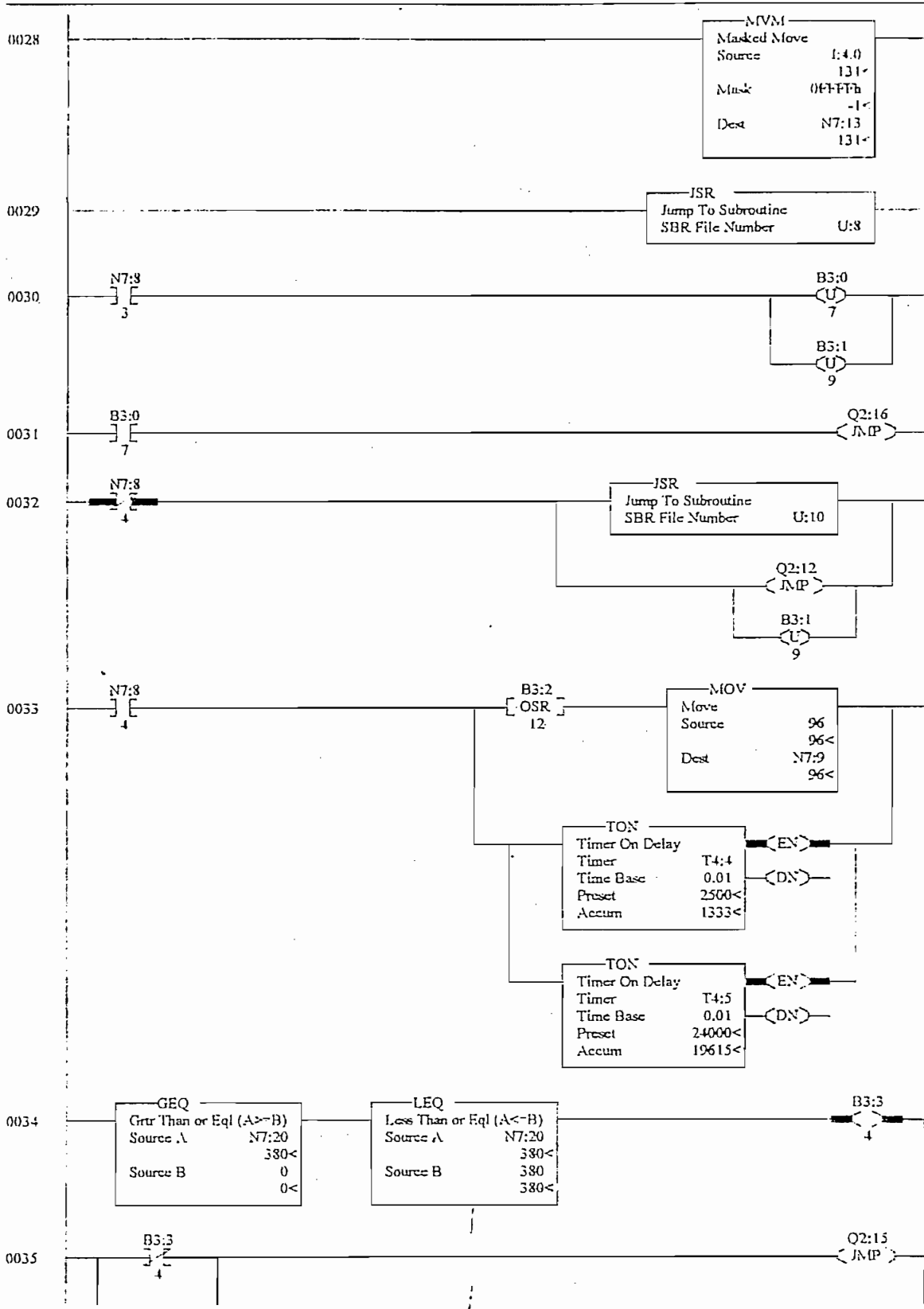
RSLogix500 Project Report

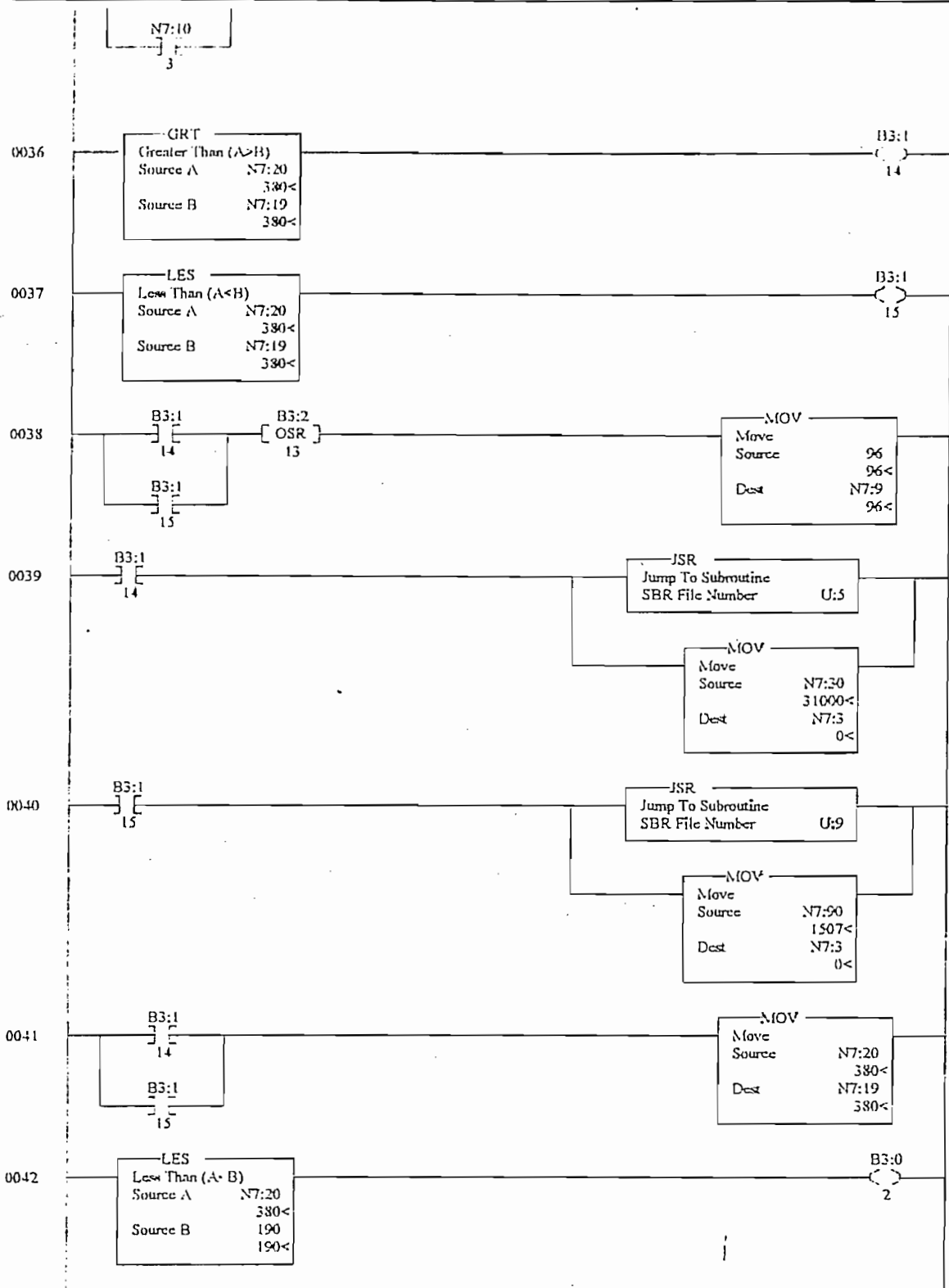


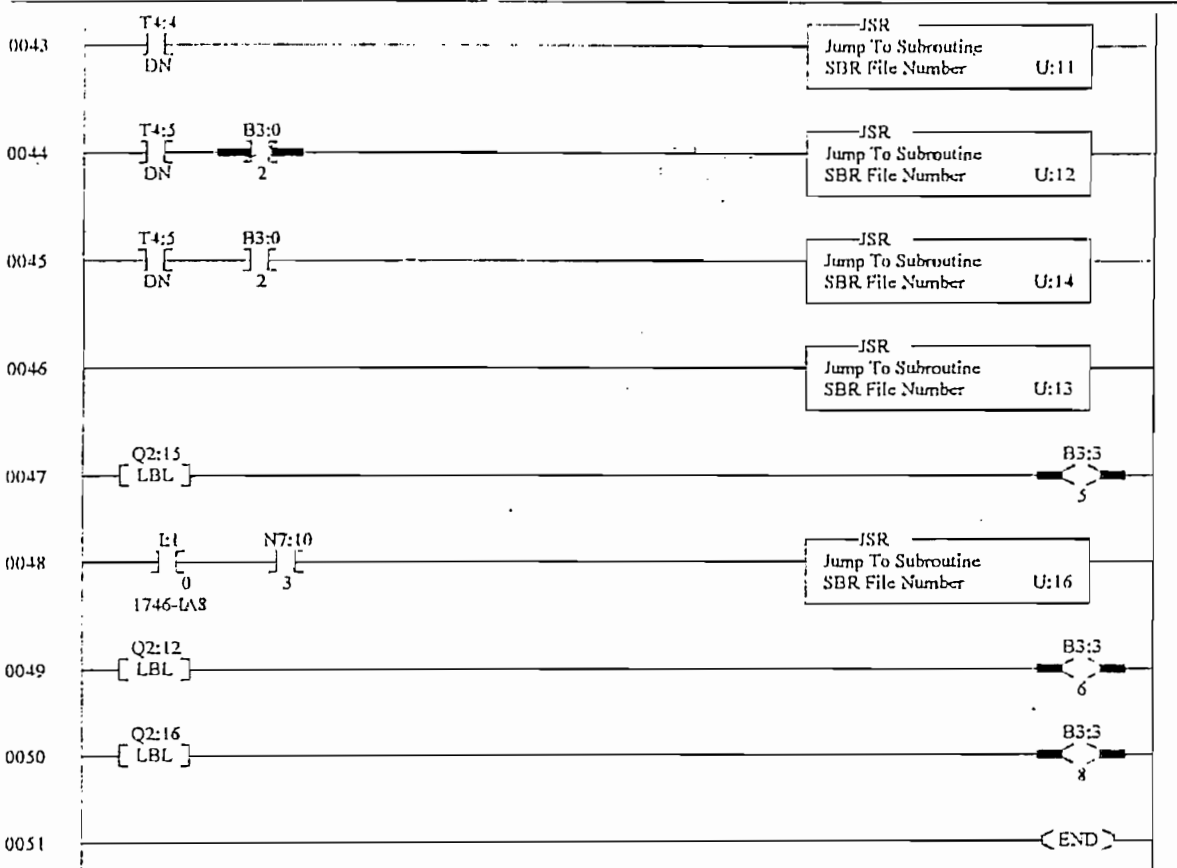


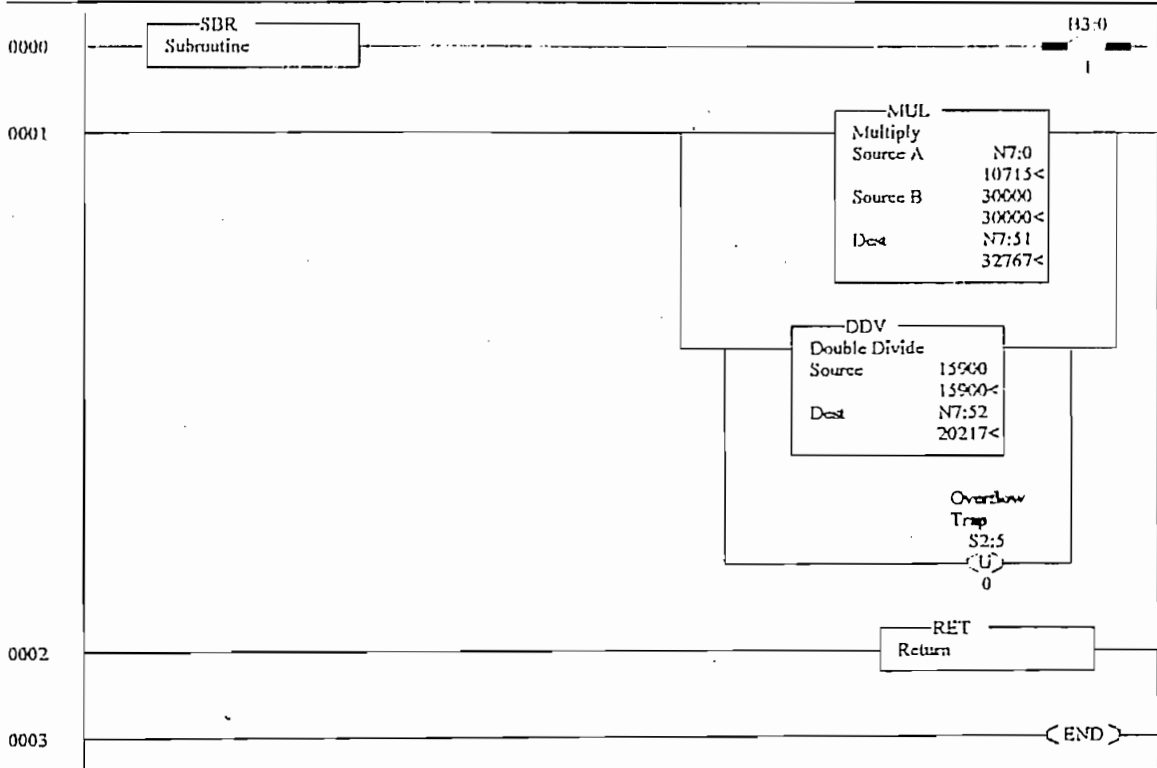


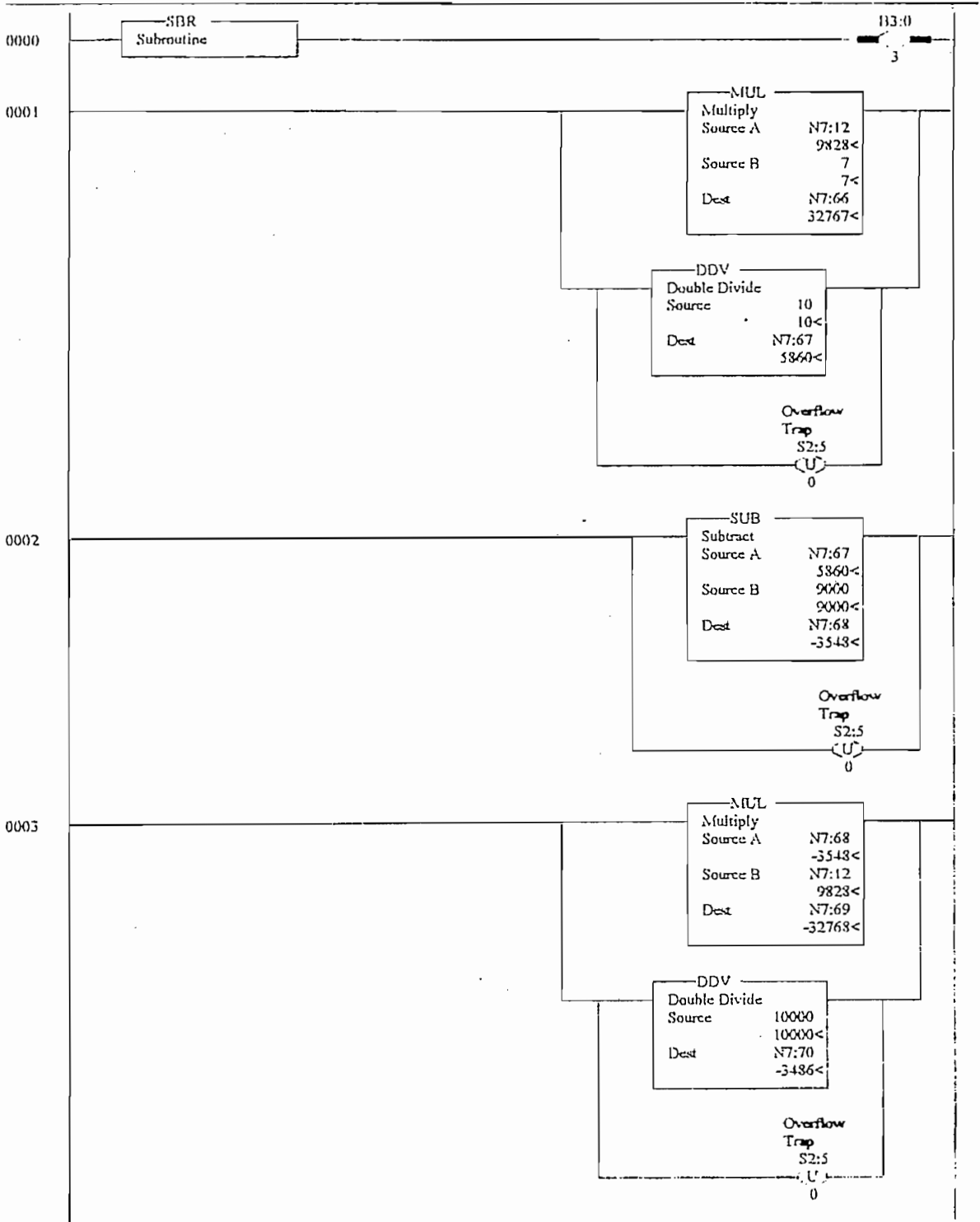


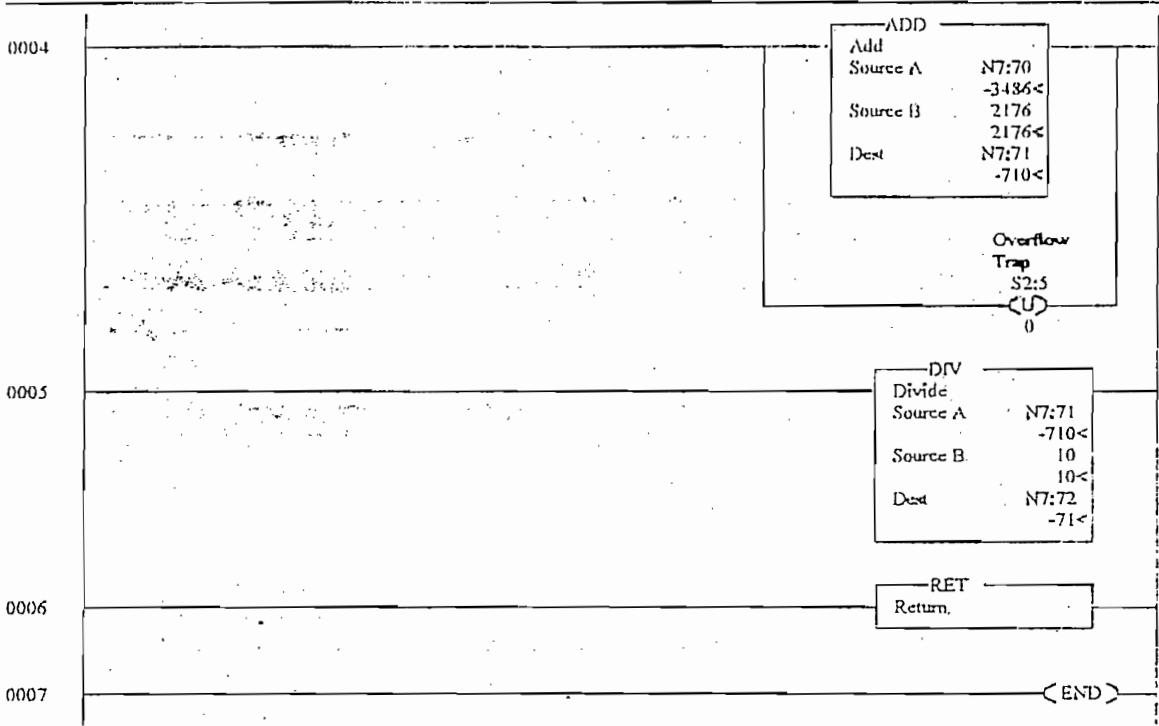


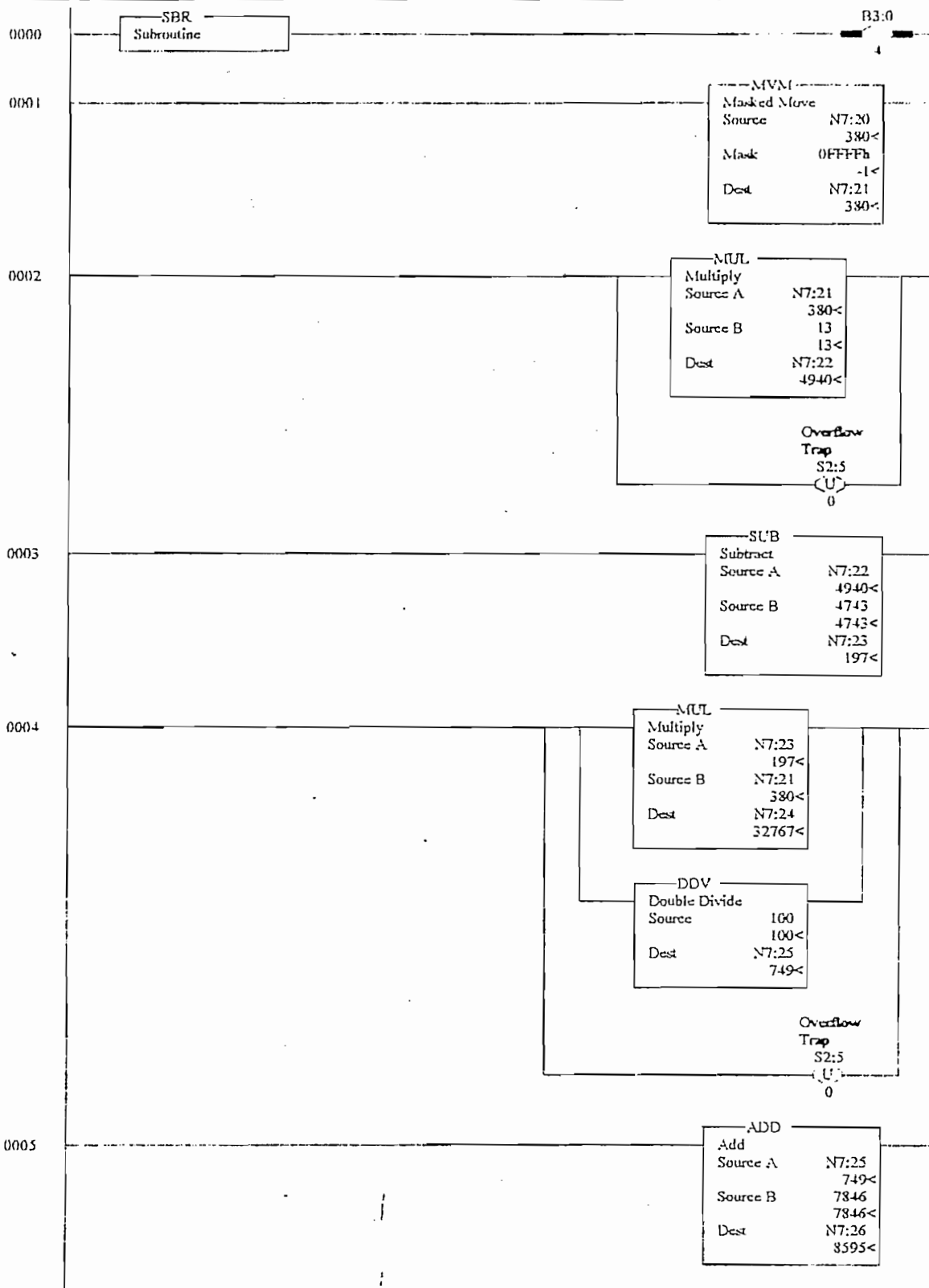


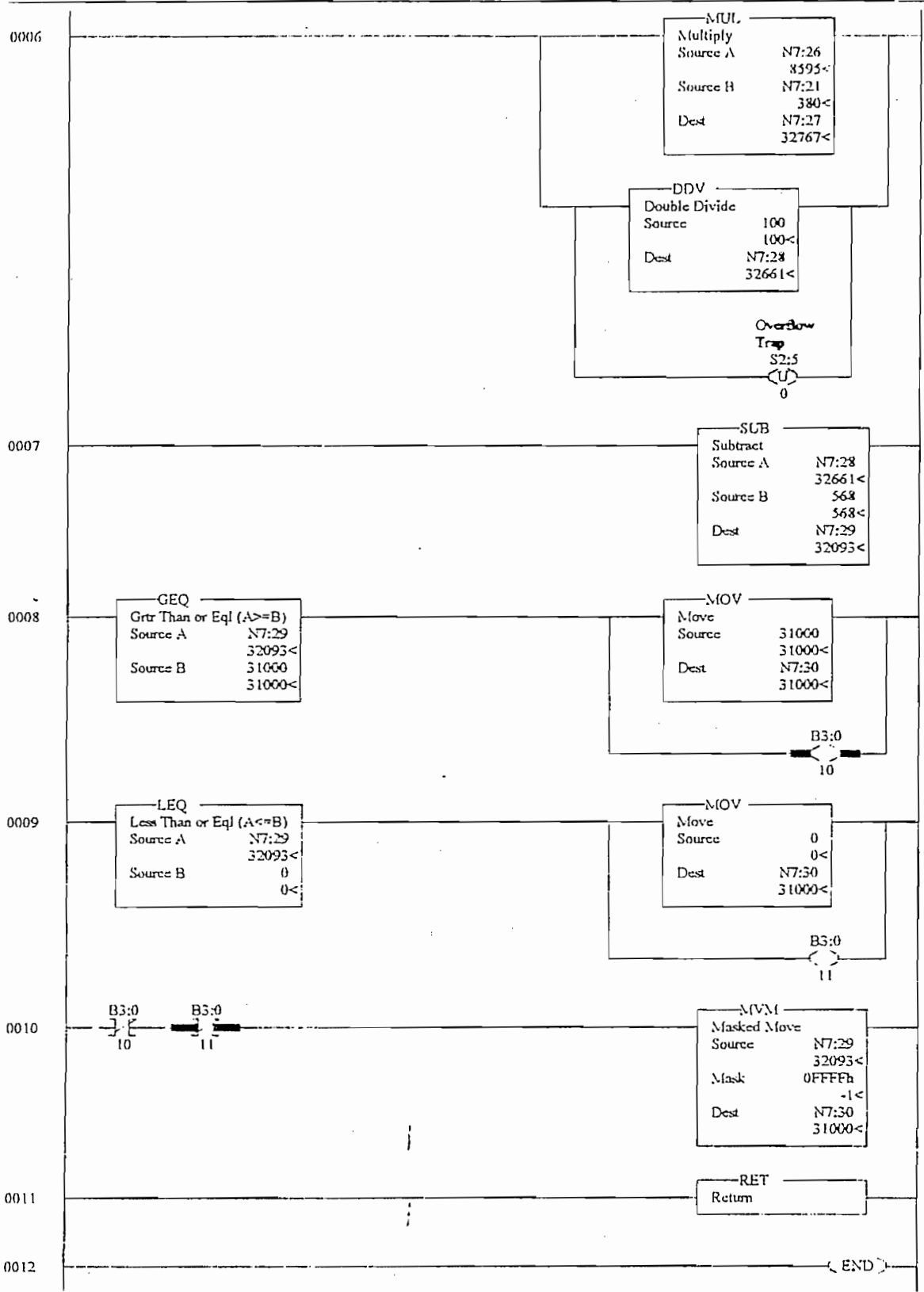


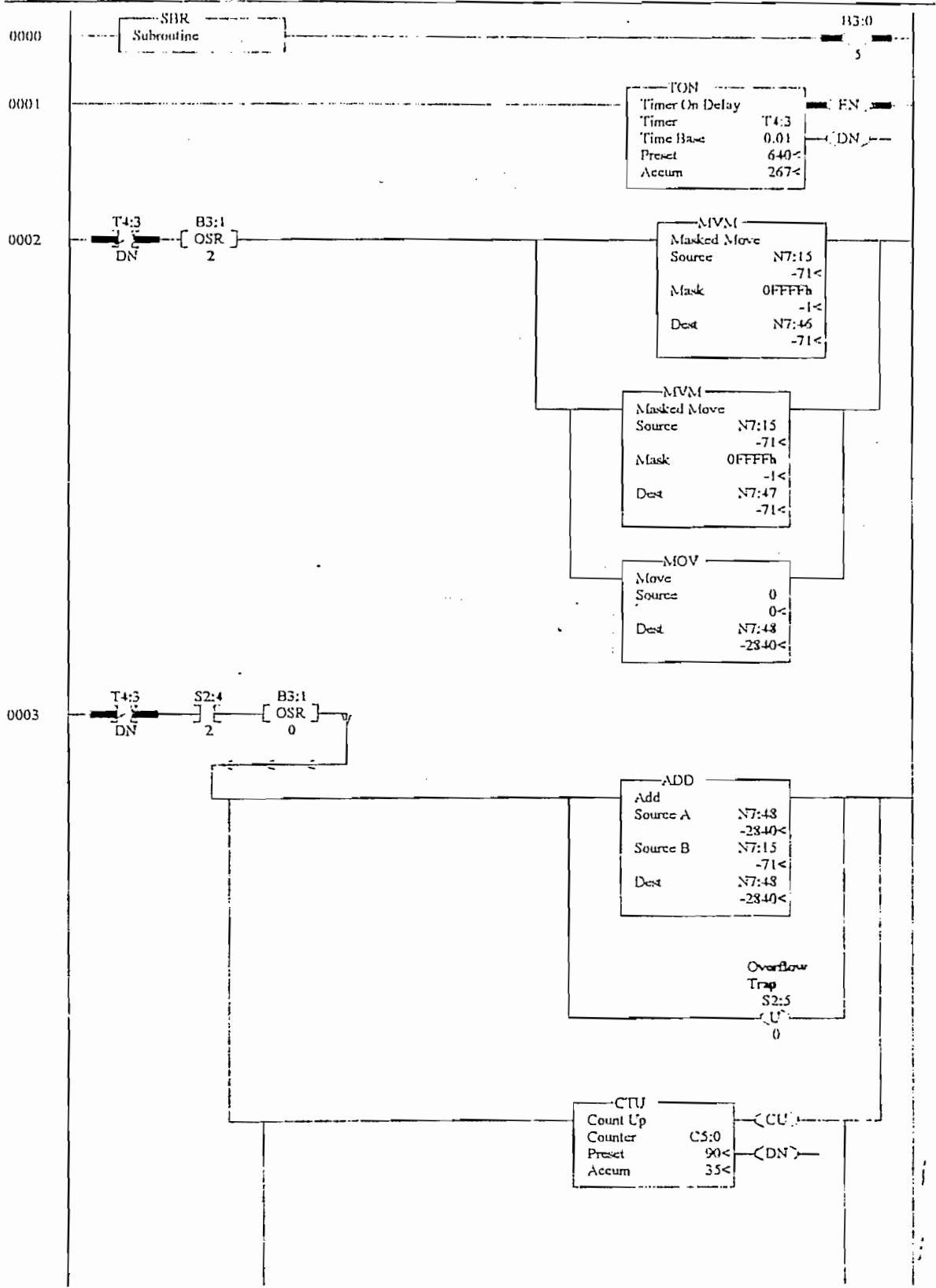


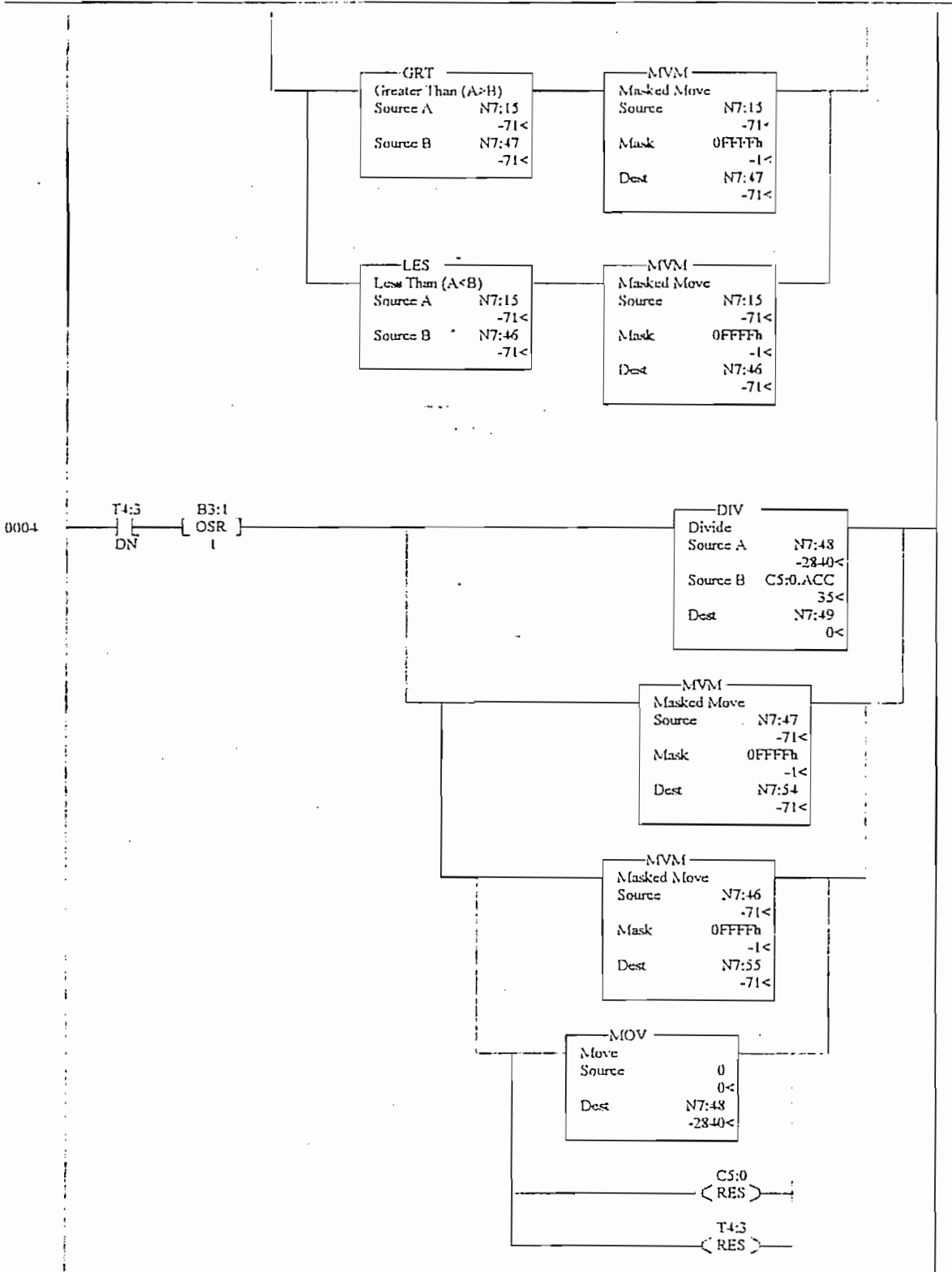


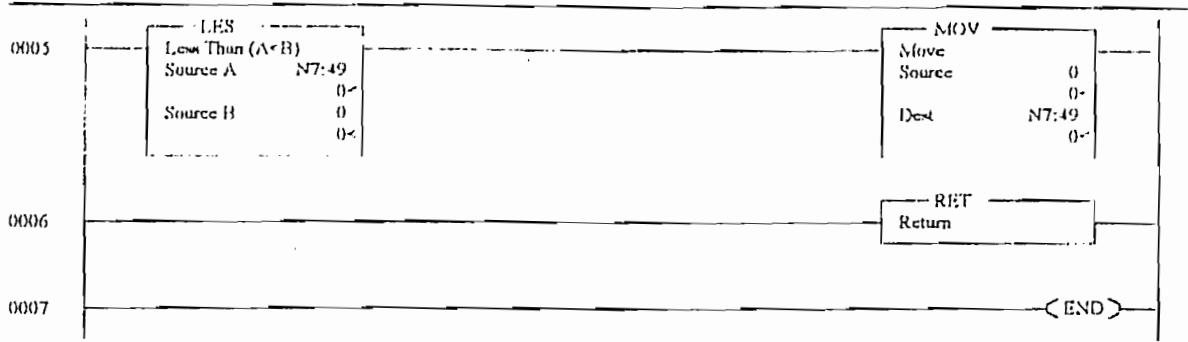


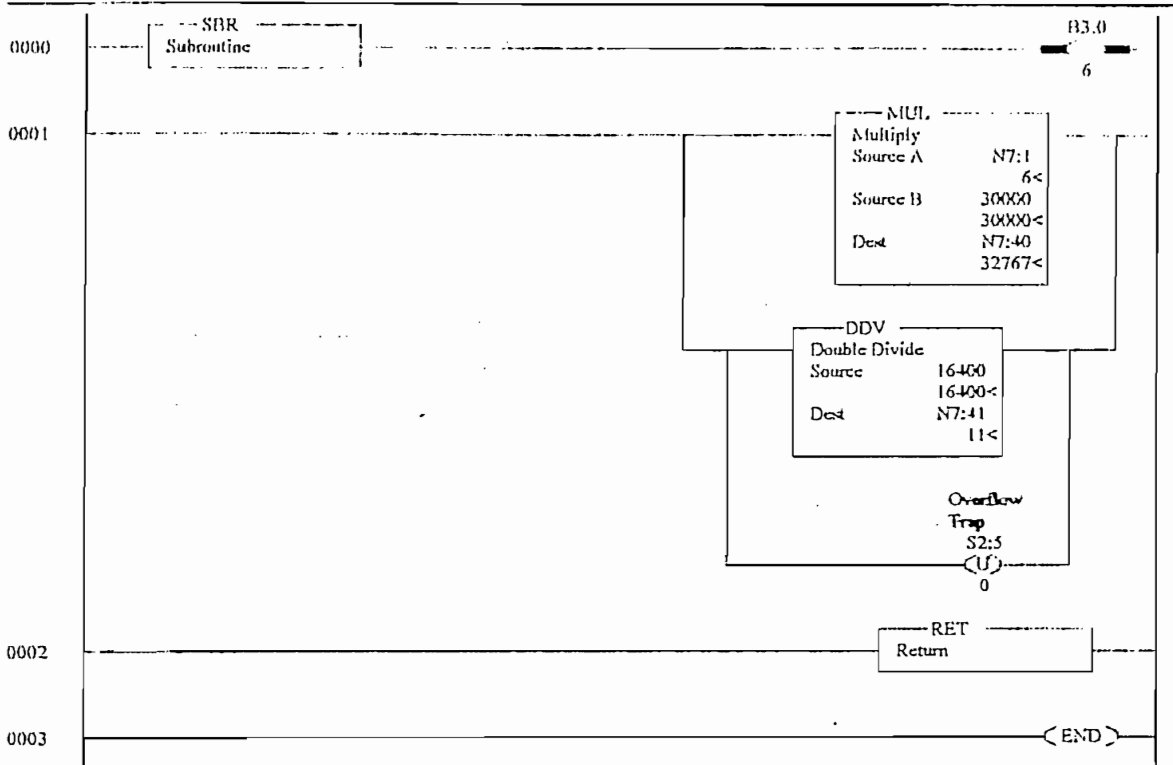


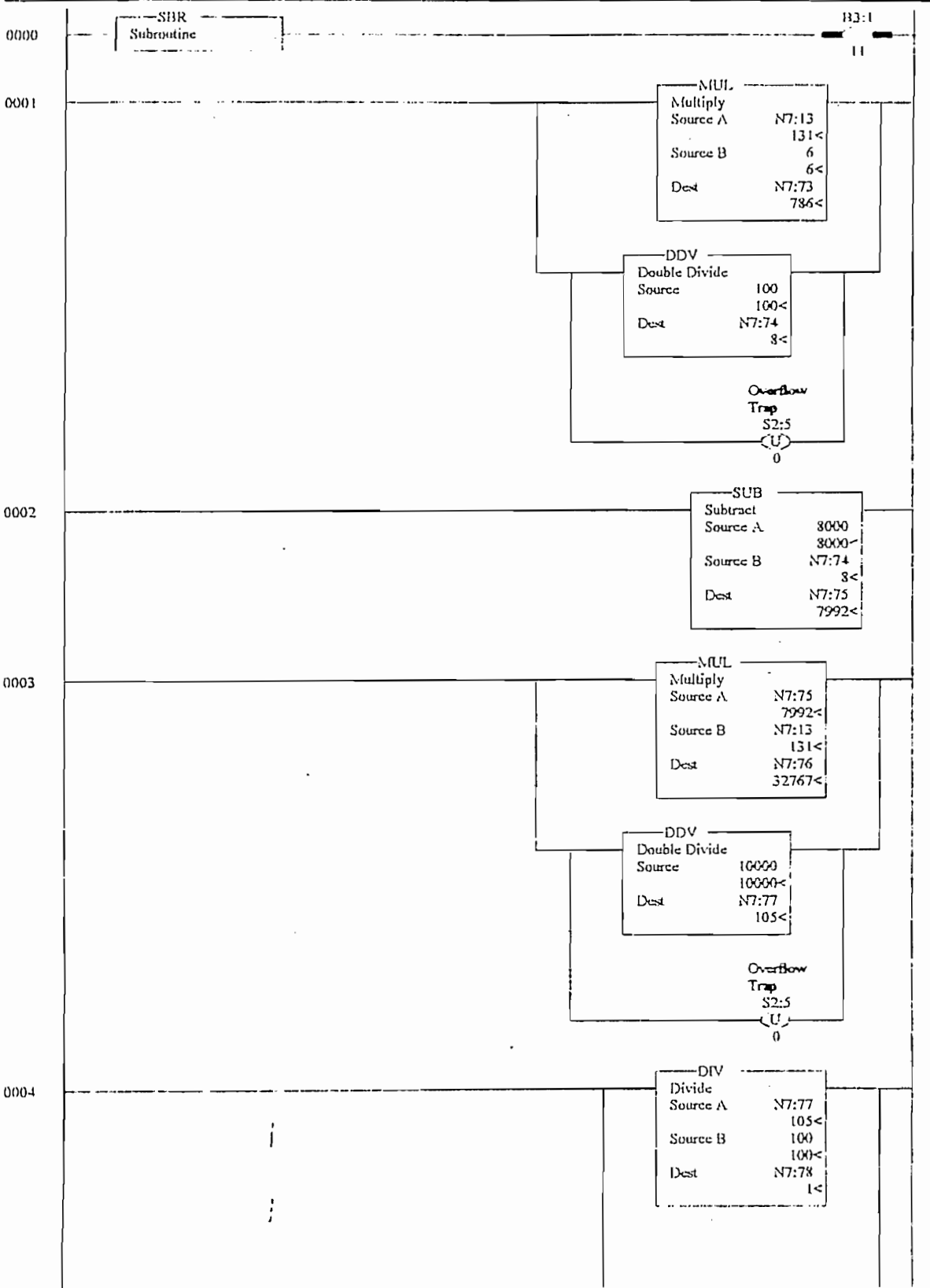


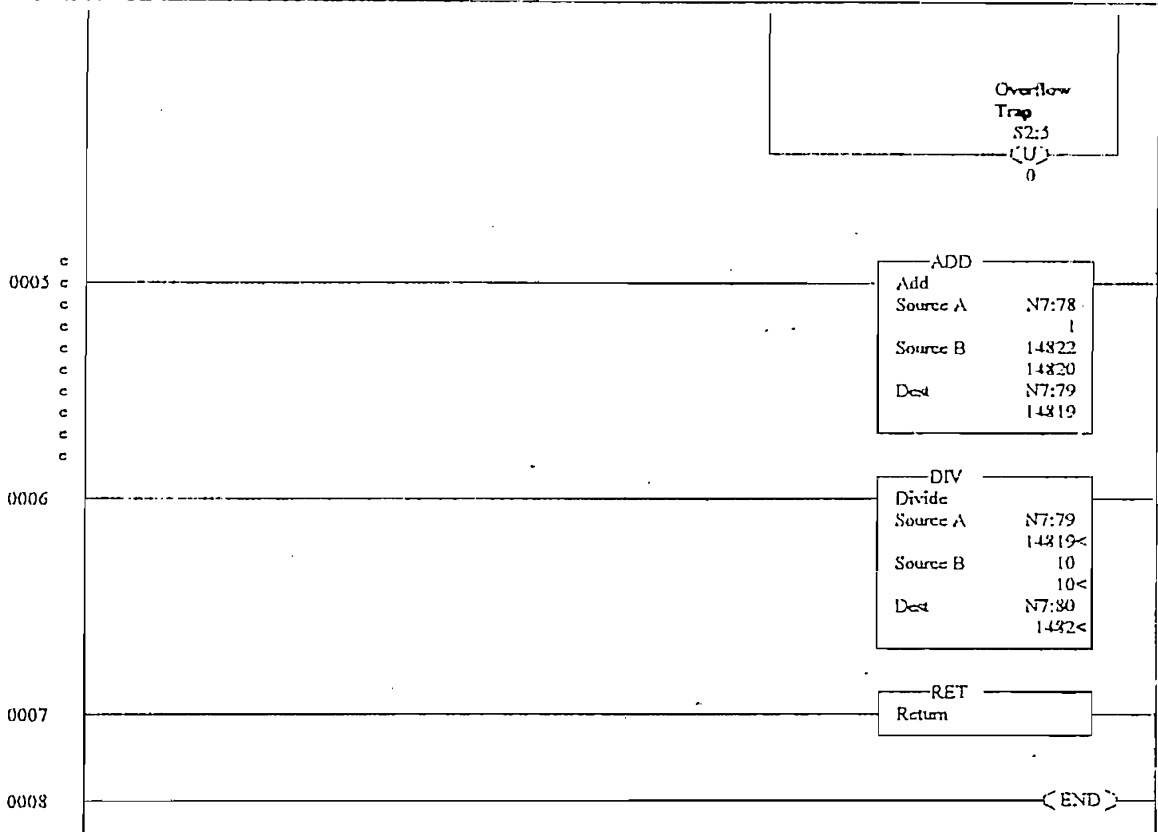


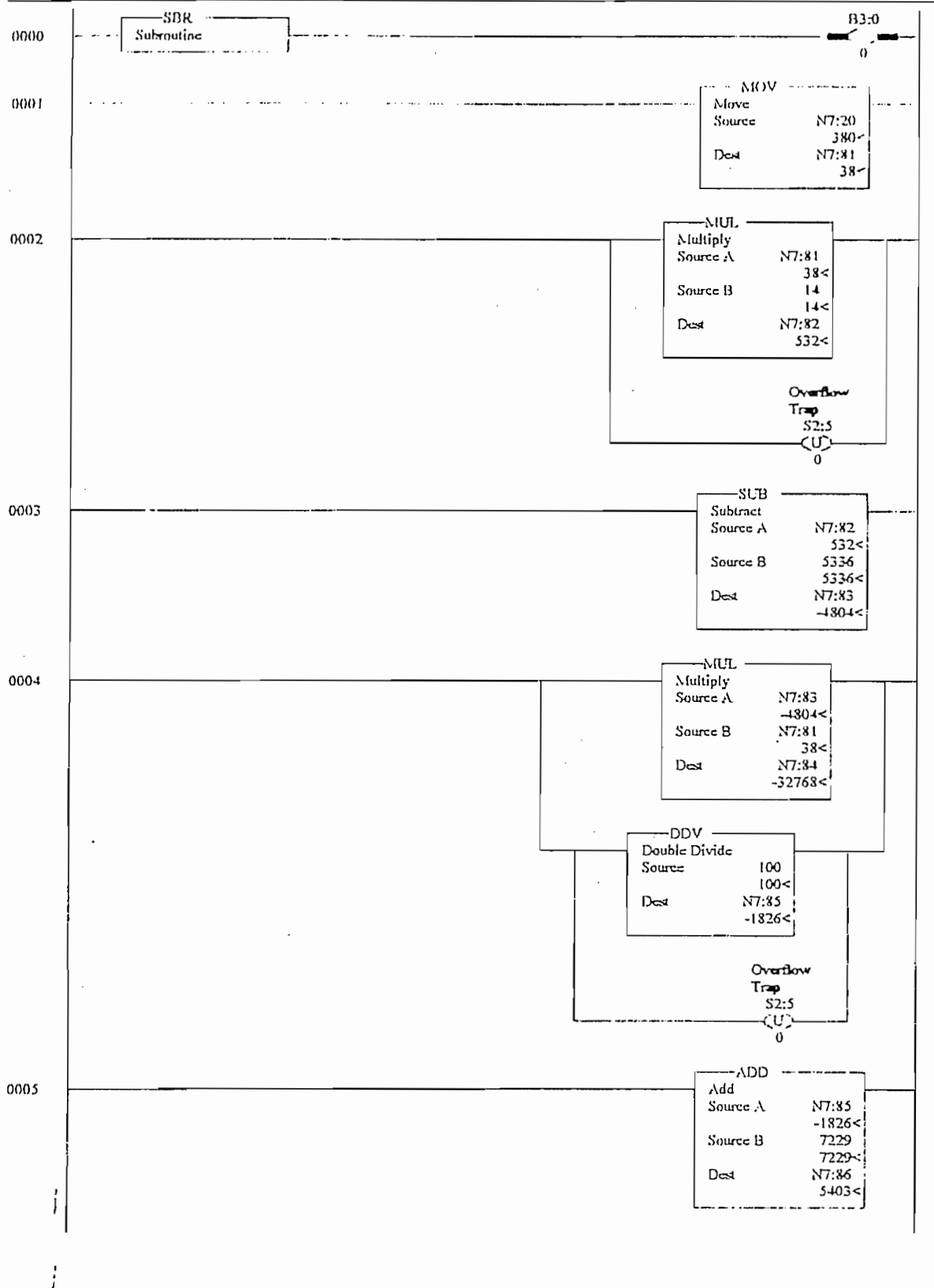


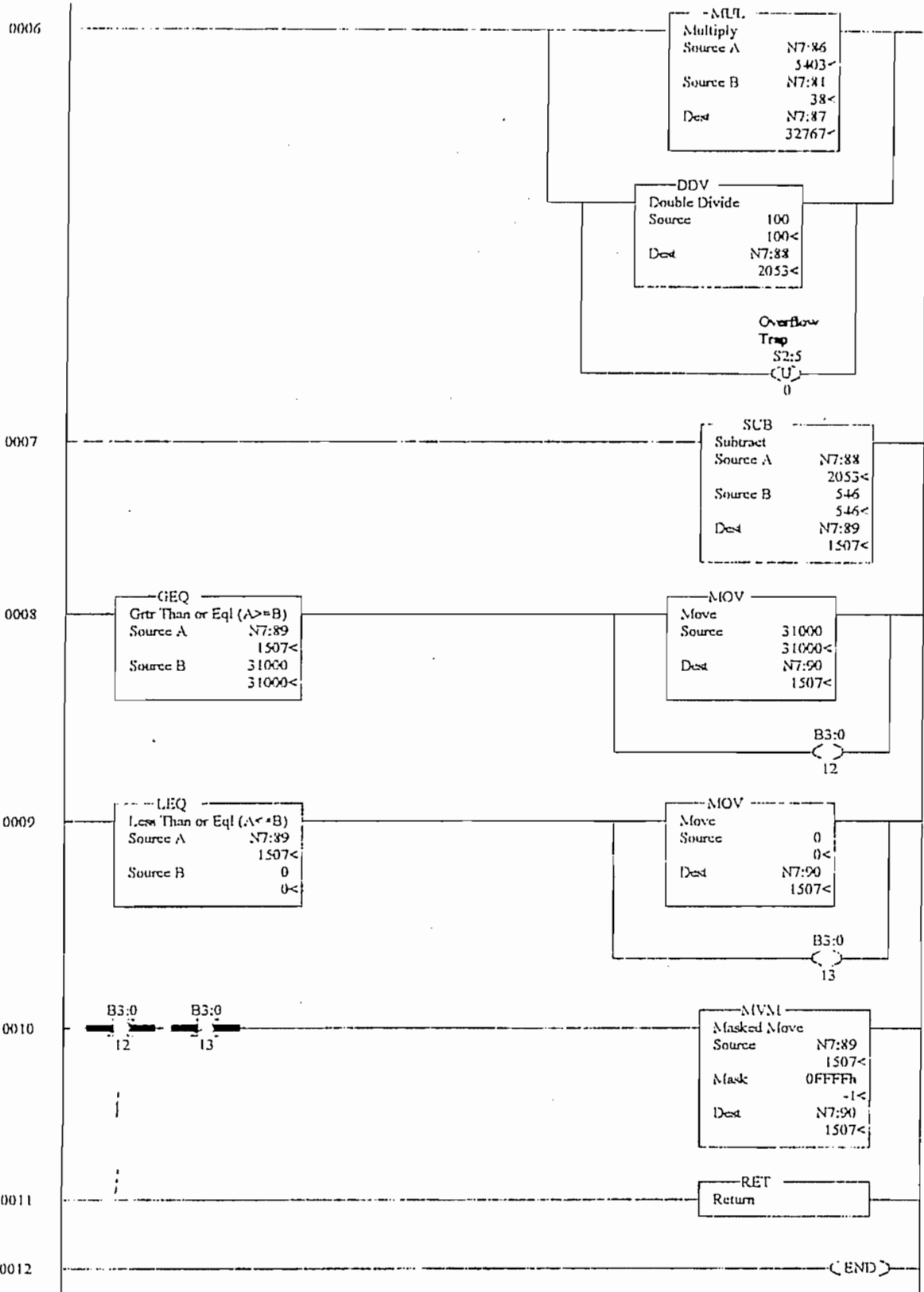


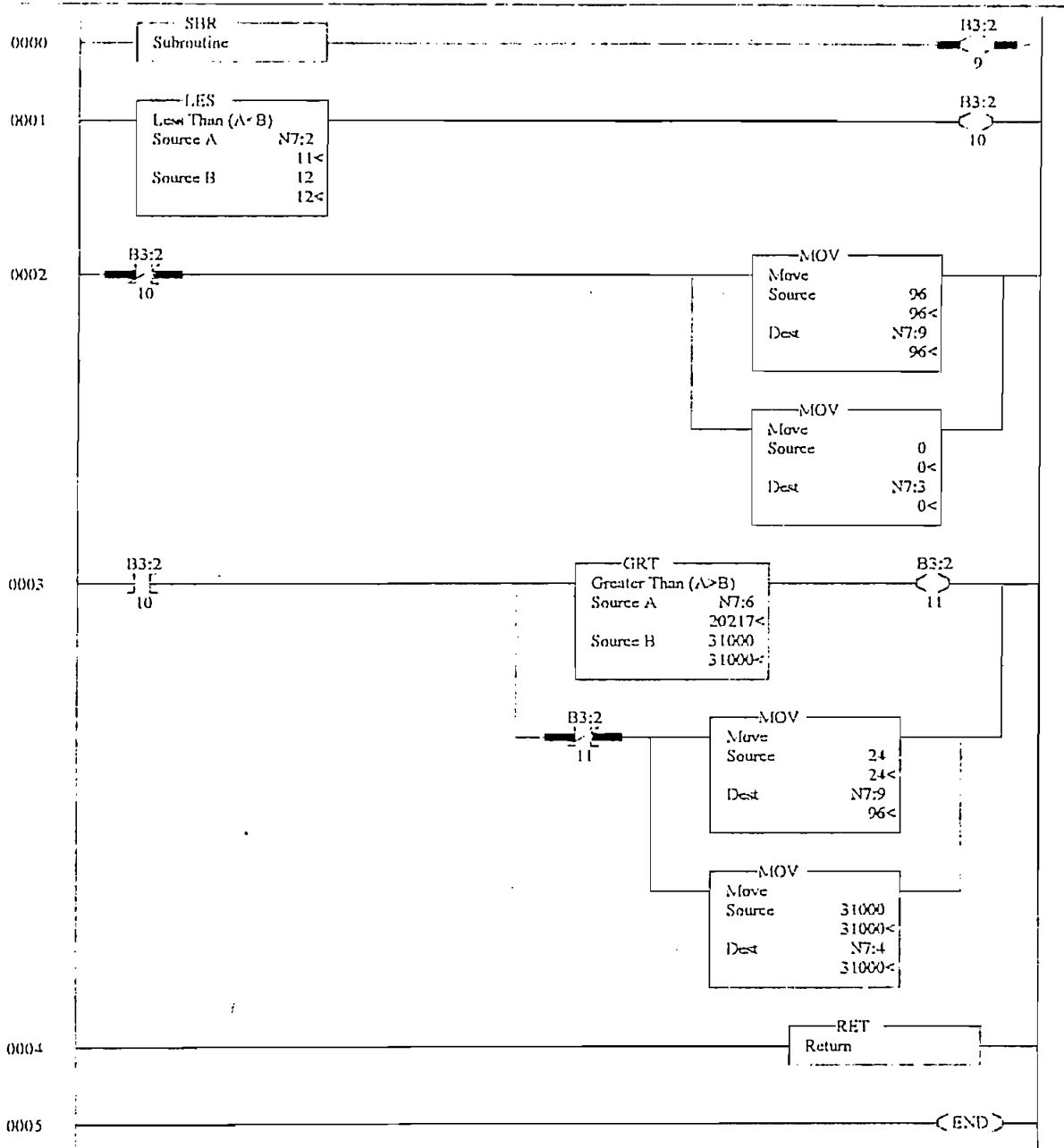


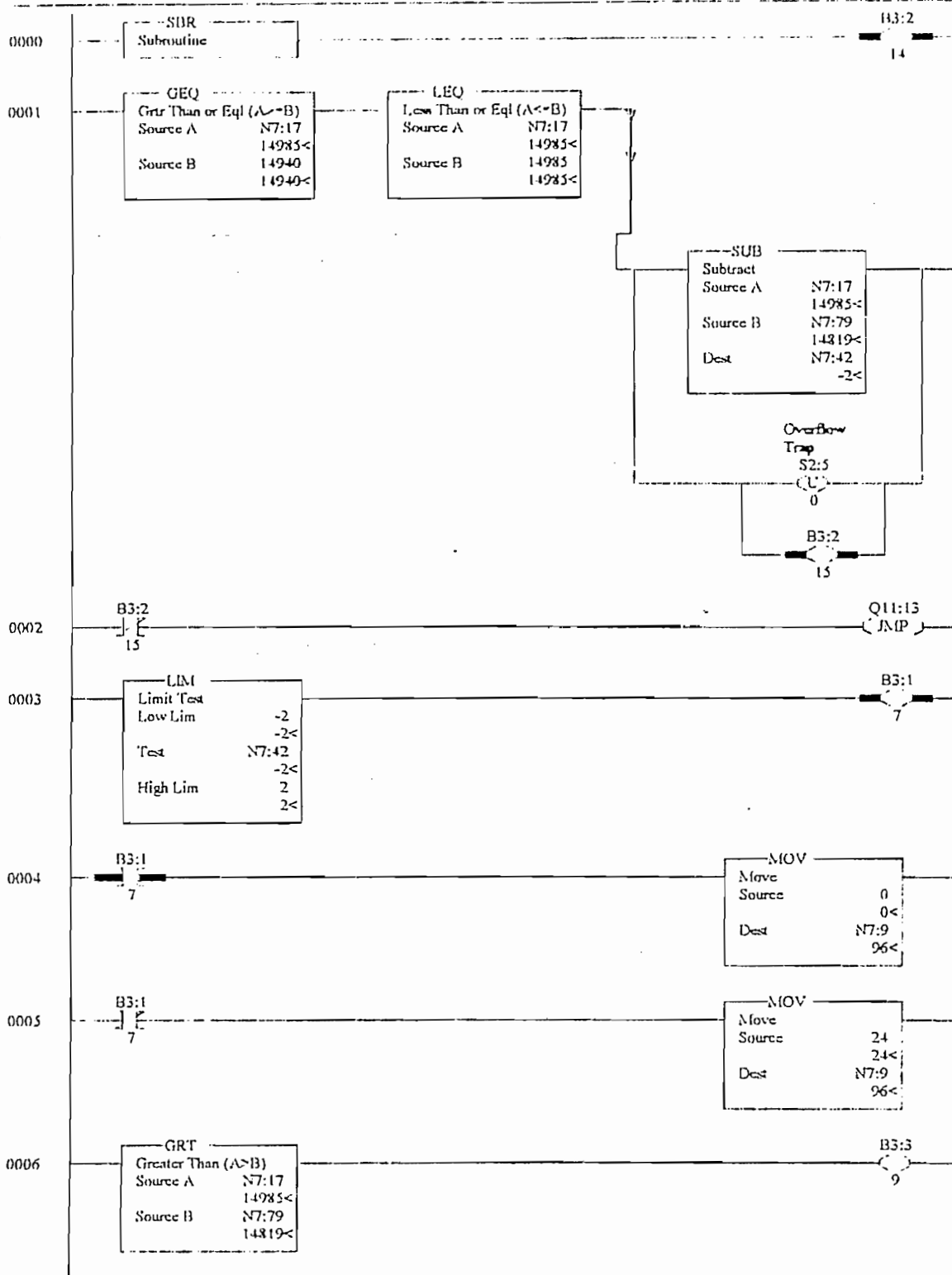


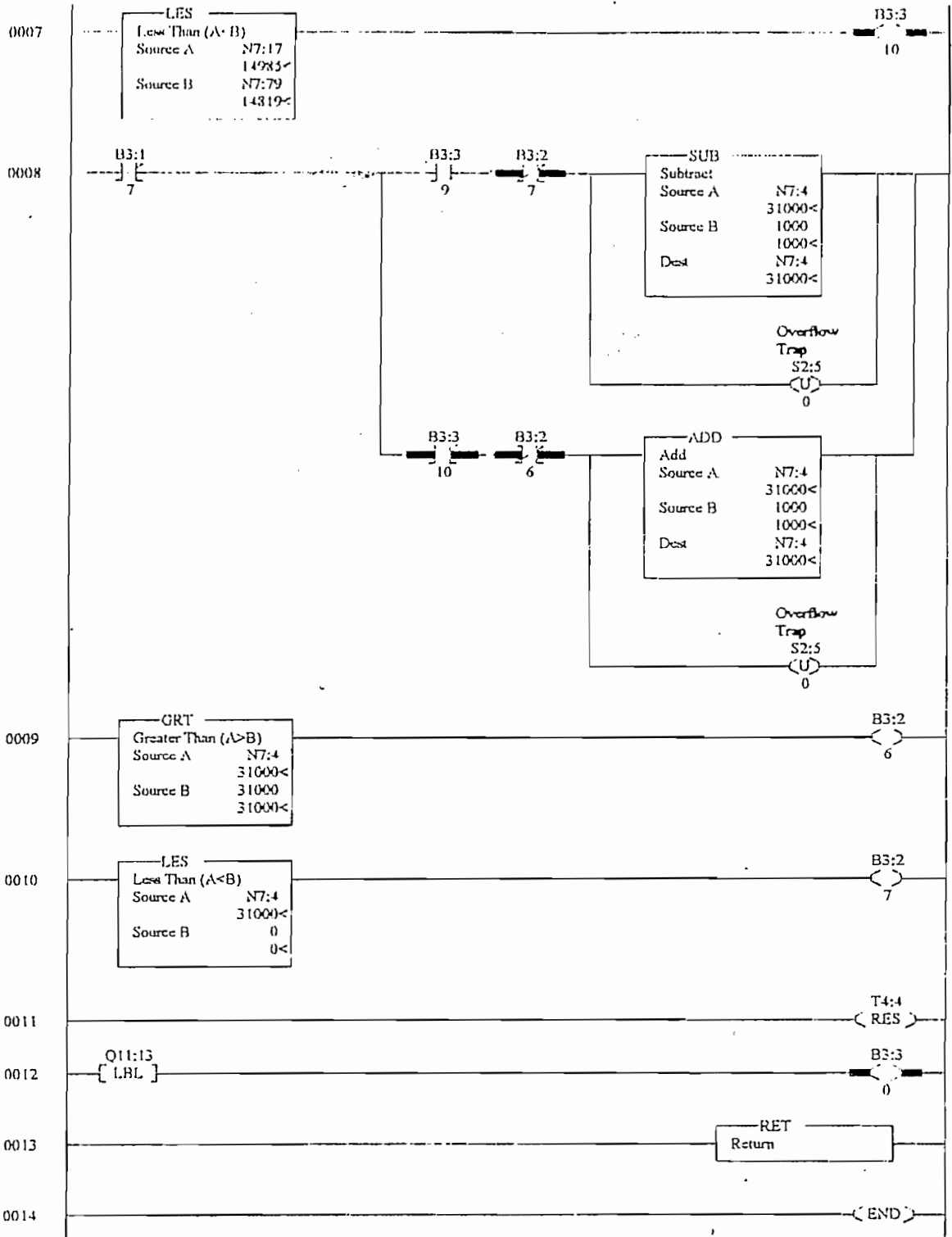


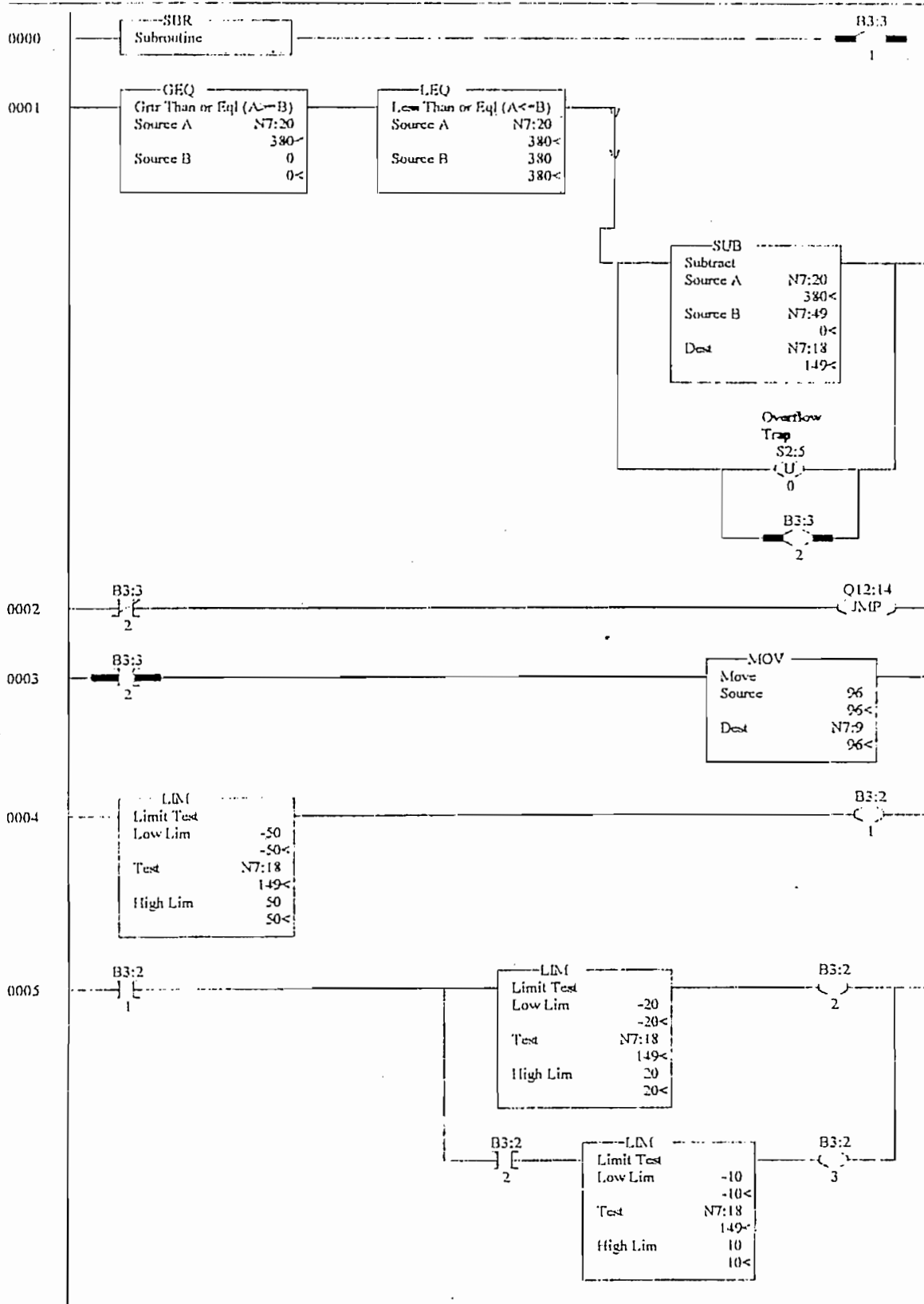


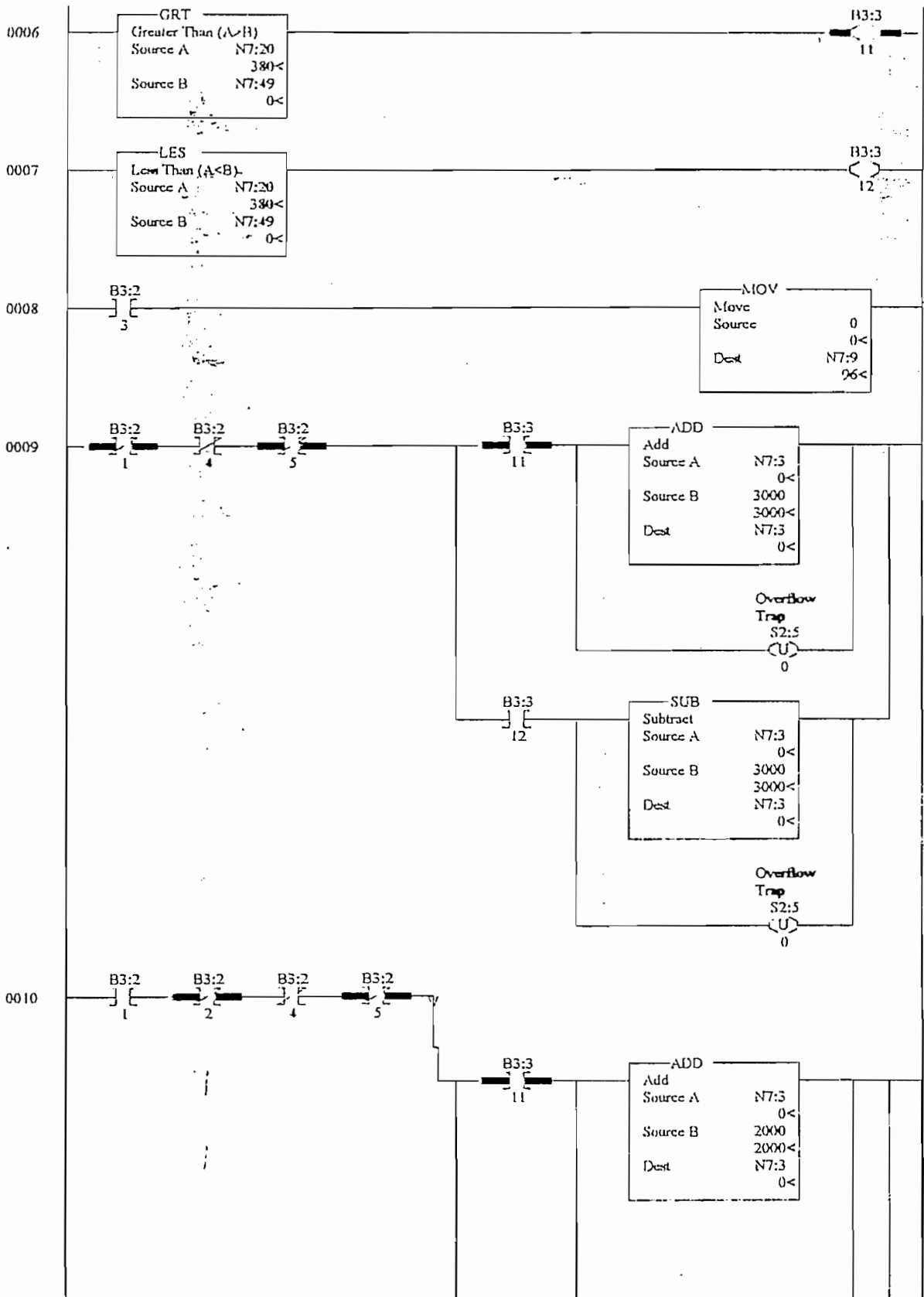


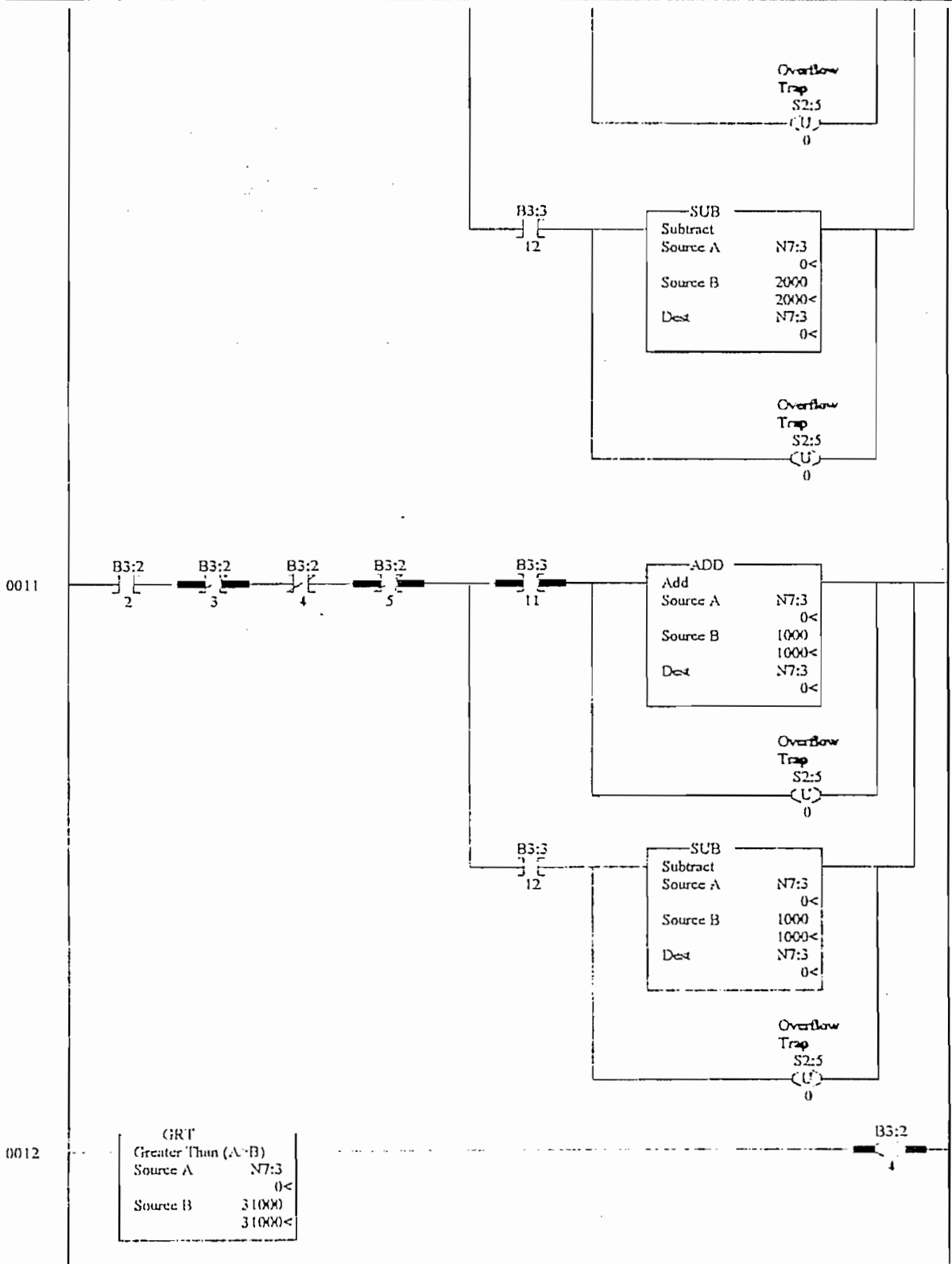


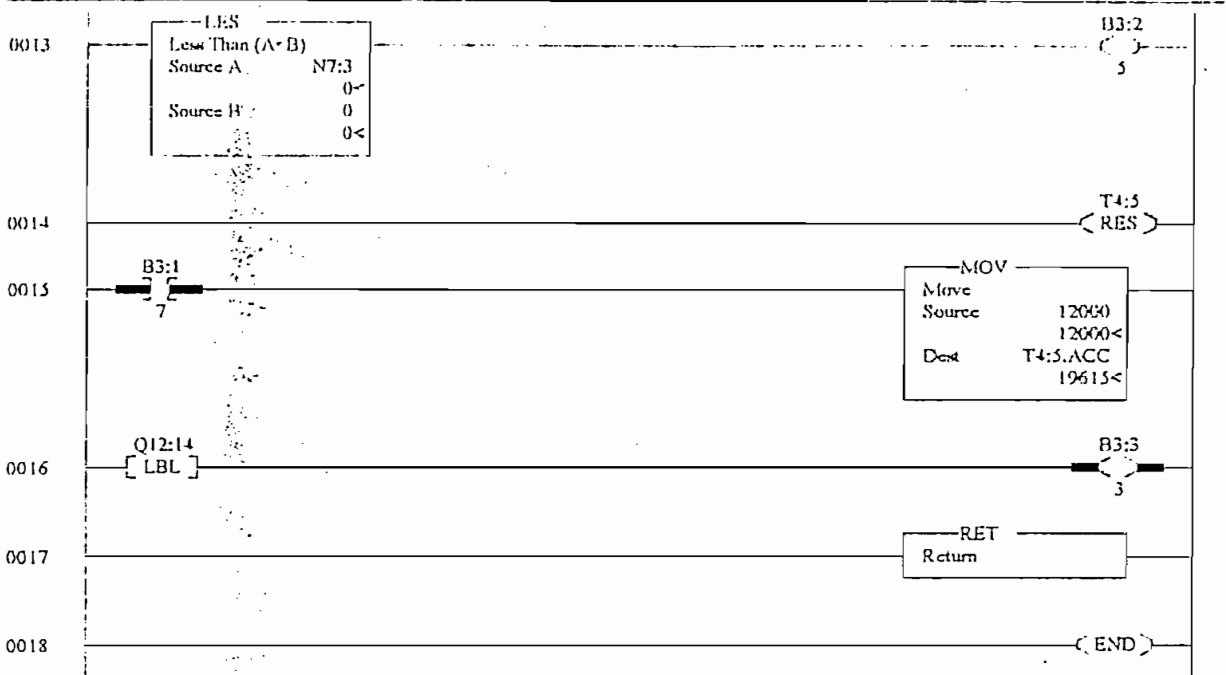


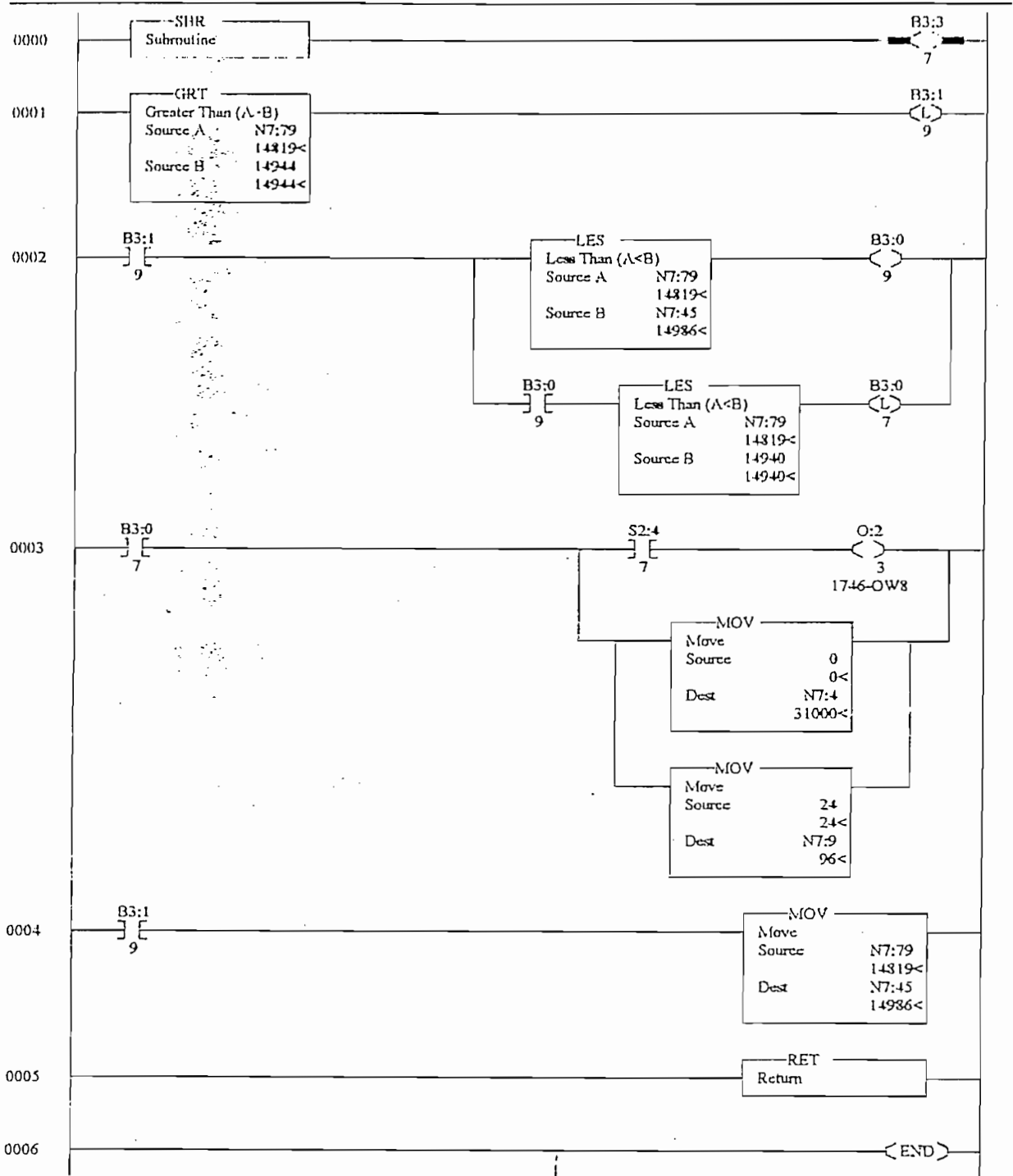


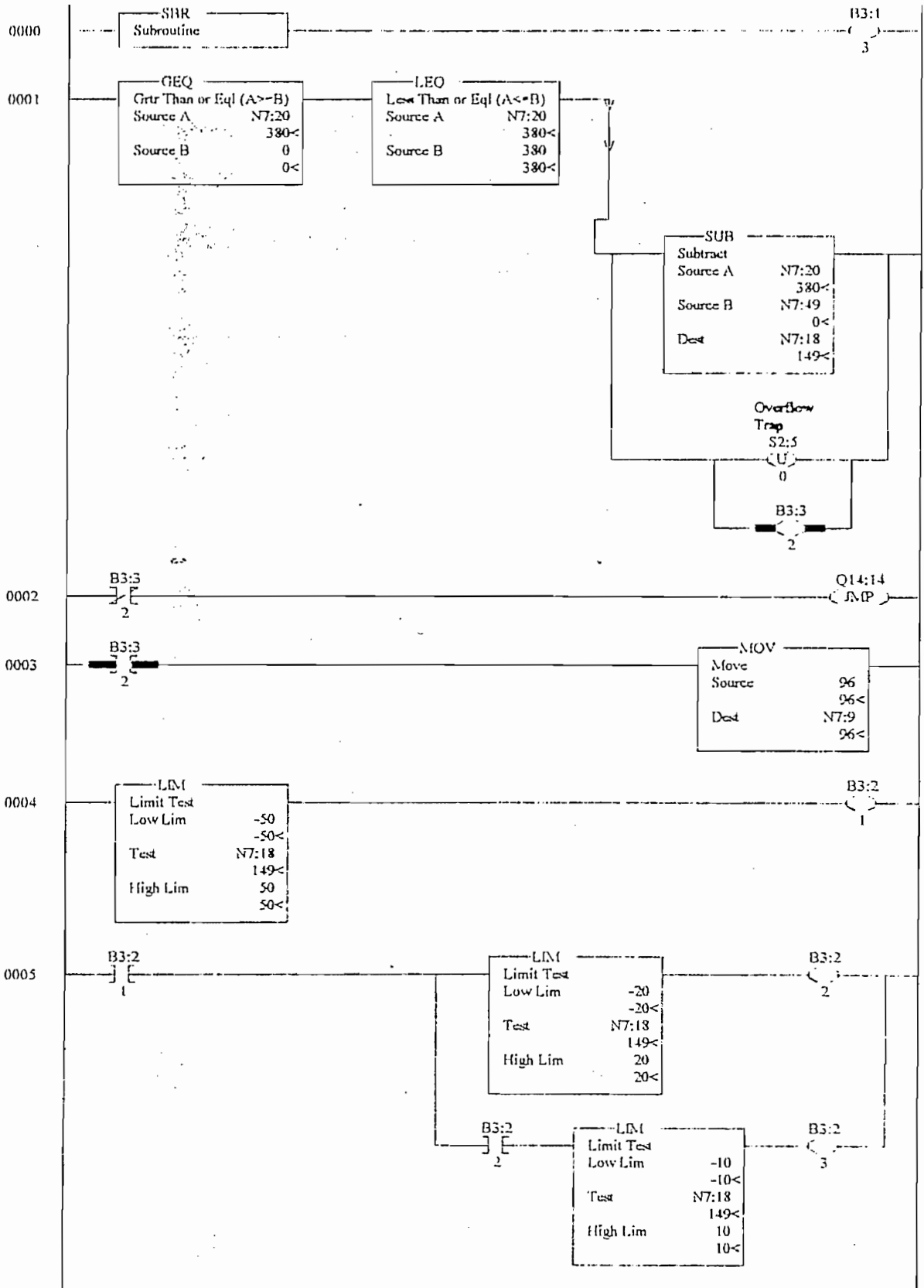


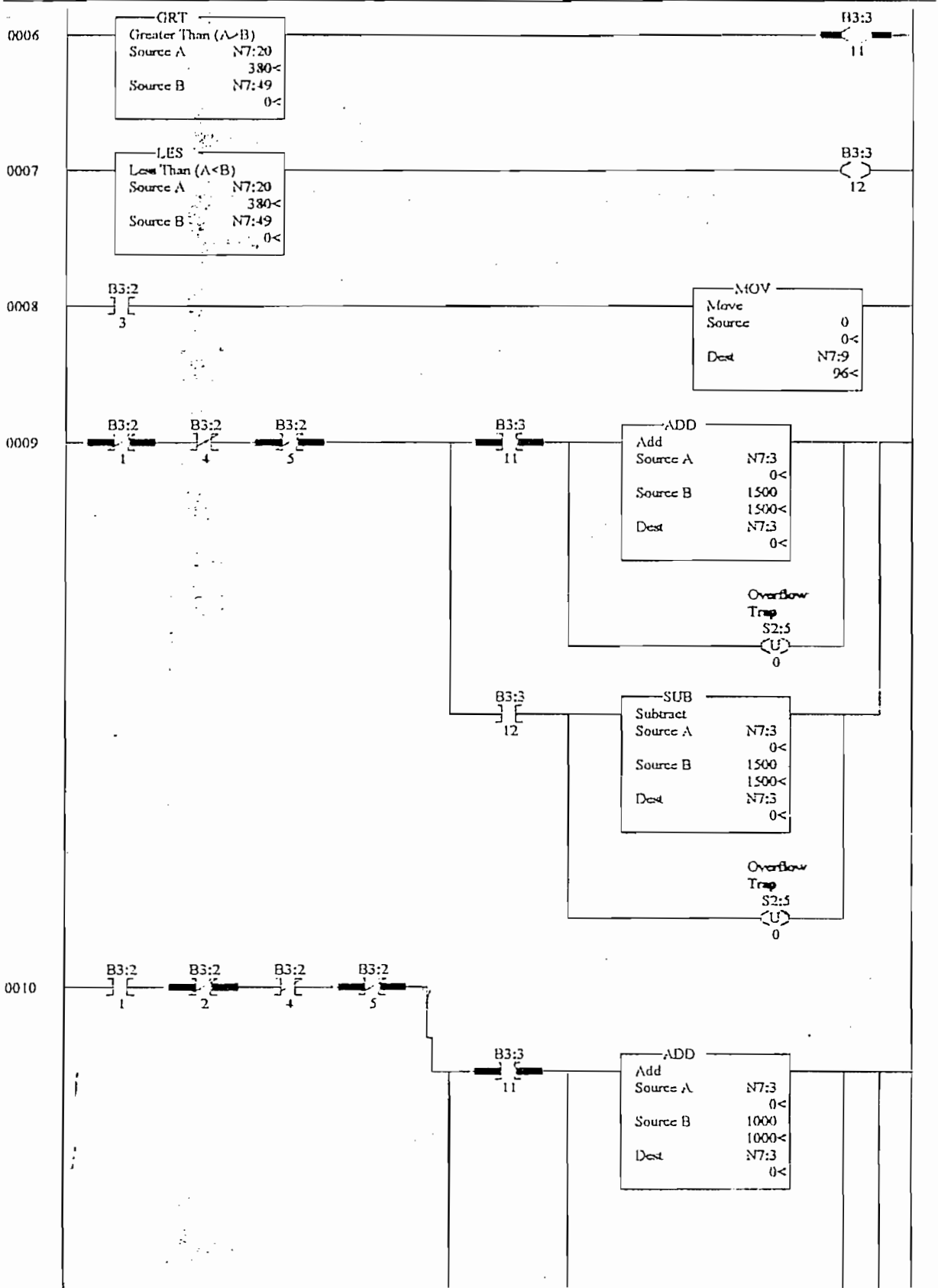


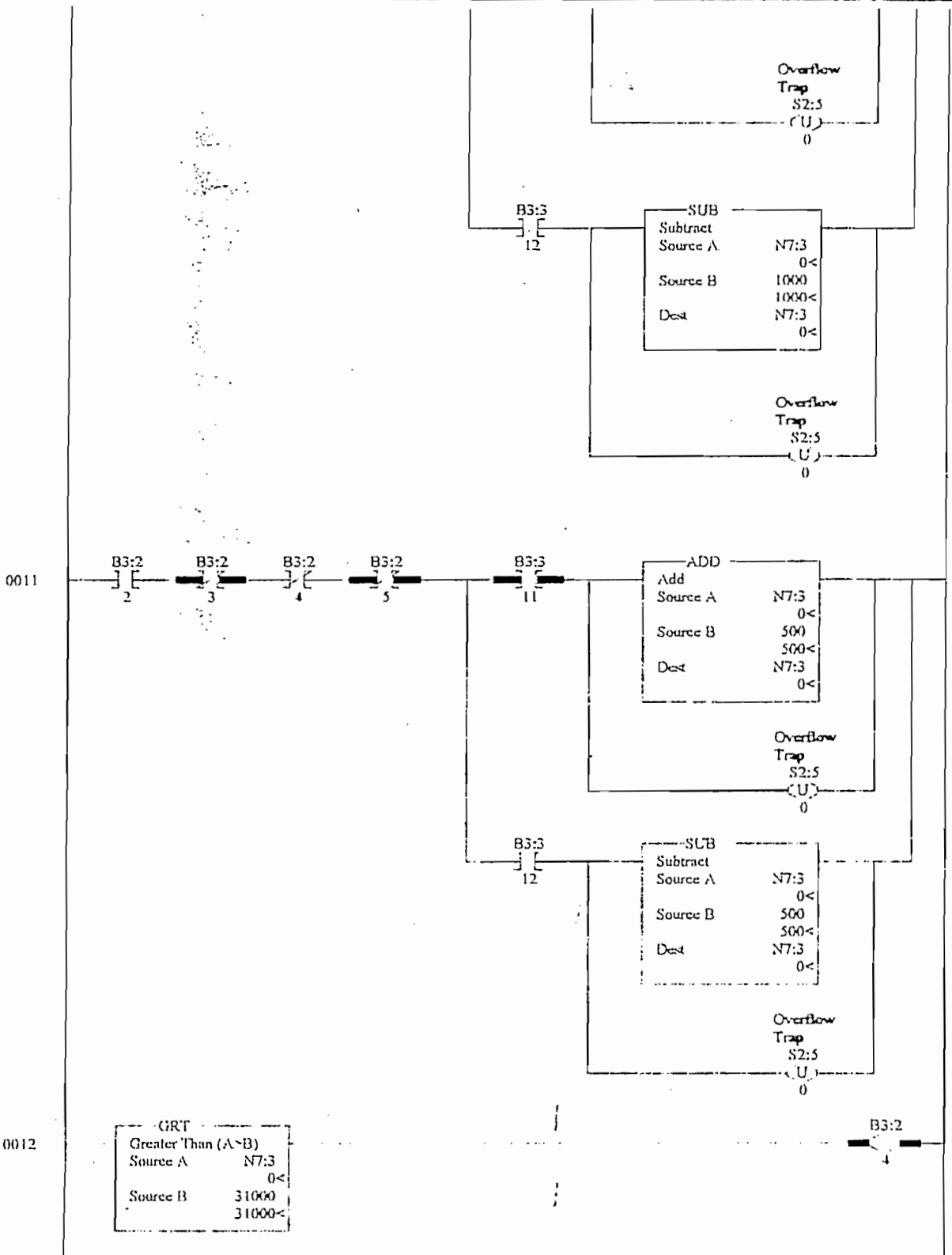


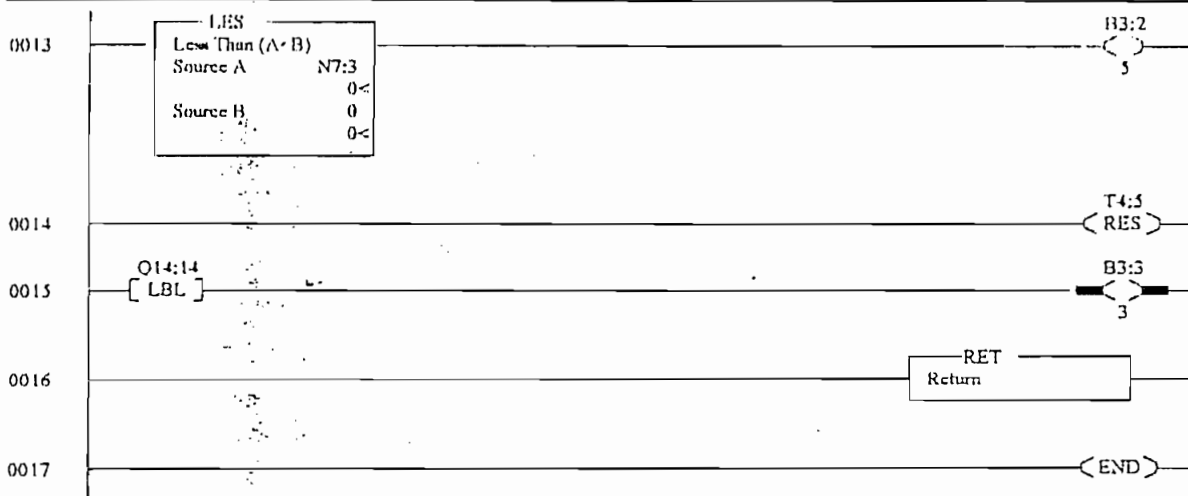


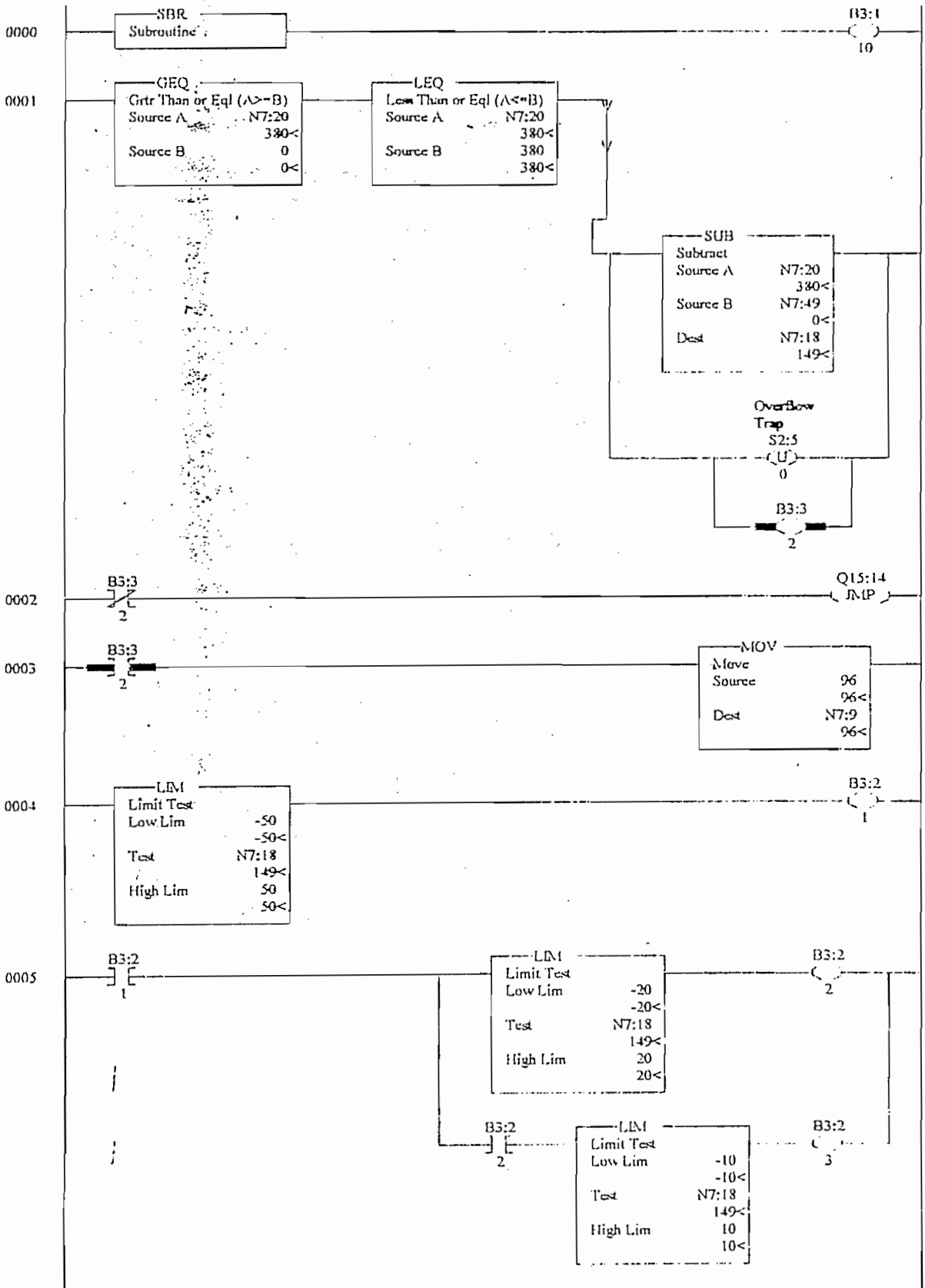


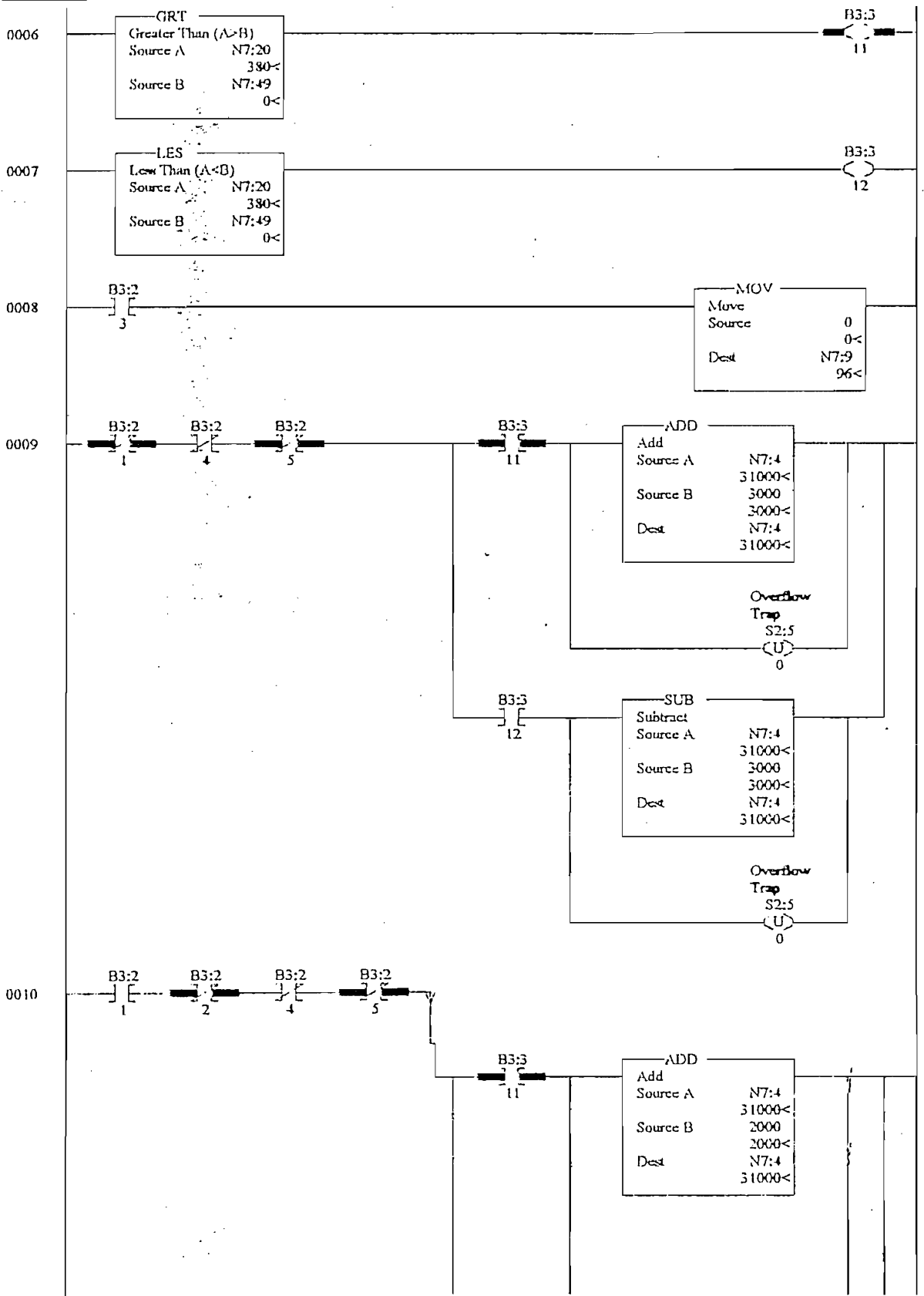


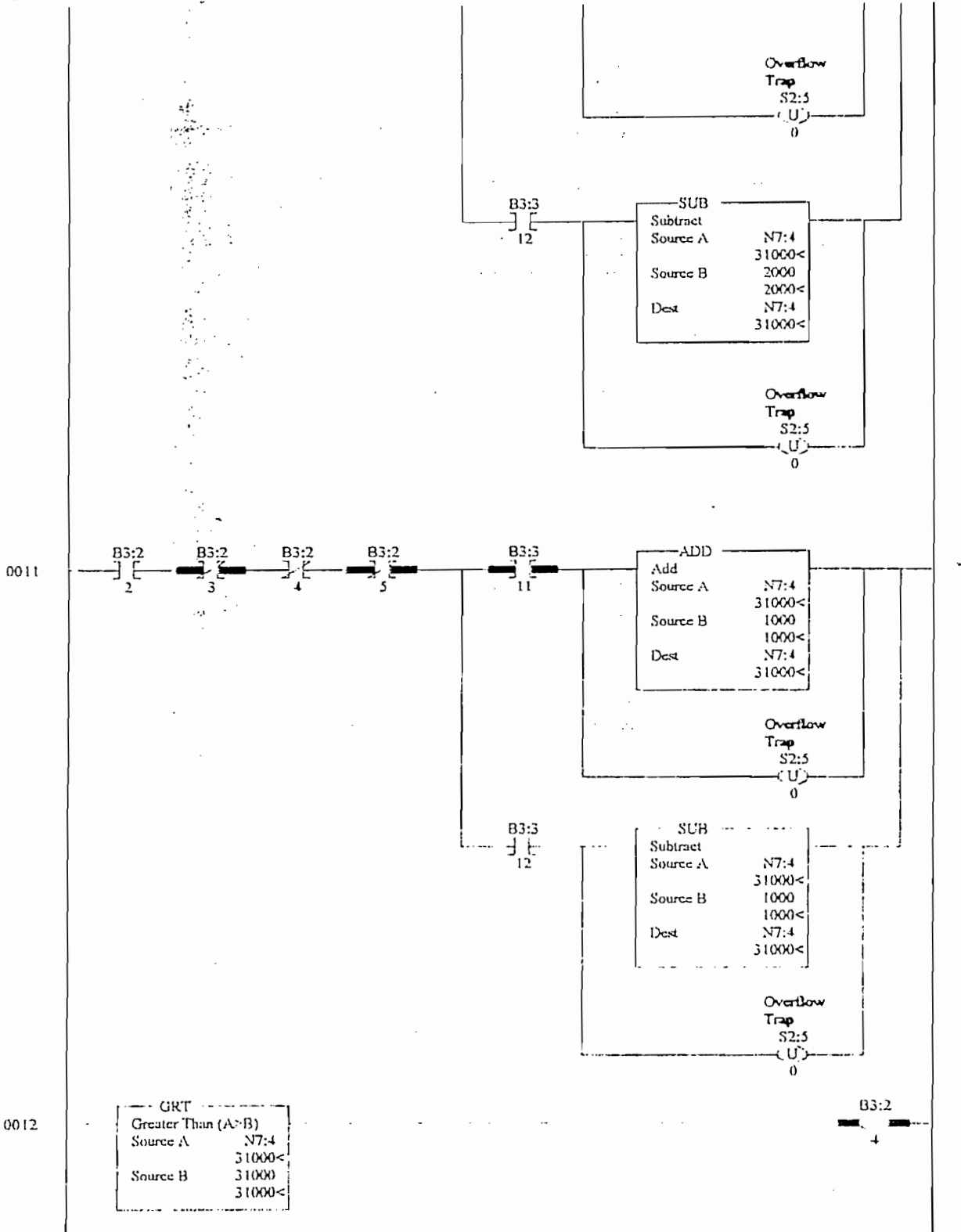


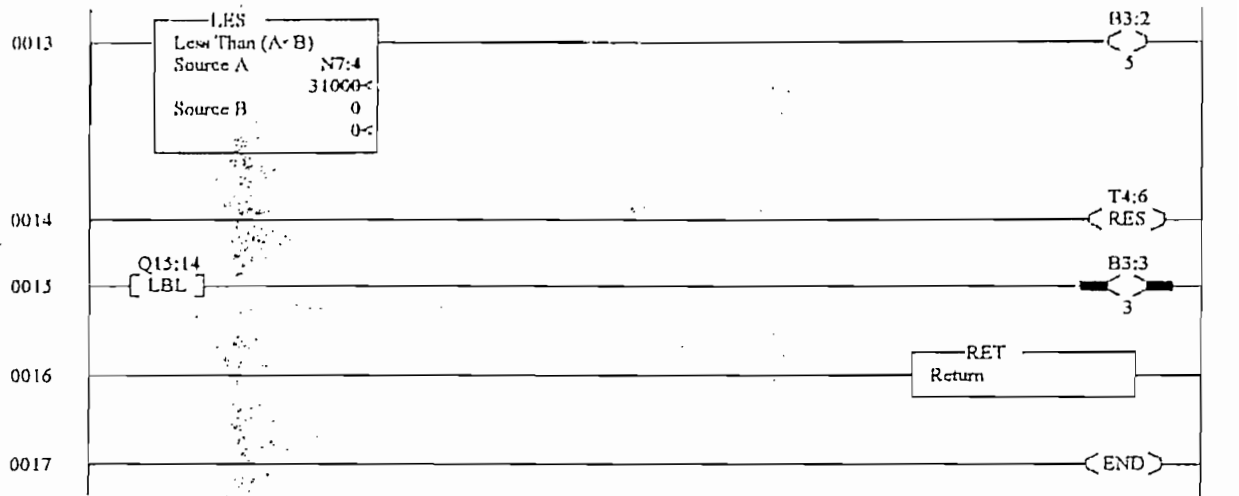


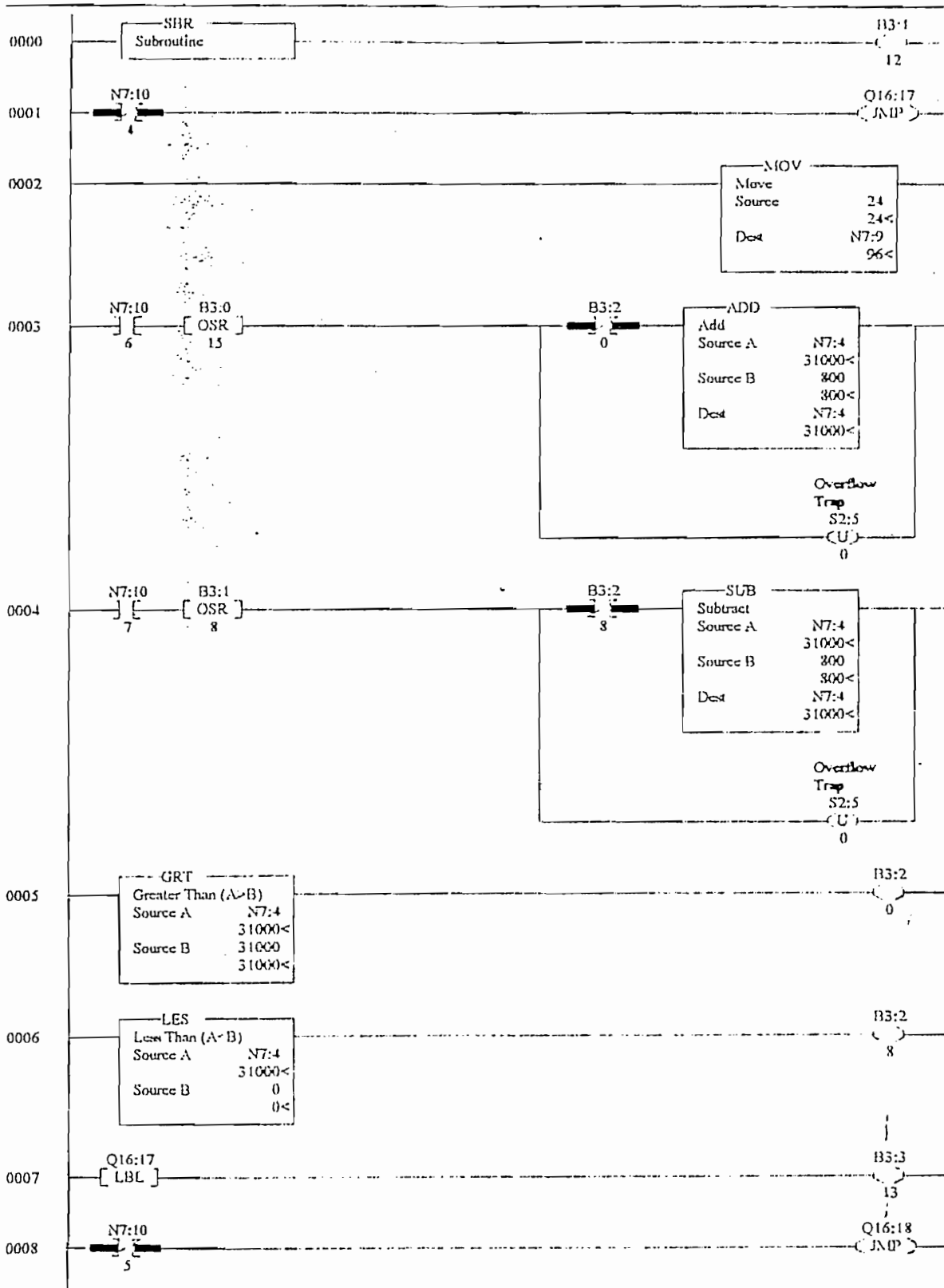


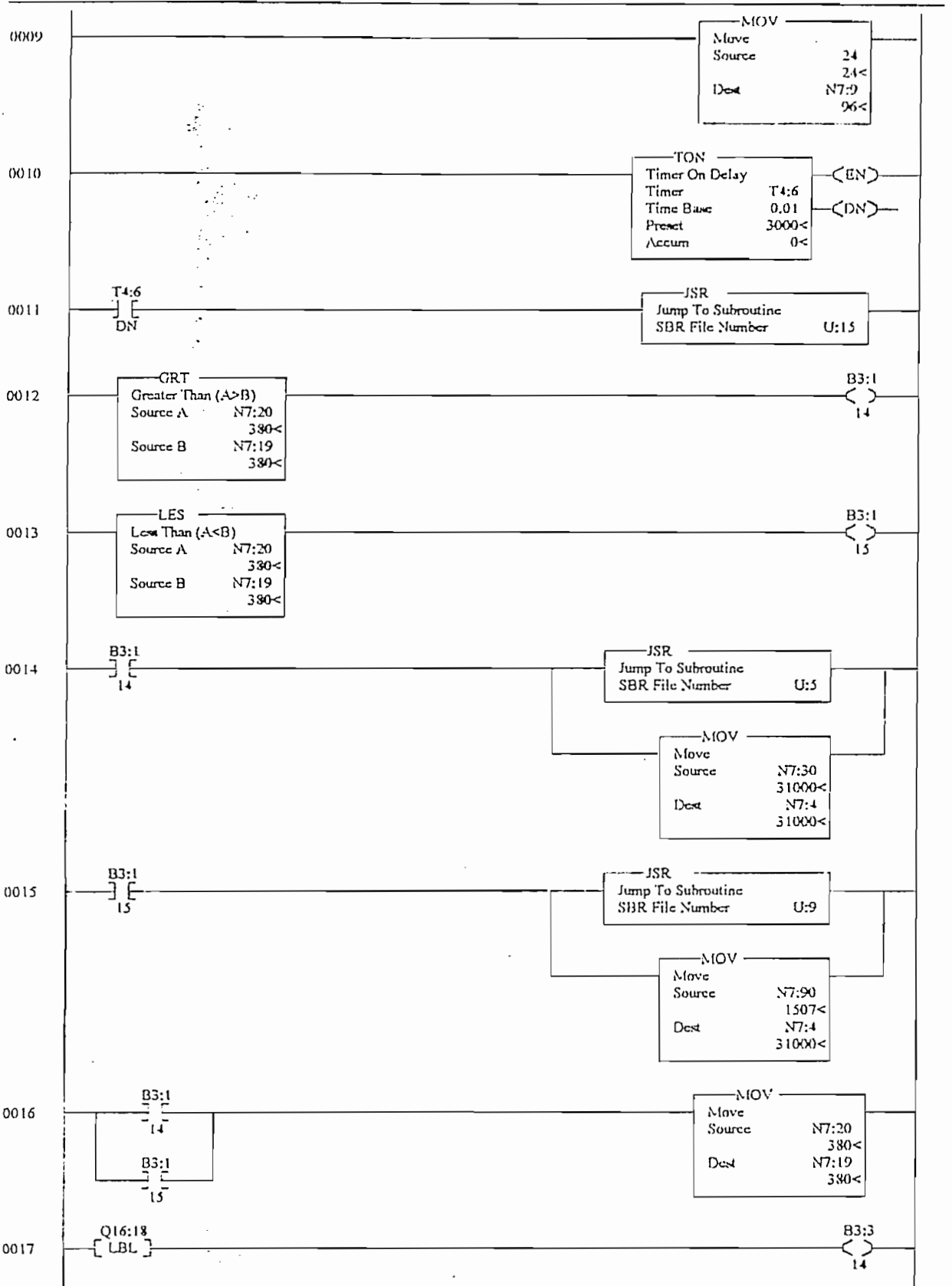


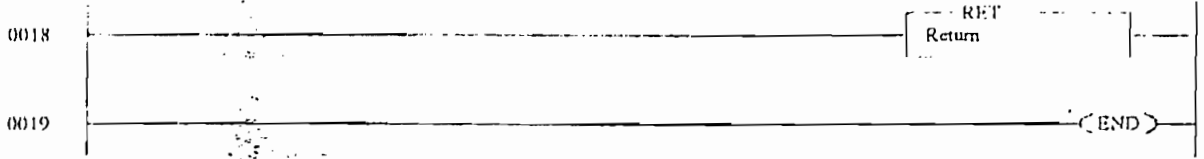












3 INSTRUMENTACION Y DISPOSITIVOS DE CAMPO

Parte fundamental de un sistema de automatización, lo constituye la instrumentación y dispositivos de campo, que involucran a todos los equipos y componentes que se utilizan para sensar y/o actuar sobre el proceso. En estos equipos se encuentran instalados: interruptores de señal, sensores y transmisores, acondicionadores de señal, actuadores, y válvulas; que para el caso particular de este proyecto, esta descrito en este capitulo.

3.1 SENSORES DE PRESION DIFERENCIAL

La parte más crítica de todo el proceso es la medición exacta de las variables requeridas. Por lo tanto el sensor a utilizarse para éste propósito debe, a más de ser bastante preciso, presentar una buena insensibilidad al

ruido, ser bastante lineal en todo el rango del trabajo, tener una buena sensibilidad a la magnitud deseada y no verse afectado por los cambios de temperatura. De acuerdo a los datos técnicos del fabricante, se podría decir que el sensor de presión diferencial de estado sólido SCX01DNC de la casa SENSYM, mostrado en la figura 3.1, cumple con los requerimientos antes indicados. Producen un voltaje de salida proporcional a la presión aplicada, tienen compensación de temperatura y calibración interna, lo que da como resultado una salida estable y confiable en un rango de temperatura de 0°C a 70°C. Están diseñados para trabajar con fluidos gaseosos no corrosivos y no iónicos, tales como aire y gases secos.

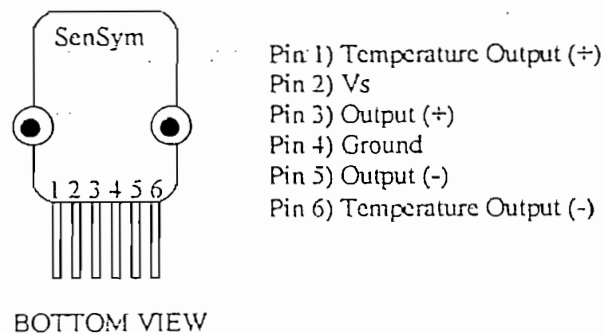


Fig. No. 3.1 Vista frontal del sensor de presión SCX01DNC

De tipo diferencial que sensa indirectamente el nivel del líquido en un canal o en un tanque; está construido por un elemento sensor de circuito integrado y una delgada película cerámica cortada con láser, empacados dentro de un encapsulado de nylon (figura 3.2), que le da excelente resistencia a la corrosión y previene al sensor de deformaciones por fuerzas externas. El encapsulado dispone de dos pórticos compatibles con tubos plásticos estándares para conexiones de presión.

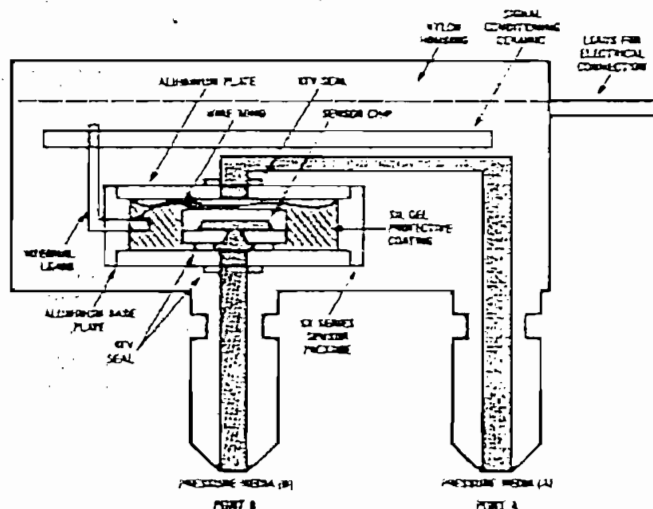


Fig. No. 3.2 Construcción física del sensor.

La medición indirecta del nivel de líquido se la realiza por medio de la medición de la presión hidrostática en el fondo del tanque, que es directamente proporcional a la altura del líquido que la produce; de aquí que se pueda utilizar a este sensor para medir el nivel del líquido.

Su utilización consiste en aplicar al pörtico B en el lugar donde se requiere medir la presión; y lo que se tiene es la suma de la presión hidrostática producida por la columna de agua, más la presión atmosférica. El pörtico A está permanentemente abierto para medir la presión atmosférica, cumpliendo de esta forma su función diferencial. Entonces para tener únicamente la presión hidrostática, que es la que interesa, se debe restar la presión atmosférica a la presión sensada en el fondo del tanque (figura 3.3).

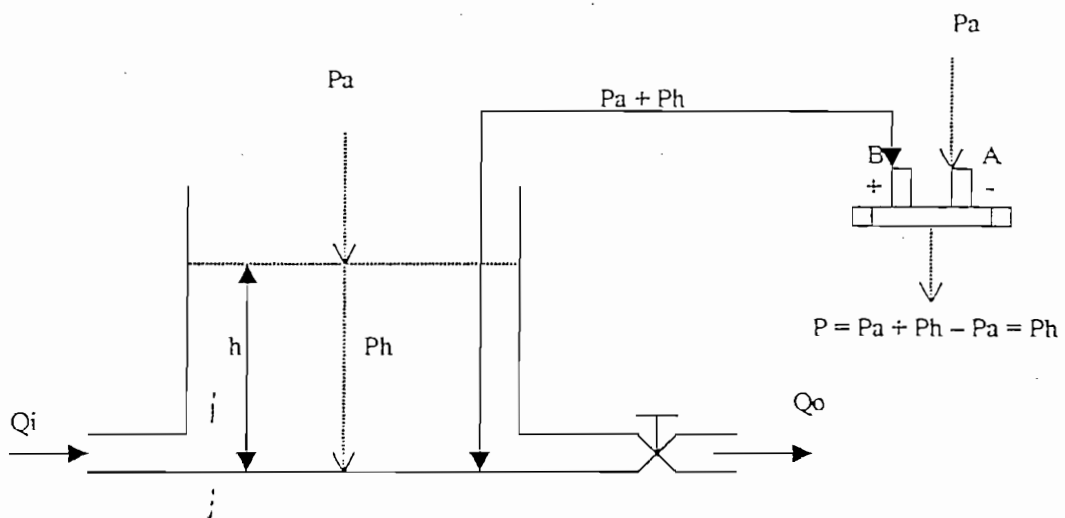


Fig. No. 3.3 Utilización del sensor de presión diferencial

Donde: P_a = presión atmosférica

P_h = presión hidrostática = δgh

δ = densidad del agua [$1 \text{ Kg} / \text{cm}^3$]

g = gravedad

h = altura del agua dentro del tanque

Q_i = caudal de entrada

Q_o = caudal de salida

3.1.1 Características del sensor de presión diferencial SCX01DNC

Rangos máximos:

Voltaje máximo V_s	+30Vdc
Presión en modo común	50psig
Temperatura de soldadura	300°C(10 segundos)

Especificaciones ambientales:

Rango de temperatura

Compensado	0 a 70°C
Operación	-40°C a +85°C
Almacenamiento	-55°C a +125°C
Limites de humedad	0 a 100% RH

CARACTERISTICAS	MINIM	TIPICO	MAXIM	UNIDAD
Rango de presión de operación	-	-	1	Psid
Sensibilidad	-	18	-	MV/psi
Rango a plena carga	17	18	19	MV
Offset de presión cero	-1	0	+1	MV
Histerisis y linealidad combinada	-	± 0.2	± 1	%FSO
Efecto de temperatura en el rango (0-70°C)	-	± 0.4	± 2	%FSO
Efecto de la temperatura en el offset (0-70°C)	-	± 0.2	± 1	MV
Repetibilidad	-	± 0.2	± 0.5	%FSO
Impedancia de entrada	-	4	-	K Ω
Impedancia de salida	-	4	-	K Ω
Voltaje en modo común *1	5.7	6	6.3	Vdc
Tiempo de respuesta	-	100	-	μ sec
Estabilidad de offset y rango	-	± 0.1	-	%FSO

Tabla III.1 Características de operación del sensor SCX01DNC

Nota:

*1) Es el voltaje que se tiene a los terminales de salida (pines 3 y 5) del sensor, cuando este se encuentra polarizado y la presión diferencial es nula.

3.1.2 Acondicionamiento de señal.

La tarjeta universal de acondicionamiento de señal SCX-EB, de marca Sensym(Fig. 3.4), ha sido diseñando para usar con la serie de sensores de presión diferencial SCX, que acondiciona la señal de salida del chip del sensor a un voltaje de 0 a 10 Vdc a plena escala. La tarjeta esta diseñada

para acondicionar presiones diferenciales entre 70mBar(1psi) a 7Bar(100psi).

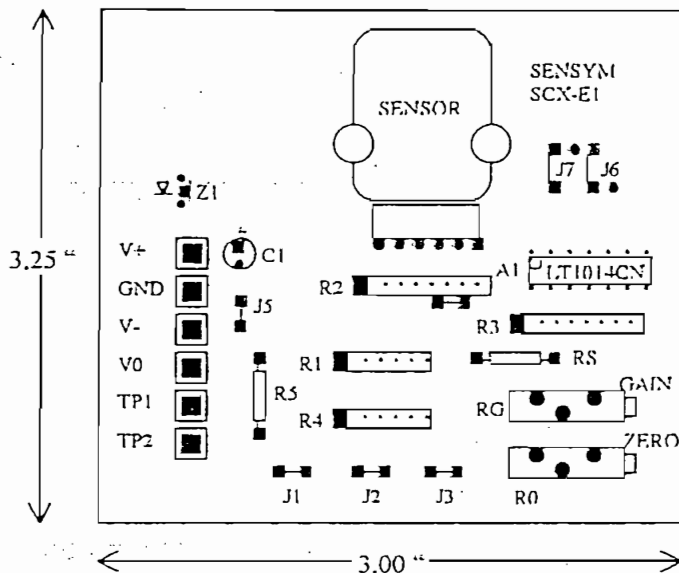


Fig. No. 3.4 Tarjeta SCX-EB

Basados en el diagrama de la figura anterior, el circuito integrado A1 dispone de 4 amplificadores operacionales, dos de ellos dispuestos a proveer ganancia a la señal de entrada (A3 y A4), otro para proporcionar un voltaje regulado al sensor SCX y el amplificador A2 conjuntamente con el potenciómetro R0 fijan el voltaje inicial de salida con presión 0 de entrada (Calibración). La expresión completa del voltaje de salida V_o esta dada por la siguiente ecuación:

$$V_O = V_{in} \left[2 \left(1 + \frac{R_3}{R_T} \right) \right] + V_R$$

donde: $R_T = R_S + R_G$

V_R es el voltaje en el punto TP2 seteado por R_O .

R_G Potenciometro de calibración de ganancia

Cuando se dispone de una fuente de polarización doble, el terminal V- puede ser conectado al negativo de la fuente, cuando no se usa fuente negativa el jumper J5 debe ser conectado, entonces V- se conectará a tierra.

En la sección de anexos (Anexo C) se incluye en forma mas detallada la información, tanto del sensor SCX01DNC como de la tarjeta SCX-EB, copias del manual Sensym.

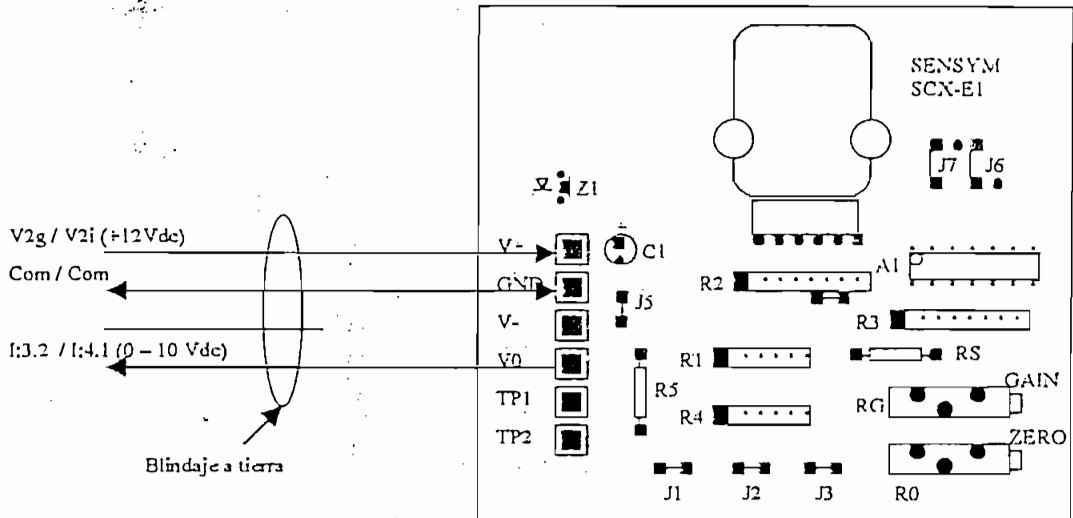
3.1.3 Conexiones eléctricas

En el plano III.1 se muestra las conexiones del sensor de presión diferencial, tanto para la medición de la altura de la Cámara de Interconexión, como para la medición del caudal. Se incluyen además las fotografías de los mismos.

En la tabla III.2 se listan los sensores de presión diferencial involucrados en el proyecto.

Designación	Ubicación	Modelo	Tipo de señal de
LT800	Cámara de Interconexión	SCX01DNC/SCXEB	Análoga. 0 a 10Vdc
LT801	Vertedero San Francisco	SCX01DNC/SCXEB	Análoga. 0 a 10Vdc

Tabla III.2



TESIS DE GRADO CARLOS PARRA FLAVIO VELECELA	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	
	PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA EL PROYECTO "MODELO HIDRAULICO CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO"	
TITULO:	DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS DE LA TARJETA DEL SENSOR DE PRESION DIFERENCIAL	
REVISADO:	APROBADO:	DIBUJADO:
ESCALA INDICADA:	FECHA: 1992-10-14	PLANO III 1

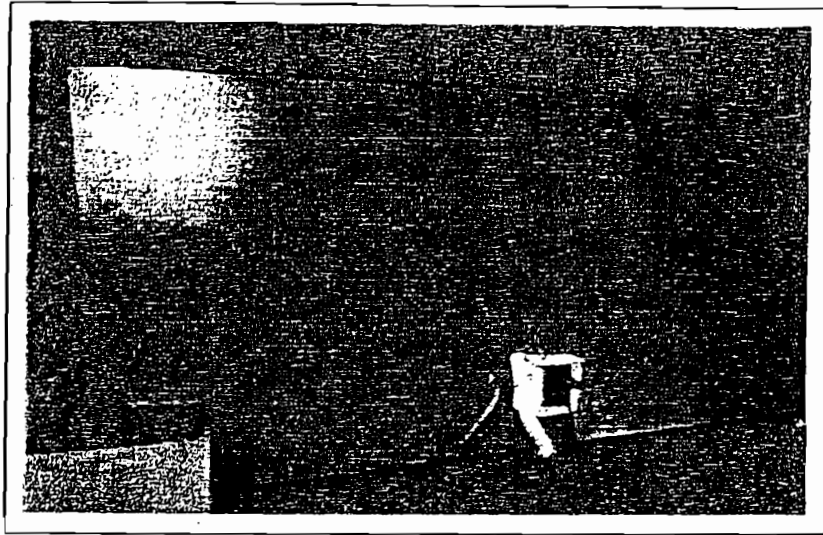


Imagen 3.1 Sensor Transmisor de Caudal

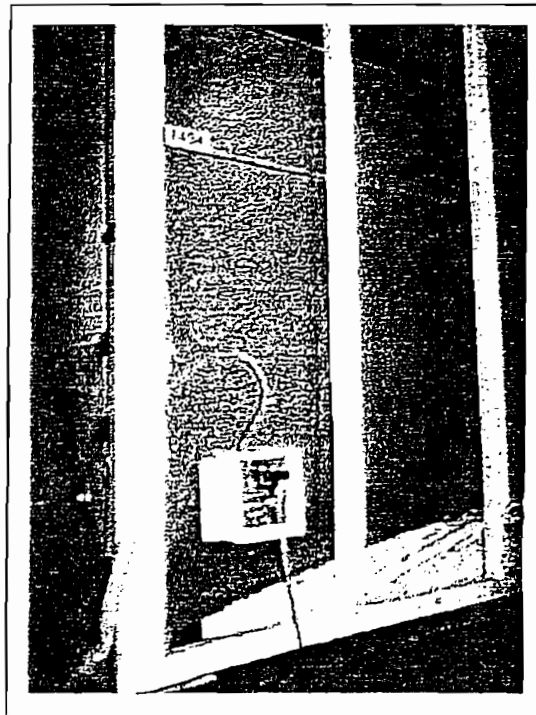


Imagen 3.2 Sensor Transmisor de Altura

3.2 SENSORES DE POSICIÓN DE APERTURA DE VALVULAS

Con la finalidad de realizar el control de las válvulas, aplicando técnicas de lazo realimentado, muchos sensores son aplicables para medir desplazamientos, ángulos y velocidades en máquinas, los cuales pueden ser usados en conjunto con una variedad de controles numéricos, controles programables, drivers, etc.

Para sensar la posición de las válvulas tipo mariposa, se dio una solución de acuerdo a las disponibilidades, desarrollando un sensor de posición que basa su principio en la transmisión de movimiento por medio de dos engranajes, uno de los cuales se encuentra acoplado al eje de la válvula y el otro a un potenciómetro lineal (transductor de movimiento mecánico a señales eléctricas), que se encarga de transmitir una señal eléctrica que es proporcional al ángulo de apertura de la válvula.

3.2.1 Elementos del sensor

Se dispone de un potenciómetro lineal con un ángulo máximo de desplazamiento mecánico de 310° y una resistencia variable de $5K\Omega$, valor necesario para que la corriente de entrada a los amplificadores

operacionales que forman parte de la tarjeta de entradas analógicas, no sea elevada.

Una vez que los principales parámetros eléctricos del sensor han sido revisados, se pone énfasis en el sistema de transmisión de movimiento utilizando para tal propósito un pequeño sistema de engranajes, mecanismos que tienen 3 propósitos principales: aumentar la fuerza o torque, reducir la velocidad del movimiento rotacional del eje de la válvula y transmitir el movimiento en forma segura y eficiente, siendo los dos últimos los requeridos para nuestro caso.

Un engranaje básico está formado por dos piñones, que permite la transmisión del movimiento sin el posible deslizamiento que podría ocurrir entre dos ruedas lisas. Un piñón es una rueda dentada (Spur) cuyas principales características son: diámetro interno (para el eje) y externo, número de dientes, la forma y medida de estos dientes y el tipo de material que están fabricados. Todos estos detalles han sido tomados en cuenta para el diseño y construcción del juego de engranajes adaptados para sensar la posición de las válvulas. Información que se encuentra en el Anexo C.

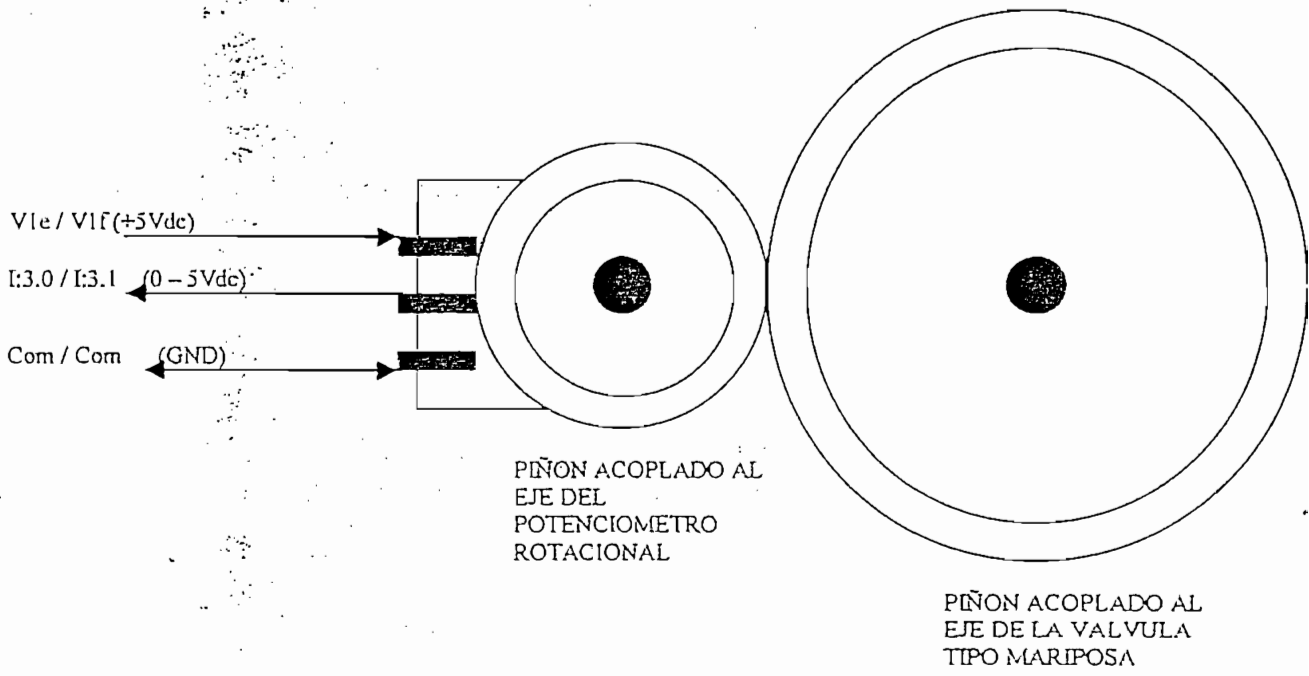
3.2.2 Conexiones eléctricas.

Las conexiones de los sensores de posición de las válvulas se las puede observar en el plano III.2. Una muestra fotográfica a estos sensores se incluyen en las siguientes páginas.

En la tabla III.3 se listan los sensores de posición instalados en las válvulas.

Designación	Ubicación	Modelo	Tipo de señal de
ZT800	Válvula San Francisco	5K-B	Análoga. 0 a 5Vdc
ZT801	Válvula de Agoyán	5K-B	Análoga. 0 a 5Vdc

Tabla III.3



TESIS DE GRADO CARLOS PARRA FLAVIO VELÉCELA	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	
	PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA EL PROYECTO "MODELO HIDRAULICO CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO"	
TITULO:	DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS DEL SENSOR DE POSICION DE LA VALVULA	
REVISADO:	APROBADO:	DIBUJADO:
ESCALA INDICADA	FECHA: 1999-10-14	PLANO III 2

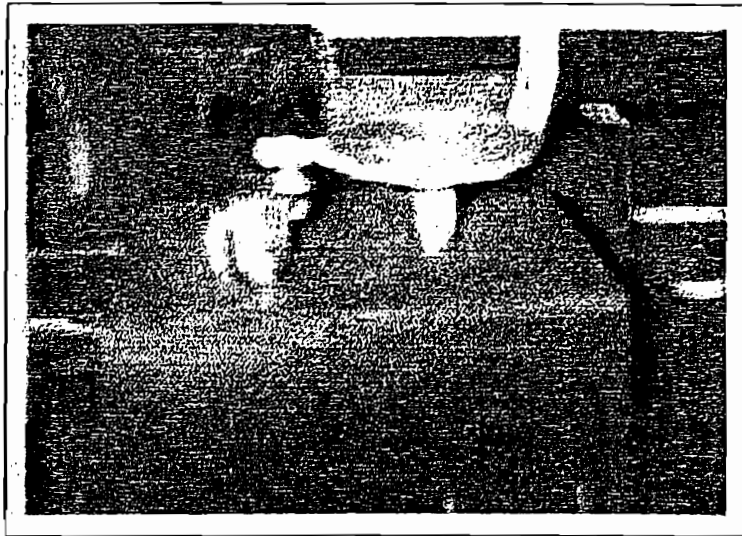


Imagen 3.3 Sensor Transmisor de posición de la Válvula Agoyán

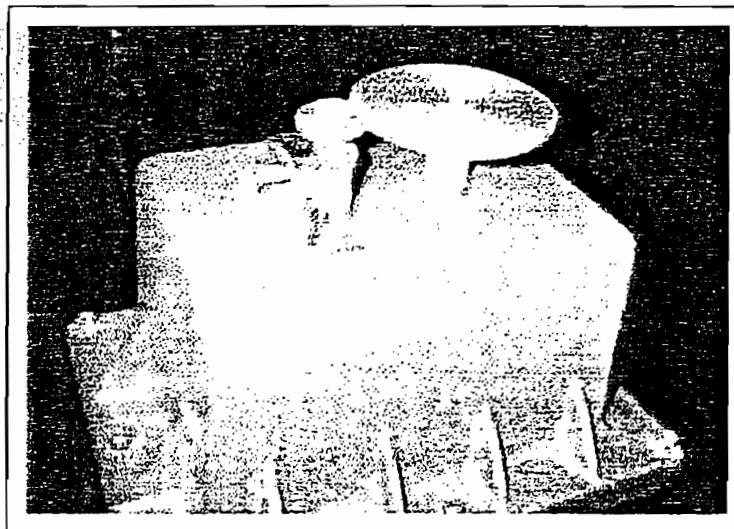


Imagen 3.4 Sensor Transmisor de posición de la Válvula San Francisco ;

3.3 ACTUADORES ^[1]

Un actuador es un dispositivo que produce un movimiento lineal o rotativo por medio de la utilización de una fuente de energía y bajo la acción de una señal de control.

Los actuadores son alimentados por fuentes de energía que pueden ser fluidos (neumática, hidráulica, etc.), eléctricas (fuentes de corriente continua o alterna) y de otro tipo, y la convierten a través de un motor, pistón, u otro dispositivo para lograr la ejecución de un trabajo. Los actuadores básicos pueden ser catalogados según el sistema utilizado para el control de dirección, proveen dos condiciones de operación ON / OFF y con posibilidad de inversión de giro. Otros actuadores mas sofisticados son capaces de proporcionar puntos intermedios de posición, pueden autocontrolar su fuente de energía y simplemente necesitan de una pequeña señal de control para direccionarse.

Un actuador moderno para válvula puede ser equipado con dispositivos detectores de posición, detectores de torque, protección para el motor,

[1] TESIS, Irma Proaño Esparza. Diseño e Implementación del Centro de Supervisión y Control del Proyecto Papallacta

control lógico y control PID, todos integrados en un módulo compacto y protegido contra las condiciones agresivas de medio ambiente.

Actualmente muchas labores están siendo ejecutadas por máquinas mediante la automatización, la cual tiene su brazo de acción en los actuadores, los cuales proveen de una interface entre la inteligencia de control y la acción física a realizarse. A la vez existe la necesidad de proporcionar seguridad para los operadores y protección ambiental.

Además, válvulas de trabajos críticos deben ser cerradas rápidamente en casos de emergencias, tales como fuego, fugas o inundaciones con lo cual se puede prevenir serias catástrofes y minimizar daños en instalaciones.

Beneficios que algunos actuadores están en capacidad de entregar.

Debido a que algunas válvulas de gran diámetro deben ser capaces de manejar altas presiones diferenciales, son necesarias grandes cantidades de energía para accionarlas, utilizando ventajas mecánicas de grandes cajas de engranajes (reducción de velocidad, incremento de torque) se ve disminuida esa cantidad de energía requerida para el accionamiento.

Para la selección de un actuador dentro de un proyecto de automatización se debe considerar entre otros los siguientes aspectos: características de la válvula, requerimientos de la automatización, fuentes de energía, capacidad de operación bajo condiciones de fallo de energía, protección contra agentes contaminantes, integración con sistemas de automatización existentes, requerimientos de la instalación y costos.

Una vez seleccionada la válvula el próximo paso es considerar los requerimientos de automatización para determinada aplicación, desde el punto de vista del actuador son de dos tipos:

El primer grupo de válvulas son aquellas operadas mediante movimiento multivuelta. Se trata de válvulas que utilizan un vástago que sube sin rotar, vástago que sube y rota o vástago que rota pero no sube. Este grupo incluye válvulas de compuerta, de globo, válvulas para esclusas, válvulas tipo cuchilla, etc. Estos tipos de válvulas requieren el uso de un actuador multivuelta capaz de entregar el torque requerido para operarlos. Alternativamente se puede usar actuadores neumáticos de pistón con movimiento lineal o actuadores neumáticos de diafragma.

El segundo grupo es el de operación por cuarto de vuelta. Este grupo incluye válvulas tipo mariposa, tapón, bola y dampers. Para accionar estas válvulas se requiere de un simple movimiento de 90° con el torque adecuado en función de la carga a la que se encuentra sometido.

3.3.1 Tipos de Actuadores^[1]

Los actuadores se clasifican de acuerdo al tipo de energía para impulsarlos y al tipo de movimiento requerido. A continuación se detallan los tipos de actuadores más comunes:

Actuadores eléctricos

Los actuadores energizados eléctricamente utilizan un motor eléctrico monofásico o trifásico, moviliza una combinación de engranajes que impulsa una tuerca de arrastre, la que a su vez encaja con el vástago de la válvula para abrirla o cerrarla.

Los actuadores eléctricos multivuelta tienen la capacidad de operar rápidamente válvulas de gran tamaño. Con el propósito de proteger la

^[1] TESIS. Irma Proaño Esparza, Diseño e Implementación del Centro de Supervisión y Control del Proyecto Papallacta

válvula, el actuador esta equipado con interruptores que desconecta al motor en ambos finales de carrera, mientras que un mecanismo sensor de torque dentro del actuador desconecta al motor eléctrico cuando está excediendo del nivel seguro de torque. Existen mecanismos que incluyen un sistema de embrague y volante que permite la operación manual de la válvula en caso de falla de la alimentación eléctrica.

La ventaja del actuador multivuelta es que todos sus accesorios están integrados y protegidos en la misma carcasa, disponiendo de las funciones básicas y especiales a prueba de intemperie, explosión y en algunos casos sumergibles.

La desventaja del actuador eléctrico multivuelta esta en que la válvula queda en su última posición y no es posible alcanzar una posición segura en el caso de falla de energía eléctrica.

Existen además actuadores eléctricos de cuarto de vuelta, cuya diferencia principal con el multivuelta, radica, en que la caja de engranajes produce un movimiento de salida de 0 a 90 grados.

Las ventajas de este tipo de actuadores es la eliminación de daños por inversión de rotación, protección al motor en caso de válvula atascada, medición continua de torque, diagnóstico de la válvula, adicionalmente es

posible lograr operaciones de emergencia utilizando un sistema de respaldo por baterías entre otras características.

Los actuadores eléctricos de un cuarto de vuelta son utilizados en válvulas de hasta aproximadamente 12 “ de diámetro y su torque de salida es alrededor de 1000 libras – pulgada.

Actuadores neumáticos e hidráulicos.

Los actuadores eléctricos y neumáticos son extremadamente versátiles y son aptos para operar en lugares donde no existe energía eléctrica y además existe la disponibilidad de una fuente neumática o hidráulica como son los compresores de aire o las bombas de aceite. Están diseñados para soportar esfuerzos mecánicos considerables, tienen un rango de aplicación muy amplio tomando en cuenta que los actuadores grandes son capaces de producir torques de más de un millón de libras – pulgada.

Prácticamente todos los actuadores neumáticos utilizan un cilindro neumático y un mecanismo que convierte el movimiento lineal del cilindro en un movimiento rotativo.

Frecuentemente los actuadores neumáticos son controlados por medio de electroválvulas que están instaladas en el actuador y conectadas por

tuberías metálica al cilindro. Los interruptores indicadores de posición están normalmente instalados en el tope del actuador y operados a través del eje de salida.

3.3.2 Electroválvulas utilizadas en el proyecto.

En el sistema hidráulico, el control de caudal del proyecto Cámara de Interconexión se lo realiza utilizando válvulas marca NIBCO tipo mariposa con accionamiento eléctrico por medio de un electromecanismo (Actuador) que consta de un motor de 24 Vdc, una caja reductora de velocidad e incremento de torque por medio de engranajes, una bobina de imán permanente (como freno opcional), y dos micro interruptores que acoplados a levas detectan las posiciones extremas de la válvula (0 y 90 grados).

Principio de operación de la válvula mariposa

Las válvulas mariposa son excelentes válvulas de control, su uso más común es para cierre. Producen cierre hermético a prueba de goteo, se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, incluso vapor, aire, gases, líquidos, pastas aguadas y sólidos.

El funcionamiento básico de una válvula mariposa es sencillo, pues solo requiere de una rotación de 90 grados del disco para abrirla por completo. La sencillez del funcionamiento a aumentado mucho el empleo de estas válvulas con control automatizado, remoto o local.

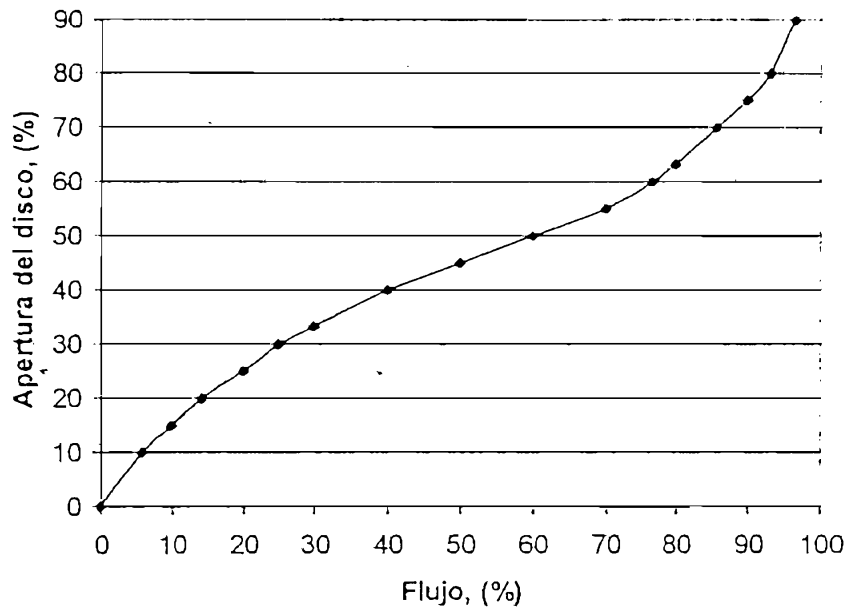


Fig. No. 3.5 Característica típica de la válvula mariposa.

Debido a sus características de flujo rectilíneo (característica de linealidad) con aperturas entre 20 y 70 grados, son adaptables, para la mayoría de aplicaciones de control. Esta característica se muestra en la figura 3.5.

Las válvulas de tipo mariposa son muy eficientes para el control, comparadas con las válvulas tipo globo. La velocidad de la corriente en flujo no se pierde por que el fluido circula en forma aerodinámica alrededor del disco. EL flujo en los asientos restringidos de las válvulas del globo y alrededor del macho ocasiona grandes caídas de presión.

La calidad de control que se obtenga con una válvula depende de la relación entre la caída de presión en ella y la del sistema total. En consecuencia la válvula mariposa es ideal para aplicaciones de control en donde se necesita mínima pérdida de presión.

Las válvulas de control de mariposa suelen estar equipadas con un sistema contra falla de energía, para que en caso de ausencia de esta, el disco se abra o cierre en forma automática; estos sistemas pueden ser resortes, tanques de aire o sistemas mecánicos que funcionen después de que ocurre la pérdida de potencial en el operador motorizado de la válvula. Se puede instalar además dispositivos de alarma para indicar la falla o para detener las bombas para mayor seguridad.

Características técnicas de las válvulas utilizadas en el proyecto

Para ambas electroválvulas las especificaciones técnicas son las siguientes:

- Torque nominal al eje de la válvula: 2000 In/Lbs
- Torque de disparo: 1.4 ÷ 2 torque nominal
- Motor de corriente continua de 24 V
- Corriente promedio del motor: 2A
- Corriente a torque nominal del motor: 2A
- Eficiencia del motor: 90%
- Velocidad: 1800rpm
- Tiempo de cierre de la válvula: 5 segundos

3.3.3 Conexiones eléctricas

Las válvulas antes mencionadas constituyen los elementos principales para el control de apertura y cierre de la tubería. En el plano III.3 se muestran las conexiones del actuador; y en la pagina subsiguiente, las fotografías de las válvulas instalados en las tuberías del modelo.

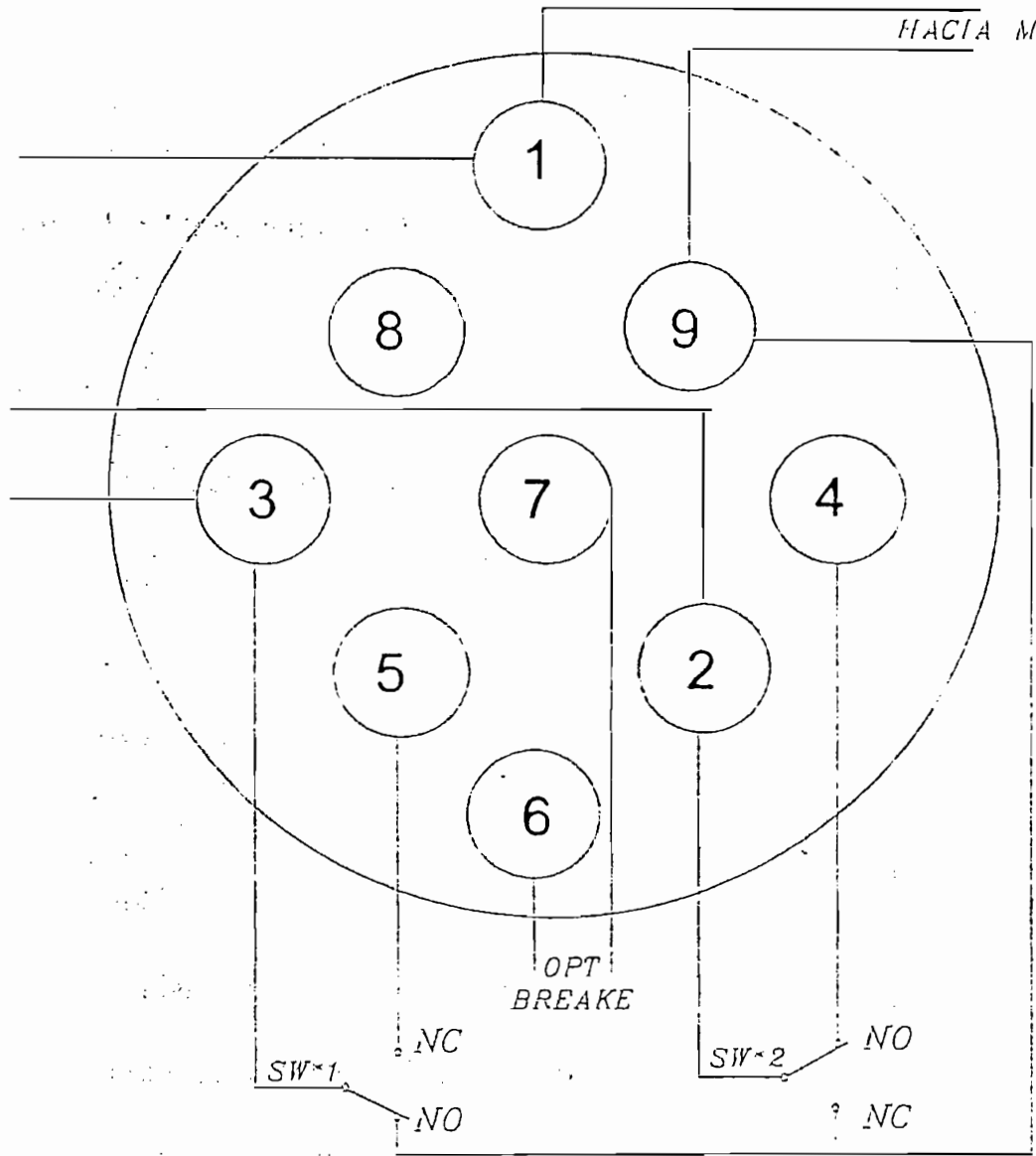
En la siguiente tabla III.4 se listan los dos actuadores de las válvulas instalados en el proyecto.

Designación	Ubicación	Diámetro (")	Modelo	Tipo de control
MOV800	Agován Modelo	9	WDL020	ON-OFF
MOV801	San Francisco Modelo	9	WDL020	ON-OFF

Tabla III.4

DE FUENTE DE ALIMENTACION

HACIA MOTOR



INSTRUCCIONES:

ABIERTO:
 +24Vdc - Term.1
 -24Vdc - Term.2
 CERRADO:
 +24Vdc - Term.3
 -24Vdc - Term.1

TESIS DE GRADO CARLOS PARRA FLAVIO VELECELA	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA	
	PROYECTO: SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION PARA EL PROYECTO "MODELO HIDRAULICO CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO"	
TITULO: DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS DEL ACTUADOR DE LA ELECTROVALVULA		
REVISADO:	APROBADO:	DIBUJADO:
ESCALA INDICADA:	FECHA: 1999-10-14	PLANO III.3

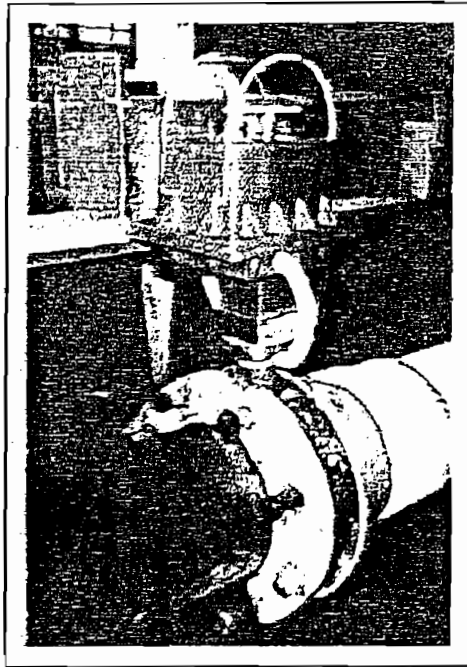


Imagen 3.4 Electrovalvula de Agoyán



Imagen 3.6 Electrovalvula de San Francisco

4 CONFIGURACION DEL SOFTWARE RSVIEW32 DE LA ESTACION DE SUPERVISION

La Estación Maestra esta ubicada en el segundo piso del Laboratorio del CIERHI, que consiste de un Computador personal Pentium II, un dispositivo apuntador (Mouse), un convertidor (RS232/RS485) para la comunicación entre el PLC y la estación de monitoreo y una impresora matricial para generación de reportes e informes.

La configuración del computador es la siguiente:

- Procesador Pentium II, 400MHz

- Monitor de 17" resolución .26

- Disco duro de 13 GB, RAM 64 MB

- Tarjeta de fax moden 55.6 Kbps

- Tarjeta de red 10/100

;

En este computador esta instalado el software RSView32 de la Rockwell Software, que en conjunto con el hardware antes descrito, constituye la Interface Hombre Maquina (MMI).

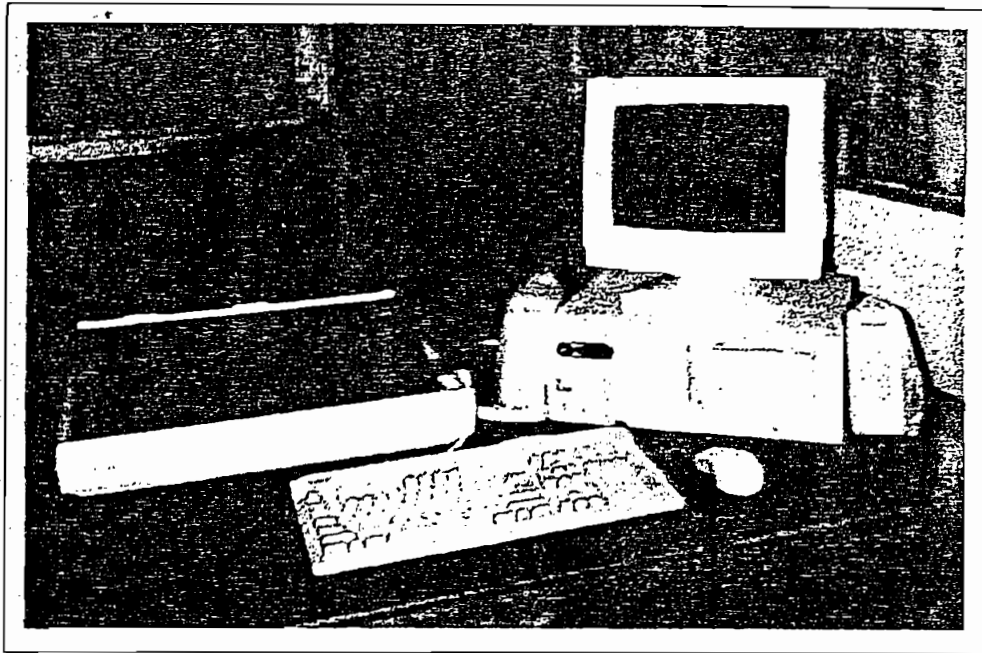


Imagen 4.1 Estación de supervisión del proyecto

4.1 CARACTERISTICAS DEL SOFTWARE RSView32

RSView32 es un software para crear y correr aplicaciones de adquisición de datos, monitoreo, supervisión y control.

El software RSView32 hace posible el monitoreo de lo que sucede en el proceso; proveyendo no solamente la función de monitoreo de datos, sino también el control supervisado del sistema en tiempo real. Basado en una arquitectura cliente/servidor, RsView32 provee herramientas para aplicaciones en línea de simples MMI hasta sofisticados sistemas SCADA.

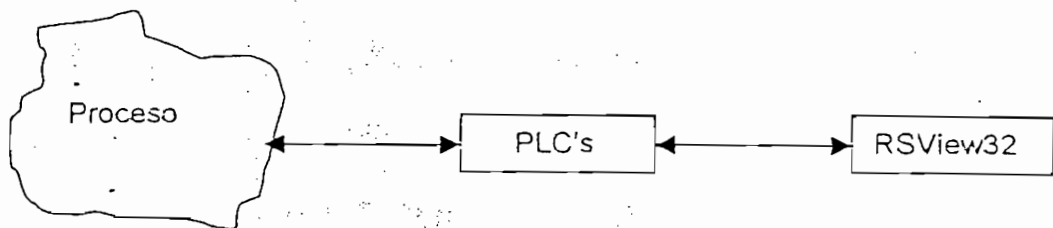


Figura 4.1 Interrelación entre Proceso, PLC y RSView32

En la figura 4.1 se ilustra la interrelación entre el proceso; el Controlador Lógico Programable y RSView32.

Su arquitectura flexible soporta tanto estaciones operadoras locales, como remotas ya sean estas RTU's (Unidades Terminales Remotas) y/o Controladores. Una vez adquirido los datos, estos podrán ser utilizados para control, tendencias históricas, reportes o simples verificaciones del personal de operación.

Gran variedad de topologías de redes normalizadas pueden ser utilizadas, dependiendo de los requerimientos, partiendo de simples redes LAN (Redes de Area Local) hasta sofisticadas redes WAN (Redes de Area Extendida).

Una guía resumida del Software RSView32 se incluye en el anexo A del presente trabajo.

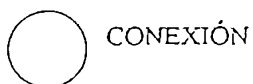
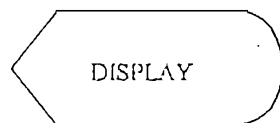
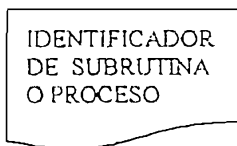
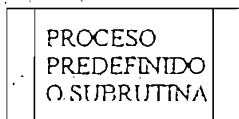
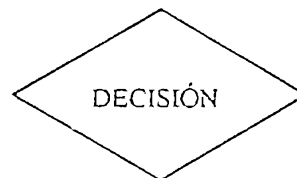
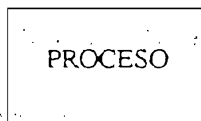
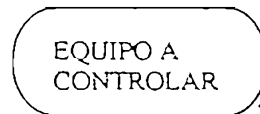
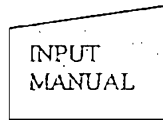
4.2 DIAGRAMAS DE FLUJO

Los diagramas siguientes sintetiza la operación de la estación Maestra de supervisión y la forma como interactúa con el PLC y los elementos de campo. Las labores para la cual ha sido configurada la estación supervisora van desde la presentación y despliegue de los datos adquiridos en diferentes pantallas, acondicionamiento de valores, hasta operaciones de control desde las pantallas gráficas hacia el proceso; siendo el PLC el equipo que sirve de enlace entre el proceso y la estación de monitoreo.

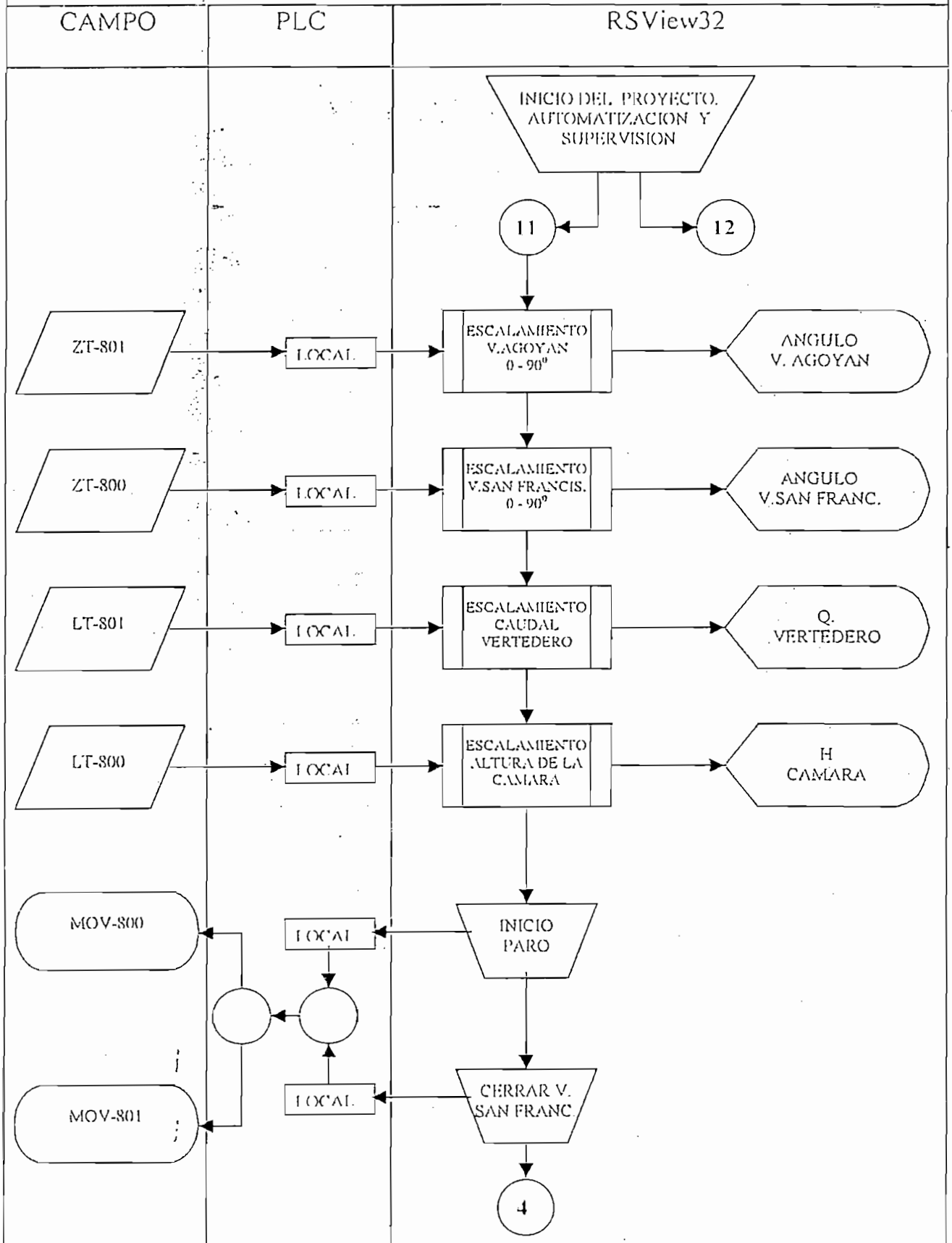
;

;

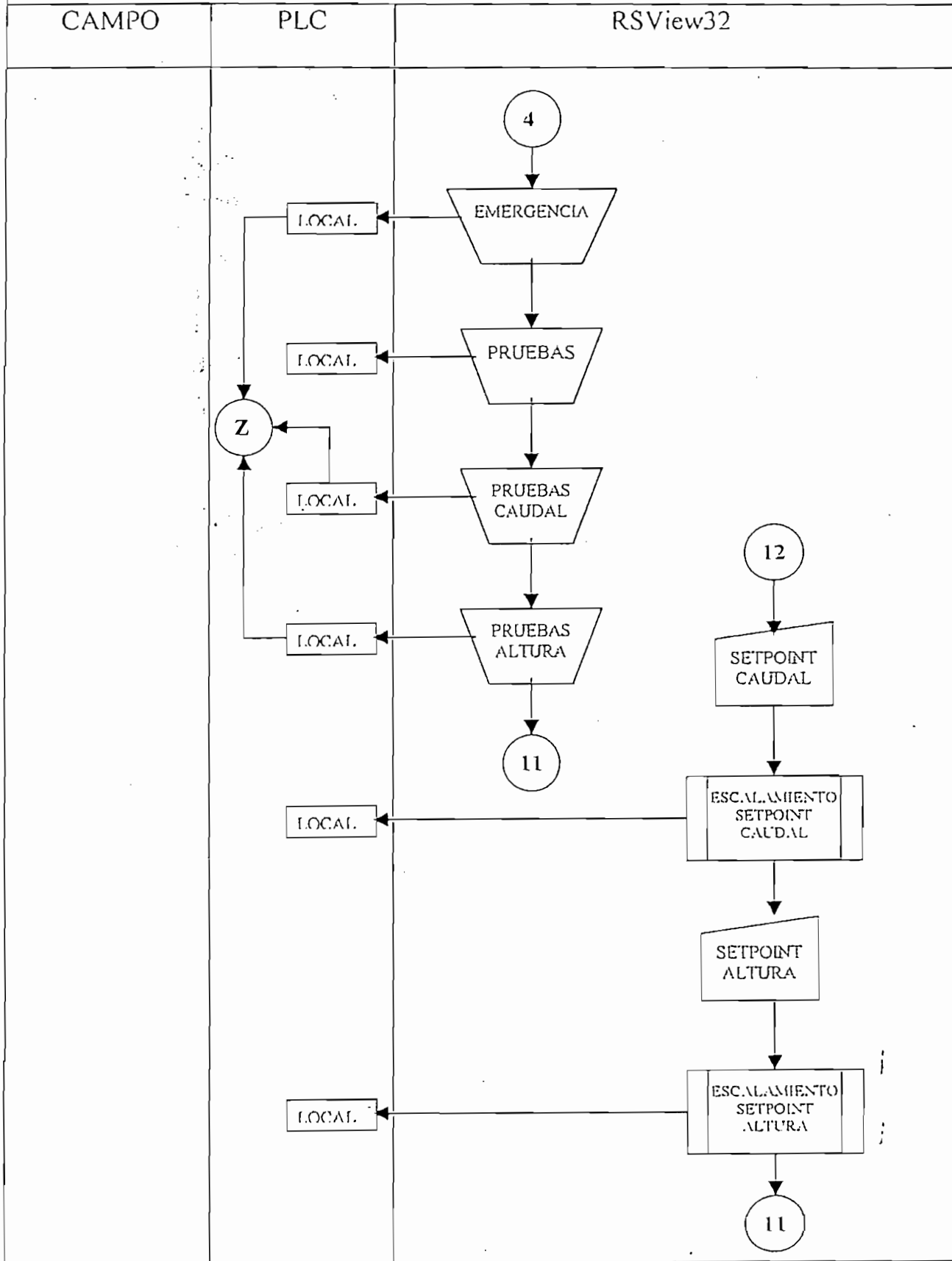
SIMBOLOGIA



AUTOMATIZACION PROYECTO ACI - OPERACION NORMAL



AUTOMATIZACION PROYECTO ACI – OPERACION NORMAL



4.3 CONFIGURACION DE PANTALLAS

La información de las variables físicas involucradas en el proceso recogidas por los elementos de campo (sensores), es presentada en tiempo real por medio de formatos gráficos o displays numéricos. De la misma forma el control de dichas variables se lo realiza utilizando el mismo formato. A continuación se presenta una descripción de la configuración de cada una de las pantallas gráficas, diseñadas para el proyecto:

4.3.1 Pantalla Principal

La ventana de MENU PRINCIPAL aparecerá como pantalla principal del proyecto de Automatización “ Cámara de Interconexión San Francisco “. Además se presenta el listado de opciones con botones animados, por medio de los cuales se puede acceder a otras pantallas que muestran la operación, estados y funcionamiento del sistema.

Las pantallas a las que se puede acceder son las siguientes:

- ☞ Diagrama general
- ☞ Pruebas
- ☞ Tendencias

- ☞ Alarmas
- ☞ Estados
- ☞ Niveles de seguridad

Cada una de las anteriores alternativas despliegan las pantallas correspondientes, las cuales se describen a continuación:

4.3.2 Pantalla "Diagrama General Cámara de Interconexión".

En esta pantalla se presenta la operación de la Cámara de Interconexión que capta el abastecimiento de agua del Tanque de Carga del Laboratorio. Se muestra la infraestructura física del proyecto y la distribución del equipo de campo instalado.

La puesta en marcha se la lleva a cabo por medio del botón ejecución/paro y es visualizado su estado en un led indicador gráfico junto al mismo.

Los valores de Setpoints que requiere el sistema son ingresados en litros/segundo para el Caudal y en m.s.n.m para la altura de la Cámara, que deben estar entre los límites prefijados. Cuando el valor ingresado está fuera del rango permitido, en la pantalla titila un mensaje de alerta. Estos valores son confirmados por medio indicadores numéricos ubicados bajo los valores prefijados.

- ☛ Alarmas
- ☛ Estados
- ☛ Niveles de seguridad

Cada una de las anteriores alternativas despliegan las pantallas correspondientes, las cuales se describen a continuación:

4.3.2 Pantalla "Diagrama General Cámara de Interconexión".

En esta pantalla se presenta la operación de la Cámara de Interconexión, que capta el abastecimiento de agua del Tanque de Carga del Laboratorio.

Se muestra la infraestructura física del proyecto y la distribución del equipo de campo instalado.

La puesta en marcha se la lleva a cabo por medio del botón ejecución/paro, y es visualizado su estado en un led indicador gráfico junto al mismo.

Los valores de Setpoints que requiere el sistema son ingresados en litros/segundo para el Caudal y en m.s.n.m para la altura de la Cámara, que deben estar entre los límites prefijados. Cuando el valor ingresado está fuera del rango permitido, en la pantalla titila un mensaje de alerta. Estos valores son confirmados por medio indicadores numéricos ubicados bajo los valores prefijados.

Toda la información recolectada por los elementos de campo (sensores LT-800; LT-801; ZT-800; ZT-801) es reproducida y mostrada por medio de indicadores numéricos y animaciones gráficas con sus respectivas unidades de ingeniería.

Las válvulas MOV tienen un led de indicación asociado al movimiento de los mismos. Cuando el led está en verde indica que la válvula está en movimiento para abrir o cerrar. Cambian a color rojo cuando están cerradas y a color verde cuando están abiertas en cualquier porcentaje de apertura.

Una herramienta a disposición del usuario constituye los botones de registro de Altura de la Cámara y Caudal del Vertedero, cuya finalidad es que el usuario pueda grabar estos registros, con la frecuencia que estime adecuado. Estos valores podrán manejarse como una base de datos y tener acceso a través de distintos programas de procesamiento (EXCEL).

Se dota de un botón de deshabilitación de emergencia para el caso en que el nivel de la cámara sea inferior al nivel mínimo permitido y cae en condición de emergencia, esta acción la realizará el personal autorizado, ya que el botón dispone de un nivel de seguridad.

Dentro de esta pantalla y mediante botones el operador tiene la opción de regresar a la pantalla de menú principal y de acceder a las pantallas de prueba y alarma.

4.3.3 Pantalla “Pruebas”

Debido a que las pruebas van dirigidas al comportamiento de la Cámara de Interconexión, en esta pantalla se muestra su estructura física.

Dentro de esta pantalla y mediante botones, el operador tiene la opción de:

- ☞ Iniciar la etapa de ejecución de pruebas, acción que deshabilita la operación normal del sistema y emergencia, por lo que ratifica la importancia de la seguridad de esta pantalla.
- ☞ Activar las pruebas de regulación de caudal. Con este comando se visualiza las opciones de ingreso predefinido de caudal y se muestra el caudal existente en la tubería.
- ☞ Activar las pruebas de regulación de altura. Se visualizan los botones de apertura o cierre de la válvula, en pasos prefijados.
- ☞ Escoger entre varias opciones de selección de variables a ser mostradas en el gráfico de tendencias en tiempo real.

- ☞ Registrar, con el período de muestreo que el operador considere pertinente; los valores de las variables (altura y caudal) en la base de datos del sistema.
- ☞ Navegar hacia la pantalla del menú principal y a la pantalla del diagrama general

En el caso de que los valores predefinidos estén fuera del rango permitido, el sistema muestra un mensaje titilante que pone en conocimiento del usuario el mal ingreso de datos.

Se dispone de un gráfico de tendencia para el registro de variables en función del tiempo por medio del cual se puede conocer el comportamiento, y observar la estabilidad del sistema; permitiéndose además continuar con la operación de la pantalla (regulación). Como herramientas adicionales y para tener una mejor presentación gráfica se disponen de una carpeta de comandos, que es creado conjuntamente con el proyecto. El escalamiento gráfico en amplitud y tiempo forma parte de esta carpeta, de tal forma que la señal registrada tenga las características gráficas que el operador requiere. En una gráfica secundaria se muestra los valores instantáneos de las variables, la fecha y hora.

4.3.4 Pantalla “Tendencias en tiempo real”

Un “Trend” es una representación visual en tiempo real que provee al operador de un camino para rastrear que sucede con la actividad de la planta.

En esta pantalla se presentan las tendencias de los valores adquiridos, en la parte superior se muestra la información de la altura de la cámara y del caudal del vertedero. Los accionamientos (ON/OFF) de las válvulas MOV-800 y MOV-801 son desplegados en la gráfica inferior de tal manera que se puede registrar e indicar el número de maniobras por periodo de tiempo.

En la parte derecha de la pantalla se despliegan un conjunto de botones para la selección de las variables que el operador desea observar; y en la acción de estos botones se utiliza un comando de la carpeta de herramientas de visualización. Para el retorno al menú principal, el operador se vale de la tecla de navegación ubicada en la parte superior derecha de la pantalla.

4.3.5 Pantalla “Alarmas del Sistema”

El sumario de alarmas muestra la información de las alarmas producidas en el sistema, las cuales se encuentran grabadas en la memoria del computador. Este sumario es totalmente configurable pues se puede

determinar que y como es mostrada la información de las alarmas. Para el proyecto se muestra la siguiente información:

- ☞ Fecha en la que se produjo la alarma.
- ☞ Hora en la que produjo la alarma.
- ☞ Nombre del tag (nombre lógico de una variable) que entró en estado de alarma.
- ☞ Valor numérico del tag en el momento en que se produjo la alarma.
- ☞ Unidades del valor del tag.
- ☞ Nivel de seguridad, toma valores de acuerdo a la severidad que es designada de acuerdo al valor numérico del tag.
- ☞ Nombre del operador, es la identificación del usuario que opera el sistema en el momento en que se produce la alarma.

El sumario puede listar hasta 1000 alarmas, según ocurran estos eventos van apareciendo hasta el tope de la lista. Cuando el sumario llega a llenarse, una alarma es removida de la lista por cada nueva alarma que aparece o cuando es desconocida.

La severidad de las alarmas puede ser configurada utilizando diferentes colores, de tal forma que se la pueda diferenciar visualmente como un estado de alarma bajo, medio y crítico.

Para el retorno al menú principal, el operador se vale de la tecla de navegación ubicada en la parte superior derecha de la pantalla.

4.3.6 Pantalla “Estados de los Registros de Enlace”

Esta pantalla nos permite conocer cual es el estado de los elementos que conforman el sistema, RSVIEW32 reconoce a estos elementos por medio de la asignación de tags que enlazan a una dirección de la memoria del PLC, en la cual se encuentra la información de los elementos de campo. Esta actualización de datos es un simple camino para chequear que la comunicación esté trabajando, usando el tag Monitor (Pantalla de estado de los tags).

El Tag Monitor muestra el estado de activación (Y/N), el nombre del tag, su valor, el estado (válido/error) y la descripción.

Para el retorno al menú principal, el operador dispone de una tecla de navegación ubicada en la parte inferior izquierda de la pantalla.

4.3.7 Pantalla “Niveles de Seguridad”

RSView32 brinda la posibilidad de configurar niveles de seguridad ya sea dentro de su proyecto o en todo el sistema. Configurar un nivel de seguridad en el proyecto involucra dar acceso a un usuario o un grupo de usuarios a ciertas partes del proyecto, no permitiendo que todos tengan la posibilidad de cambiar datos de programación, “Setpoint” o salir del proyecto a cualquier otra aplicación de Windows.

Para el proyecto en mención, la pantalla de seguridad permite el ingreso del nombre del usuario y su respectiva clave de acceso.

A continuación se muestran las pantallas correspondientes:

AUTOMATIZACION CAMARA DE INTERCONEXION SAN FRANCISCO



**Centro de Investigaciones y
Estudios en Recursos Hídricos**

MENU PRINCIPAL

DIAGRAMA PRINCIPAL

PRUEBAS

HISTOGRAMAS

ALARMAS

ESTADOS

N.SEGURIDAD

SALIR

REALIZADO POR :

JUAN CARLOS PARRA DAVALOS

FLAVIO EUGENIO VELECELA CACERES

10/10/99
10:14:22 AM

PRUEBAS

DIAGRAMA GENERAL DE LA CAMARA DE INTERCONEXION AGOYAN - SAN FRANCISCO

Menu Principal

EJECUTAR PROYECTO

Registro de datos de

Altura Camara

Caudal San Franc

Deshabilitar Emergencia

TANQUE DE CARGA DEL MODELO

MOV-801

De Tanque de Carga de Laboratorio

ZT-801

SE-2

LT-800 1462.1 (0.90)

SP 1408.5

CHIMENEA INFERIOR AGOYAN

MOV-800

SP 38

300

Hacia Canal de Recirculación

ZT-800

90.0



CAMARA DE INTERCONEXION

LT-801

0.00

Friday, 22 de October de 1998 10:19:54 AM

Menu principal

Fecha	Hora	Nombre	Valor	Unidades	Nivel seguridad	Operator Name
22/10/1999	10:02:37	Altura Nivel	1402.1	m3/m	1	INGEN

Ack Current | Ack Page | Ack All | Silence Cur | Silence Pge | Silence All | Identify | Filter | Sort

Clear | Clear All

Menu principal

	?	Tag Name	Value	State	Description
1	Y	INPLCAAltura	14821	valid	
2	Y	INPLCAAnguloVA	11	valid	
3	Y	INPLCAAnguloVSF	31034	valid	
4	Y	INPLCAcaudal	0	valid	
5	Y	INPLCAEMERG		Off valid	
6	Y	INPLCAEmergencia		Off valid	
7	Y	INPLCAONVA		On valid	
8	Y	INPLCAONVSF		Off valid	
9	Y	INPLCAprueba		Off valid	
10	Y	INPLCApruebaCLOSE		Off valid	
11	Y	INPLCApruebaH		Off valid	
12	Y	INPLCApruebaOPEN		Off valid	
13	Y	INPLCApruebaQ		Off valid	
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

4.4 NIVELES DE SEGURIDAD.

El software RSView32 utilizado para el proyecto ACI respalda el buen funcionamiento operativo del sistema, utilizando niveles de seguridad, a fin de evitar el uso del sistema por personal no autorizado. Esta característica es vital considerando que hoy en día los sistemas SCADA pueden operar con una arquitectura Cliente/Servidor, de tal forma que se puede tener acceso remoto de varios usuarios simultáneamente y además con conexiones a otras redes.

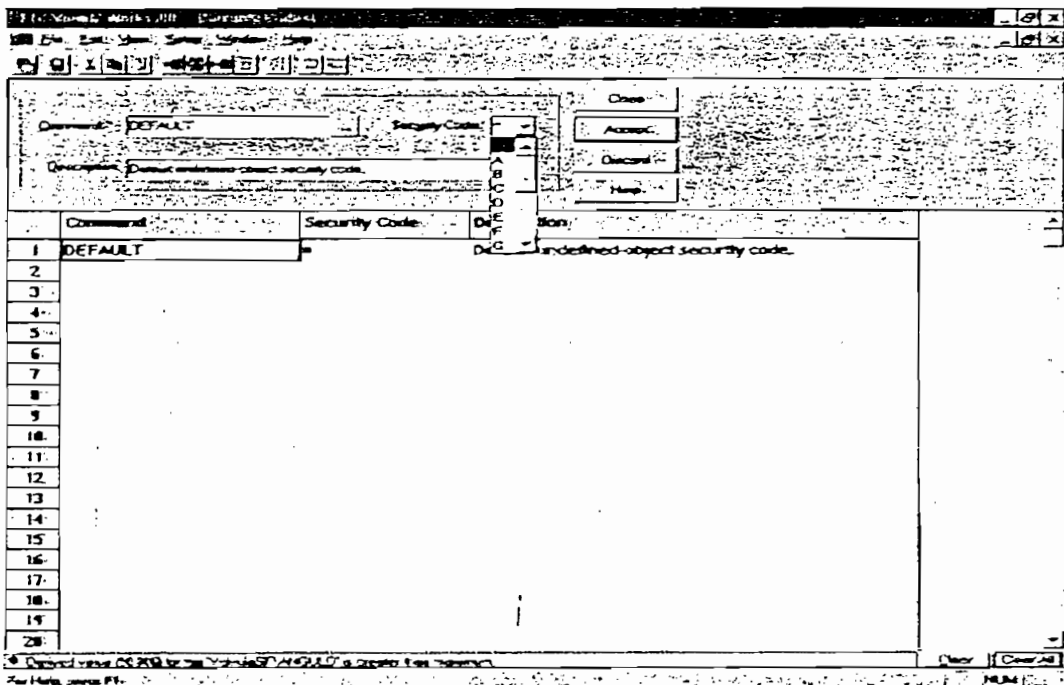


Fig. 4.2 Pantalla de configuración de códigos de seguridad.

Para garantizar la seguridad del sistema, el RSView32 provee niveles configurables de seguridad y de control (Fig. 4.2). Estos son configurados individualmente para cada operador. Hasta 255 niveles de seguridad limitan el control operacional de partes de la planta para los usuarios individuales y de 17 códigos de seguridad para el acceso a pantallas, tags y comandos del RSView32; un asterisco (*) y las letras de la A hasta la P. El asterisco es de acceso ilimitado y las letras son de acceso limitado. Las letras no tienen jerarquías, esto es, todas proveen del mismo nivel de seguridad. No es necesario usar todos los códigos de seguridad o asignarlos en un orden particular.

Se puede adicionar seguridades para que ciertos usuarios o grupos de usuarios tengan acceso solamente a ciertas partes del sistema.

La seguridad en RSView32 está basada en un sistema de códigos. Cada código permite a un usuario o grupo de usuarios, con privilegio de seguridades tener el acceso a los comandos del RSView32. Los usuarios pueden asignar una combinación de códigos de seguridad, permitiendo a cada uno tener acceso a diferentes partes de las pantallas.

En el editor de códigos de seguridad, se crea una lista de comandos o macros de RSVIEW32 y luego se asigna un código de seguridad a cada ítem de la lista.

Aquí, se puede también desactivar las estrictas seguridades, como comandos o macros usados en algún lado del proyecto, comandos en línea de gráficos con controles que no son chequeados por la seguridad.

El editor de código de seguridad y el editor de niveles de seguridad (Account editor) tienen comandos que pueden ser usados para activar la apertura del editor. El comando SECURITY abre el editor de códigos de seguridad y el comando ACCOUNT abre el editor de niveles de seguridad.

Una vez que se asignan códigos de seguridad a componentes del RSVIEW32, se usa el editor de USER ACCOUNT (Fig. 4.3) para asignar esos códigos a los usuarios con los respectivos niveles de seguridad.

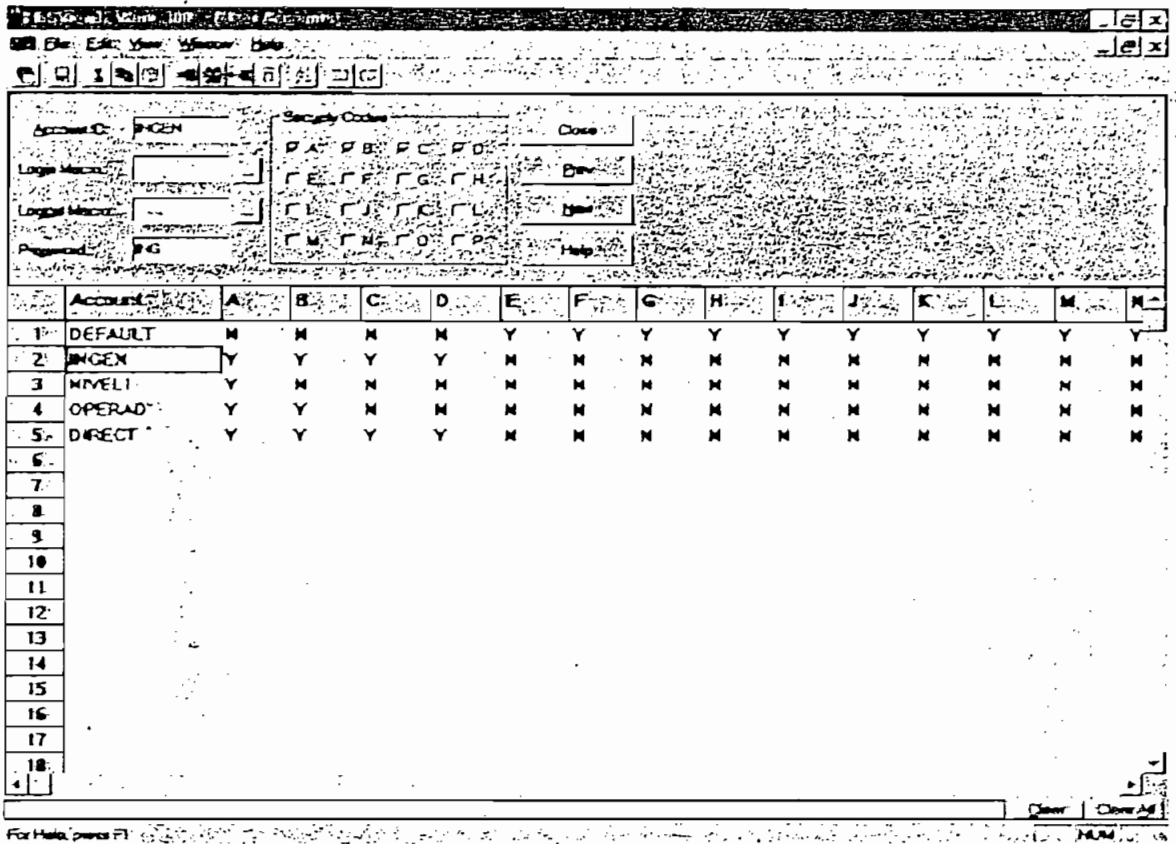


Fig. 4.3 Pantalla de configuración de los Niveles de Seguridad

La estación arranca con la condición de que el operador registre su entrada, no pudiendo tener acceso a ninguna función de la Estación hasta que el registro de la seguridad se haya realizado exitosamente.

Si no se ha ingresado el nivel de seguridad, la Estación arranca en un nivel de seguridad mas bajo, sin embargo se necesita una contraseña (PASSWORD) para tener acceso a un nivel de seguridad mayor.

Funciones permitidas en cada nivel de seguridad

A continuación se resumen las funciones permitidas para cada nivel de seguridad las cuales se puede apreciar en la Tabla.IV.1

Función	NIVEL 1	OPERAD.	INGEN.	DIRECT.
Pantalla de arranque				
Menú principal				
Diagrama general				
Botón de ejecución del proyecto				
Pruebas				
Estados, Alarmas, Tendencias				
Control de puntos prefijados (SP)				
Elaborar reportes				
Botón de ejecución de pruebas				
Botones de registros				
Acceso a reprogramación				
Ingreso a la base de datos				

Tabla IV.1 Funciones asignadas del proyecto

4.5 GENERACION DE REPORTE.

Los reportes son generados extrayendo la información de la base de datos del sistema, y pueden estar disponibles para el usuario utilizando una pantalla gráfica, direccionarla a la salida de una impresora o almacenarla en un archivo para una futura aplicación. Para aplicaciones de RSView32, los reportes son generados en un periodo de tiempo programado por el

usuario, horario, diario, semanal, mensual, anual o programar según el turno de los operadores. Estos reportes son generados con la ayuda de un comando del sistema que automáticamente despliega la información en la pantalla del RSVIEW32 Reports, que es parte de la carpeta de herramientas RSVIEW2 Tools(Fig. 4.4).

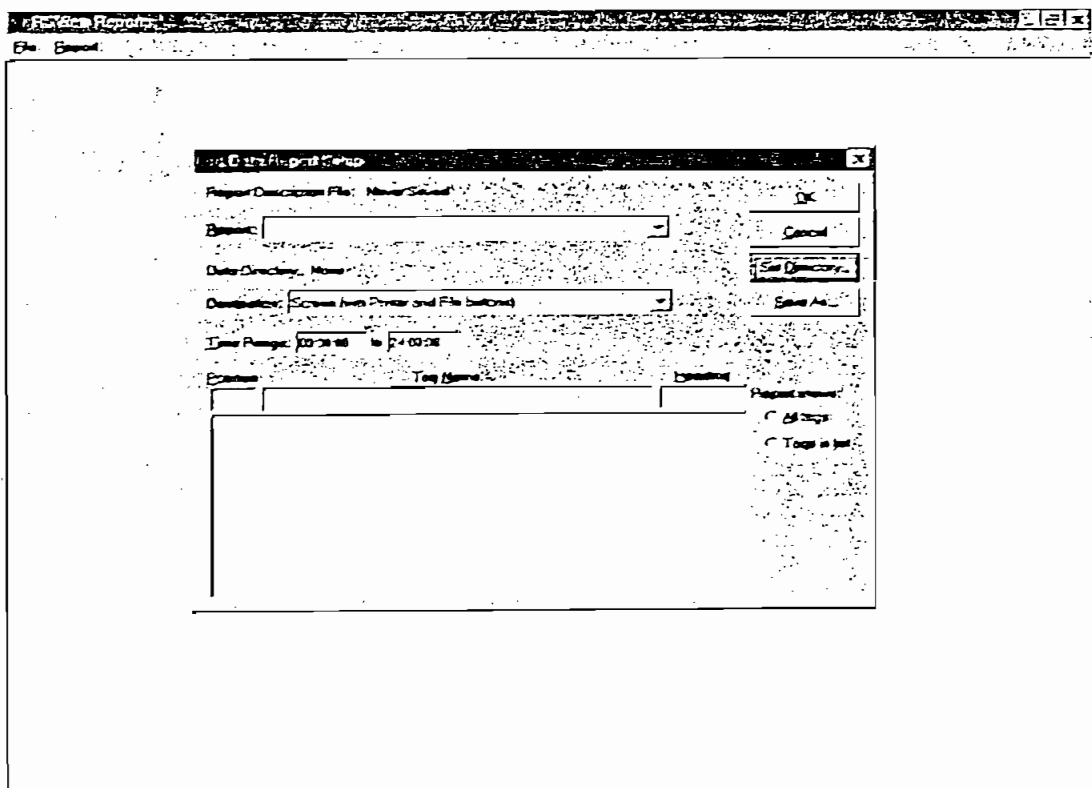


Fig. 4.4 Pantalla de reportes

Para correr el registro de reportes se utiliza un botón que activa el RSVIEW32 Reports y cuyo comando se presenta en el siguiente formato:

```
AppStart rsviewrp -d<path>
```

<path> es el camino donde se encuentra el archivo del cual se desea generar el reporte.

Los archivos de reportes básicos de RSVIEW32(Fig. 4.5) son: Registro de datos, registro de actividades y registro de alarmas. Hay dos tipos de reportes de registro de datos; el primero contiene una lista cronológica de los registros ingresados; mientras el segundo tipo contiene una tabla con el tiempo como filas y los tags como columnas. Para este segundo tipo, el tamaño de la página se restringe a reportar ocho tags en formato vertical y once tags en formato horizontal. Utilizando el paquete Microsoft Excel se puede obtener un formato de cuarenta tags.

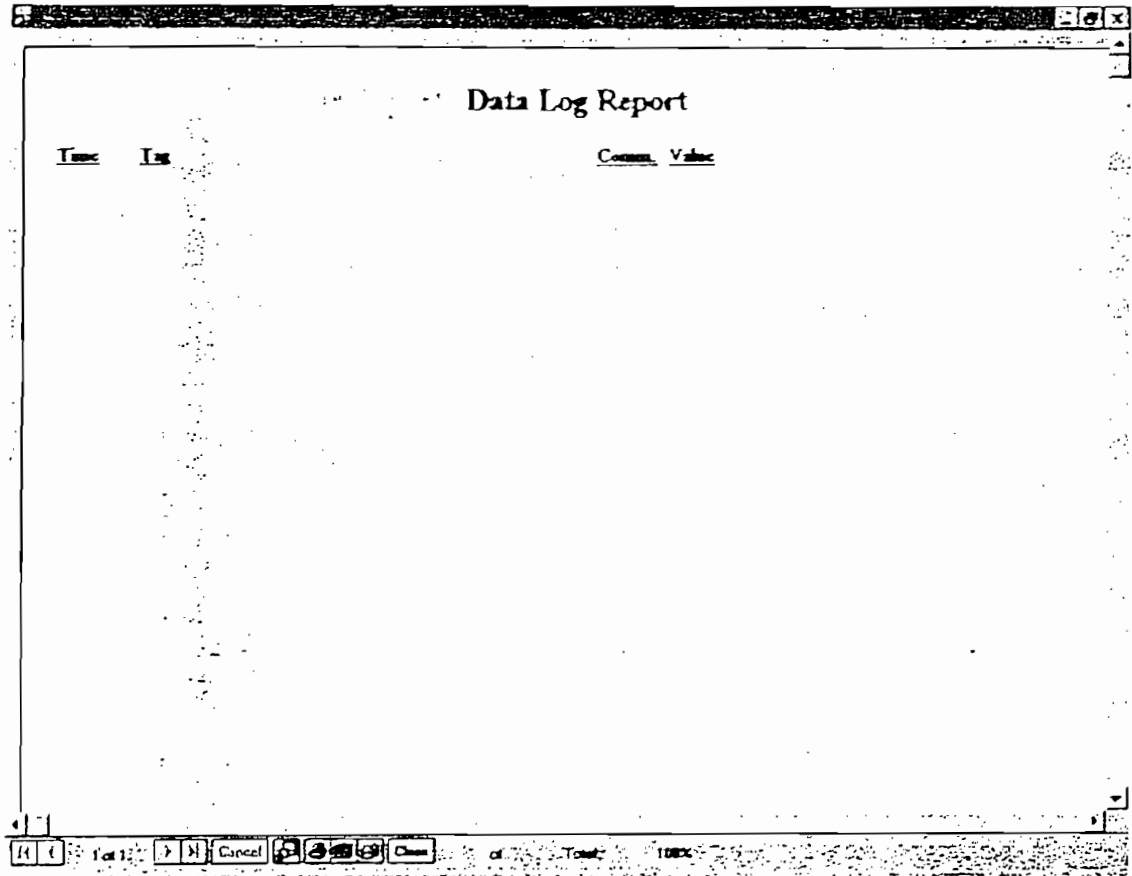


Fig. 4.5 Pantalla del formato de reportes

4.6 CONFIGURACION DE LA COMUNICACION ENTRE LA ESTACION DE MONITOREO Y LA DE CONTROL.

La coexistencia de equipos y dispositivos dedicados al control y adquisición de datos tales como: controladores programables, computadoras, sensores, actuadores, etc. hacen relevante la comunicación dentro del sistema, estableciendo una forma de unir todos estos dispositivos con la finalidad de aumentar la eficiencia y la de proporcionar nuevas posibilidades de ampliación del sistema. Las ventajas que se aportan con la comunicación son evidentes; y entre otras se pueden mencionar:

- ☞ Monitoreo y supervisión del proceso.
- ☞ Transferencia rápida de datos, eficiente y libre de interferencias.
- ☞ Incremento del rendimiento del proceso.
- ☞ Posibilidad de tener la información del proceso en distintos puntos geográficos; utilizando diferentes tipologías de redes.
- ☞ Poder conmutar servicios a diferentes usuarios de la red.

Debido a que RSView32 se encuentra funcionando en plataforma operativa Windows95, utiliza como interface de comunicación directa el WINTelligent LINX, software que maneja la comunicación con equipos Allen Bradley. Cuando los equipos no son de esta marca, RSView32 utiliza la técnica de comunicación DDE (Dinamic Data Exchange).

Para hacer uso de la comunicación, RSView32 utiliza el editor de comunicaciones, lo cual involucra la configuración de:

- ☞ Canal de comunicación; a través del cual se comunica la Estación Maestra con el proceso. En RSView32 se disponen de 4 canales de comunicación.
- ☞ Nodo, que identifica a un elemento desde donde se requiere información; y que puede ser parte de una red configurada para descargar periódicamente los datos del controlador. Este proceso es denominado Scan Class.

En la figura 4.6 se muestra la pantalla del editor de comunicaciones.

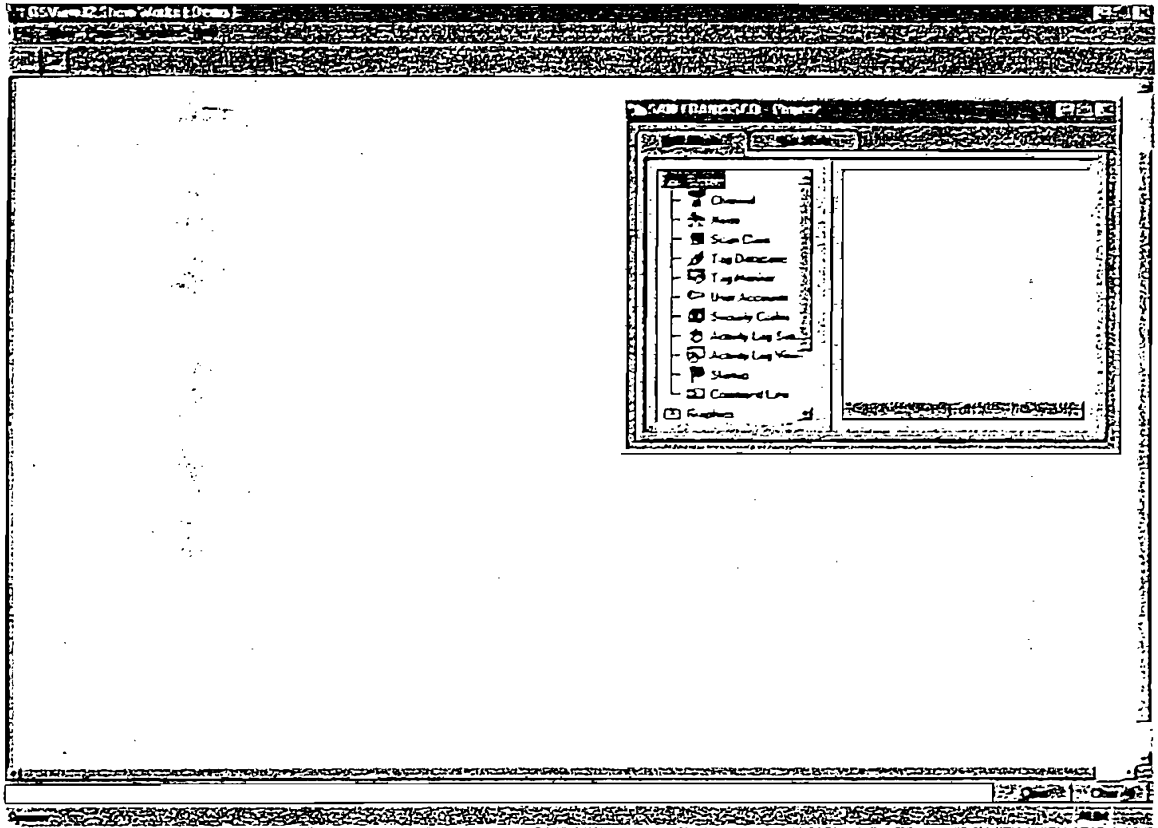
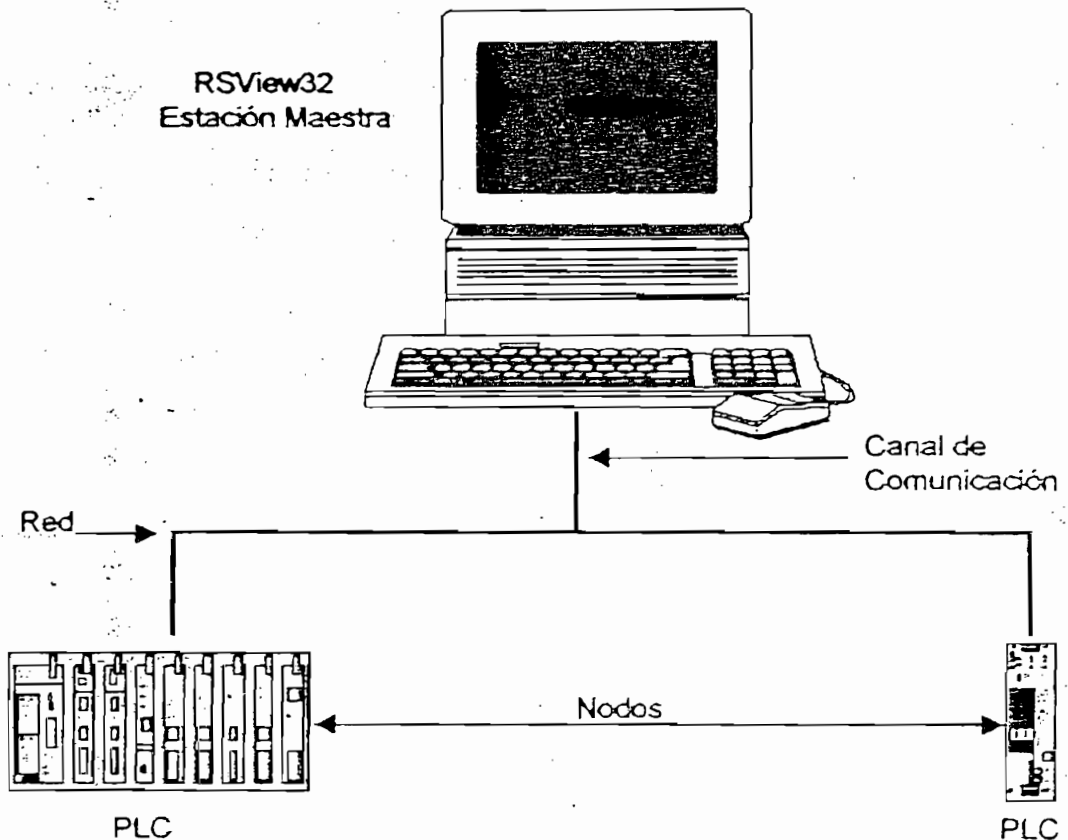


Fig. 4.6

La siguiente ilustración muestra la Estación Maestra, los canales y nodos.



Para entablar la comunicación entre el canal y el PLC se utiliza la interface 1747-PIC de Allen Bradley, un elemento externo de conexión a través del pòrtico serial. Esta interface convierte los estàndares de conexi3n RS232 a RS485.

WINtelligent LINX soporta mltiples comunicaciones de elementos de hardware diferentes. Toda la configuraci3n de comunicaci3n del hardware

es almacenada en un archivo llamado ICOMWDRV.INI, localizado en el directorio WINDOWS sin importar donde se este instalando WINtelligent LINX.

WINtelligent LINX automáticamente da a cada elemento de comunicación un nombre. El nombre consiste de dos partes: Tipo y número de Driver. El tipo de Driver es determinado por el actual elemento de hardware de comunicación.

WINtelligent LINX utiliza el Super WHO para confirmar que se establezca adecuadamente la comunicación y se haya realizado una buena configuración de los drivers. Super WHO posee tres modos de descargar los datos de las treinta y una estaciones configurables que son: rápida, gráfica y normal, las dos últimas se encuentran visualizadas en la siguiente pantalla.

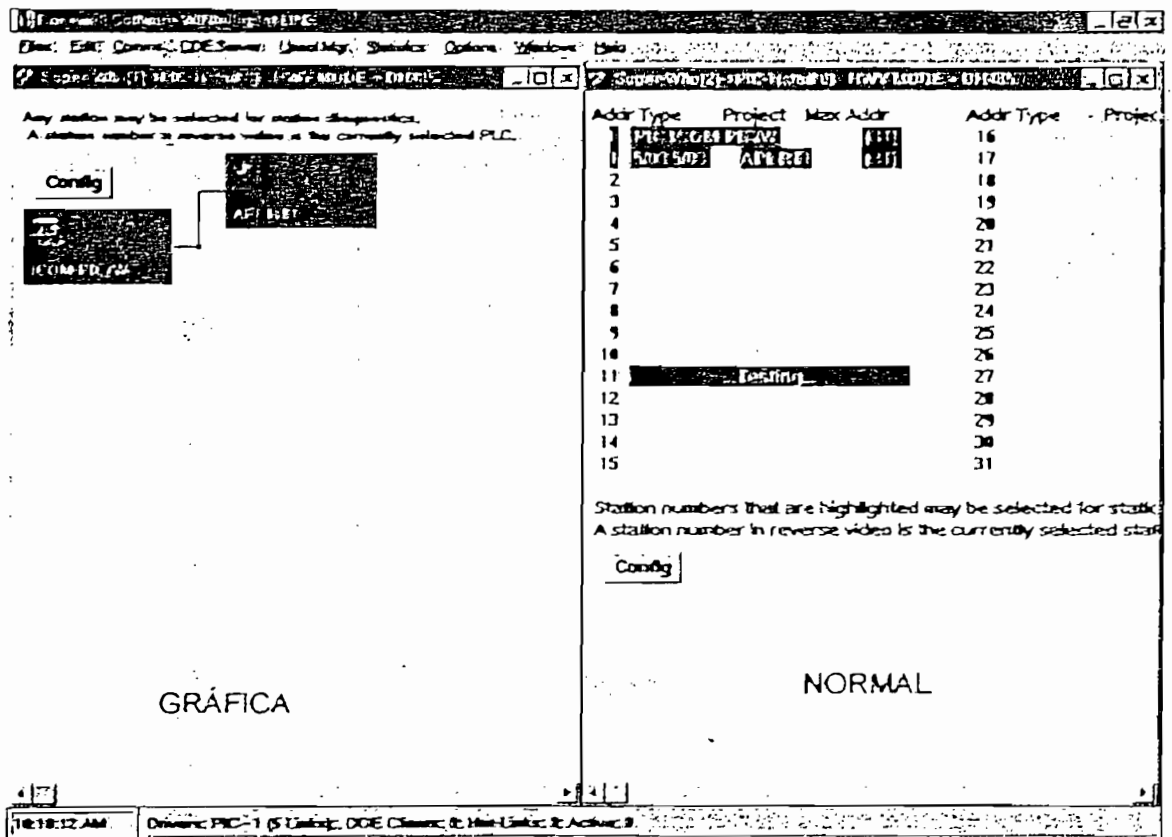


Fig. 4.8

Para configurar los drivers de comunicación en WIntelligent LINX se utiliza el comando COMMUNICATIONS HARDWARE, el cual despliega una pantalla para configurar el número del puerto serial, la velocidad de transmisión, la estación y el número de direcciones de sondeo de información (Nodos).

En la fig. No 4.9 Se presenta la pantalla de configuración nombrada.

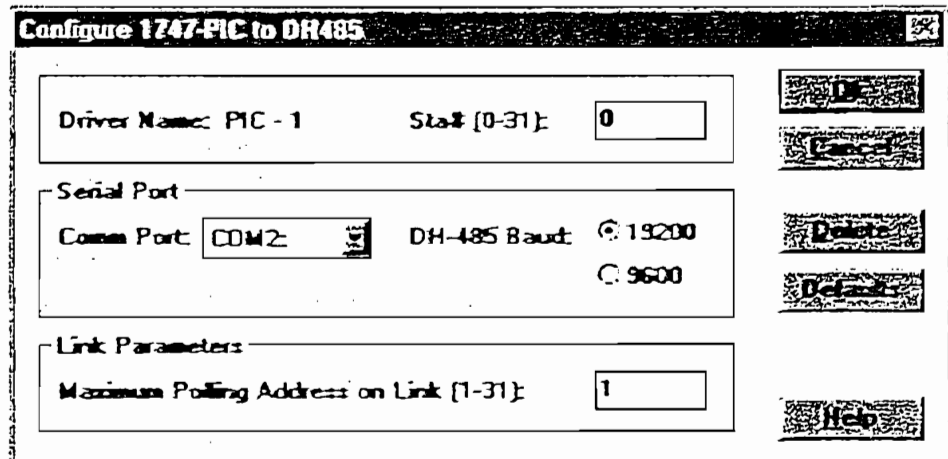


Fig. 4.9

Activación de la Comunicación

La Rockwell Software autoriza la utilización del software MMI RSVIEW32 y el software de comunicación WINtelligent LINX mediante diskettes de activación (llaves de software), los que habilitan los drivers del 1747 PIC, configurados en el WINtelligent LINX.

4.7 CORRESPONDENCIA DE PARAMETROS ENTRE LA ESTACION DE MONITOREO Y LA ESTACION DE CONTROL.

La estación de monitoreo requiere para cumplir su función supervisora de toda la información del proceso, para esto se enlaza con el PLC de la Estación de Control por medio de la comunicación buscando en la memoria del PLC las direcciones configuradas en los respectivos Tags de la base de datos creada en el RSVIEW32 (Tag Database).

En el Tabla IV.1 se presentan la correspondencia entre los Tags del RSVIEW32 y los registros direccionados del PLC. (D = Digital; A = Analógico).

CORRESPONDENCIA DE PARÁMETROS ENTRE LA ESTACIÓN DE MONITOREO Y LA ESTACIÓN DE CONTROL

Elemento	Descripción	Tag	Dirección en PLC	Periodo de muestreo	Formato de la variable	Valor mínimo de la variable	Valor máximo de la variable	Valor mínimo	Valor máximo	Unidades de Ing.	Grupo de tendencia	Tipo de variable	Bajo nivel de Alarma	Alto nivel de Alarma	Habilitación para Histograma
	Botón de Ejecución	INICIO	N:8/4		Decimal	0	1	0	1		Control	D			
	Botón de Reseteo	ResetEmerg	N:8/3		Decimal	0	1	0	1		Control	D			
	Botón de Pruebas	INPLC\prueba	N:10/3		Decimal	0	1	0	1		Control	D			
LT-800	Medición H-Cámara	INPLC\Altura	N:7/9		Decimal	0	20000	1494	1498.5	m.s.n.m	Nivel	A	X	X	X
LT-801	Medición H-Vertedero	INPLC\Caudal	N:4/9		Decimal	0	500	0	38	L/s	Caudal	A			X
ZT-800	Medición Angulo VSF	INPLC\Angulo	N:6		Decimal	0	32000	0	90	grados	Angulo	A			
ZT-801	Medición Angulo VA	INPLC\Angulo	N:2		Decimal	0	32000	0	90	grados	Angulo	A			
MOV-800	Actuador V. SF	INPLC\ONVSF	N:9/5		Decimal	0	1	0	1		Control	D			
	Botón de pruebas Cierre	INPLC\prueba CLOSE	N:10/7		Decimal	0	1	0	1		Control Reg.	D			
	Botón de pruebas Apertura	INPLC\prueba OPEN	N:10/6		Decimal	0	1	0	1		Control Reg.	D			
	Botón de pruebas Altura	INPLC\pruebaH	N:10/4		Decimal	0	1	0	1		Control Reg.	D			
	Botón de pruebas Caudal	INPLC\pruebaQ	N:10/5		Decimal	0	1	0	1		Control Reg.	D			
MOV-801	Actuador V. A	INPLC\ONVA	N:9/4		Decimal	0	1	0	1		Control	D			
	Setpoint	PruebaCamara\ PruebasQ0	N:20		Decimal	0	380	0	38	L/s	Control	A			
	Setpoint	Setpoints\H	N:17		Decimal	0	20000	1494	1498.5	m.s.n.m	Control	A			
	Setpoint	Setpoints\ QSF\Prueba	N:20		Decimal	0	380	0	38	L/s	Control Reg.	A			
	Setpoint	Setpoints\Q	N:20		Decimal	0	400	0	38	L/s	Control	A			

5 INSTALACIONES Y PRUEBAS

5.1 CRITERIOS DE DISEÑO Y NORMAS

5.1.1 Criterios de diseño

El concepto de sistema Interface Hombre-Maquina se fundamenta entre otros aspectos en dotar de servicios de monitoreo y control. Esto permite optimizar personal, tiempo, costos y da la flexibilidad al sistema para poder conmutar servicios a diferentes puestos de trabajo con total facilidad.

El sistema de monitoreo y control del modelo hidráulico en mención, en primera instancia contempla la interconexión de sensores y actuadores hacia un tablero de control ubicado en el primer piso del CIERHI. En este tablero de control se alojan: un PLC, todos los equipos y dispositivos de

control y auxiliares (Fuentes, Relés, Dispositivos de potencia, etc.). Como segundo elemento de importancia se tiene la estación de monitoreo y control (Computador personal e impresora) que actúa como Administrador y Servidor principal del sistema, y está ubicada en un lugar estratégico en el segundo piso del mismo edificio.

Los criterios tomados en cuenta son los siguientes:

- Dejar puntos de salidas para los sensores “desmontables”, cuya necesidad particular es su utilización en éste y en otros modelos.
- La previsión a futuro es que cualquier modelo en cualquier lugar del laboratorio pueda utilizar el tablero de control, diseño que ha sido realizado atendiendo las necesidades y garantizando una versatilidad total.
- El tipo de cable para la adquisición de señales de los sensores debe ser par trenzado con blindaje a 4 hilos + tierra (voltaje de polarización y voltaje de salida del sensor), garantizando de esta forma la transmisión efectiva libre de interferencias electromagnéticas.

- El tipo de cable para la conexión de los actuadores de las válvulas debe ser 3x16AWG y 2x22AWG para los frenos magnéticos opcionales, garantizando de esta forma nivel de voltaje apropiado y potencia requerida.
- Para la transmisión de datos entre el centro de monitoreo y el tablero de control se utiliza cable tipo par trenzado blindado (STP) categoría 5, garantizando un sistema con gran ancho de banda, sin interferencias electromagnéticas y el soporte de una velocidad de transmisión alta.
- El tipo de cable para la alimentación de energía a 120 V al tablero de control, debe ser sucre 3x14AWG.
- El tendido de cables, tanto de fuerza, control como de comunicación se lo realiza mediante la utilización de tubería plástica anillada sujetadas en lugares específicos del modelo. Mediante cajetines y conectores tipo EMT galvanizado se distribuye los cables para cada sensor y actuador.
- Para el tablero de control se diseña una estructura de base metálica, en la cual se sujetan los elementos (PLC, Fuentes, Protecciones eléctricas, etc.).

- Para recibir los cables de señales de los sensores, se utiliza un bloque de regletas de 10 pares para cable STP categoría 5.
- Para conectar los cables de los actuadores al tablero de control se utiliza borneras para cable número 16AWG.
- Para el cable de comunicación entre el tablero de control (PLC) y la estación de monitoreo, se utiliza un cajetín para un conector RJ45 categoría 5 y un conversor de interface RS485/RS232 para conectar al computador.

5.1.2 Normas y Especificaciones

El diseño del sistema de monitoreo y control del modelo hidráulico para el CIERHI, ha sido realizado siguiendo las consideraciones de la norma IEEE 10BaseT y las normas industriales.

El cable Twisted Pair (TP) debe ser construido de PVC o FRD, la construcción FRD es un material fluoropolímero como el teflón de Dupont.

El material tiene unas características bajas de humo/llama.

El diseño del sistema se ha realizado basándose en las normas indicadas, sobre consideraciones técnicas que son producto de la experiencia de los

diseñadores, basándose en los requerimientos propios del usuario final y en función de los más importantes fabricantes y proveedores de materiales y equipos; todo lo cual ha permitido satisfacer los requerimientos del CIERHI.

5.2 DIAGRAMAS ELECTRICOS

Tomando en cuenta los criterios descritos en el anterior capítulo de normas y especificaciones, se presenta a continuación el Diagrama General del Proyecto (Plano V.1), en el cual se muestra la distribución de los elementos en la planta, tendido de la instalación eléctrica y de datos, y dimensión de tuberías.

5.2.1 Tablero general

Construido de estructura metálica con recubrimiento de anticorrosivo, cuyas dimensiones son 1100 x 350 x 800 mm, esta cubierto con planchas de madera triplex lacado en color crema. Para la ubicación de los equipos en el interior del tablero de control se disponen de bases metálicas con dimensiones y perforaciones adecuadas, acopladas a la estructura metálica.

Los elementos constitutivos del tablero de control son:

- ☞ Controlador Lógico Programable.
- ☞ Fuente Switcher de voltaje de ± 5 y ± 12 Vdc (Polarización de los sensores), voltaje alimentación de 110 Vac.
- ☞ Fuentes de Voltaje de 24 Vdc; alimentación de 110Vac (Polarización de las válvulas), con protección de sobrevoltaje y de sobrecorriente.
- ☞ Relés auxiliares con alimentación de 24 Vdc y contactos a 110Vac/24Vdc, 5A/3A.
- ☞ Protecciones: Disyuntor 30A, 110Vac, portafusibles para protección general, PLC y fuentes.
- ☞ Juego de luces de señalización.
- ☞ Bornes de conexión.
- ☞ Regleta de señales 10 pares CAT. 5

En la siguiente imagen V.1 se muestra la estructura física y distribución de los elementos del tablero de control.

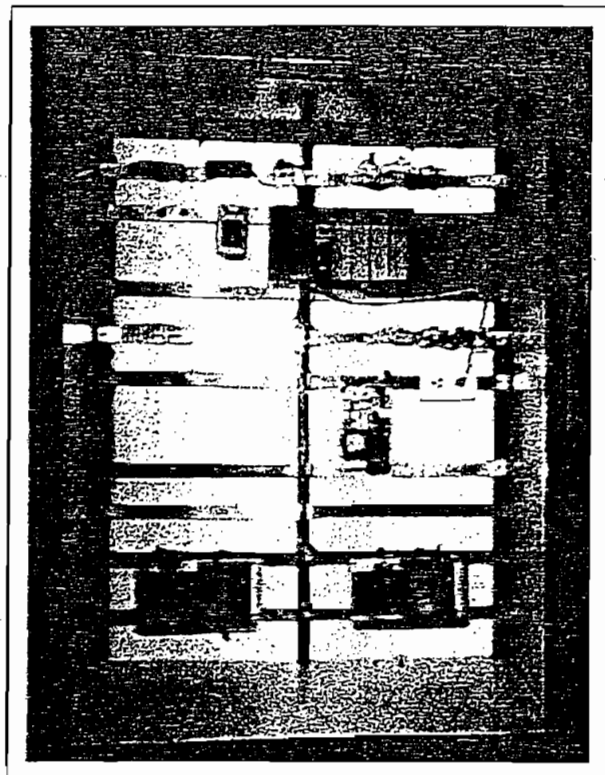


Imagen V.1

5.2.2 Diagrama de alambrado

Con la finalidad de facilitar el mantenimiento y la detección de fallas del tablero de control se dispone del plano V.2, en el cual se muestra el diagrama de conexiones entre los elementos del tablero de control.

5.3 PRUEBAS Y RESULTADOS

En las siguientes gráficas se muestran el comportamiento de las variables involucradas y el grado de estabilidad de los niveles hidráulicos de la cámara de interconexión Agoyán – San Francisco, las que fueron obtenidas de siguiente forma:

1. Regulando el caudal de prueba y llegando al nivel máximo de operación.
2. Una vez realizado lo anterior y con el caudal prefijado constante, se ejecutan pasos de regulación de aproximadamente 4 a 6 grados de cierre y apertura, para conseguir el ascenso y descenso del nivel.
3. En cada paso de regulación se espera que tanto el nivel como el caudal se estabilicen, luego se procede a registrar los valores en la base de datos. Todos estos pasos fueron realizados mientras los niveles de la cámara se mantenían entre 1494 y 1498.5 m.s.n.m, que son los niveles de operación normal.

4. Utilizando como herramienta de análisis el Excel, se procesa la información procedente de la base de datos (SQL) del RSView32, de tal forma que se obtienen las siguientes gráficas a diferentes caudales de prueba.

ESTABILIDAD DE LOS NIVELES HIDRAULICOS DE LA CAMARA DE INTERCONEXION(1498.5-1494)

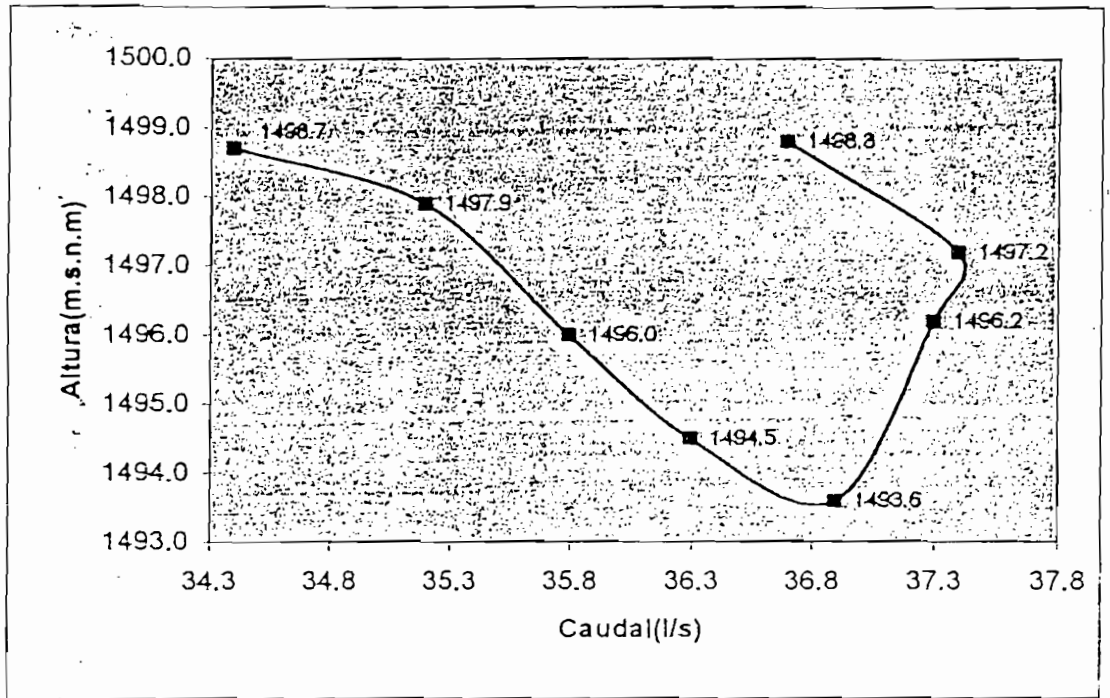


Grafico 5.1 Curva de nivel de la Cámara a 38l/s

Caudal(l/s)	Altura(m.s.n.m)
36.7	1498.8
37.4	1497.2
37.3	1496.2
36.9	1493.6
36.3	1494.5
35.8	1496.0
35.2	1497.9
34.4	1498.7

Tabla 5.1

ESTABILIDAD DE LOS NIVELES HIDRAULICOS DE LA CAMARA DE INTERCONEXION(1498.5-1494)

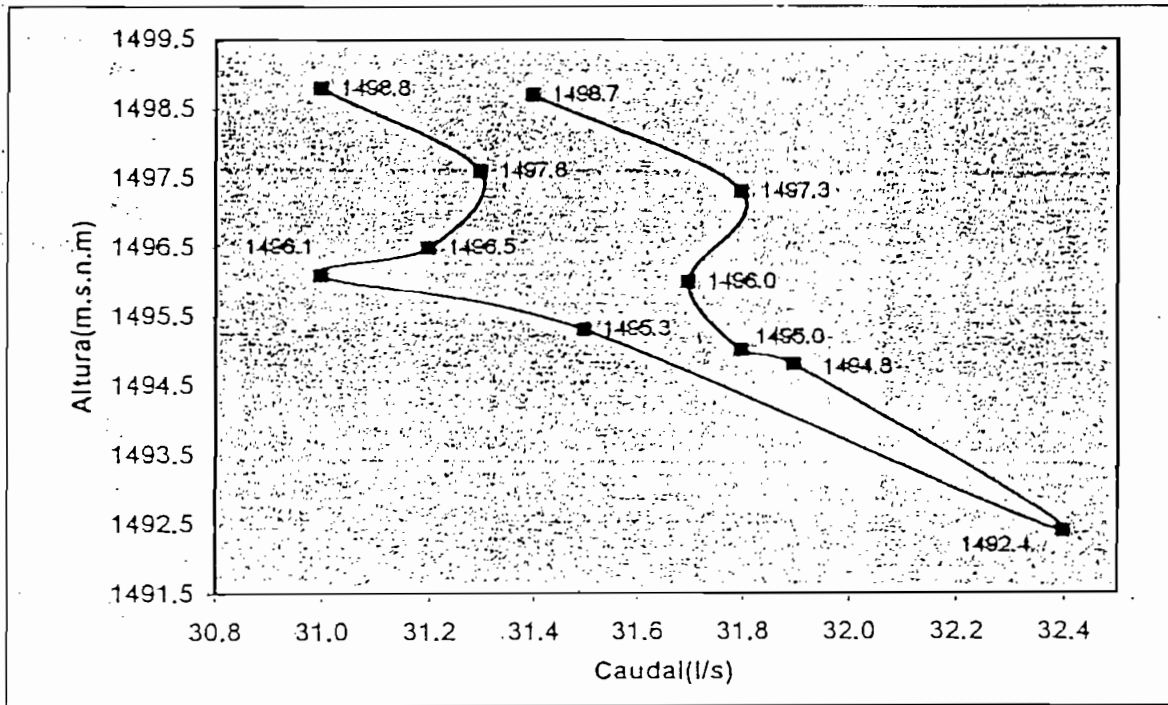


Grafico 5.2 Curva de nivel de la Cámara a 31 l/s

Caudal(l/s)	Altura(m.s.n.m)
31.4	1498.7
31.8	1497.3
31.7	1496.0
31.8	1495.0
31.9	1494.8
32.4	1492.4
31.5	1495.3
31.0	1496.1
31.2	1496.5
31.3	1497.6
31.0	1498.8

Tabla 5.2

ESTABILIDAD DE LOS NIVELES HIDRAULICOS DE LA CAMARA DE INTERCONEXION(1498.5-1494)

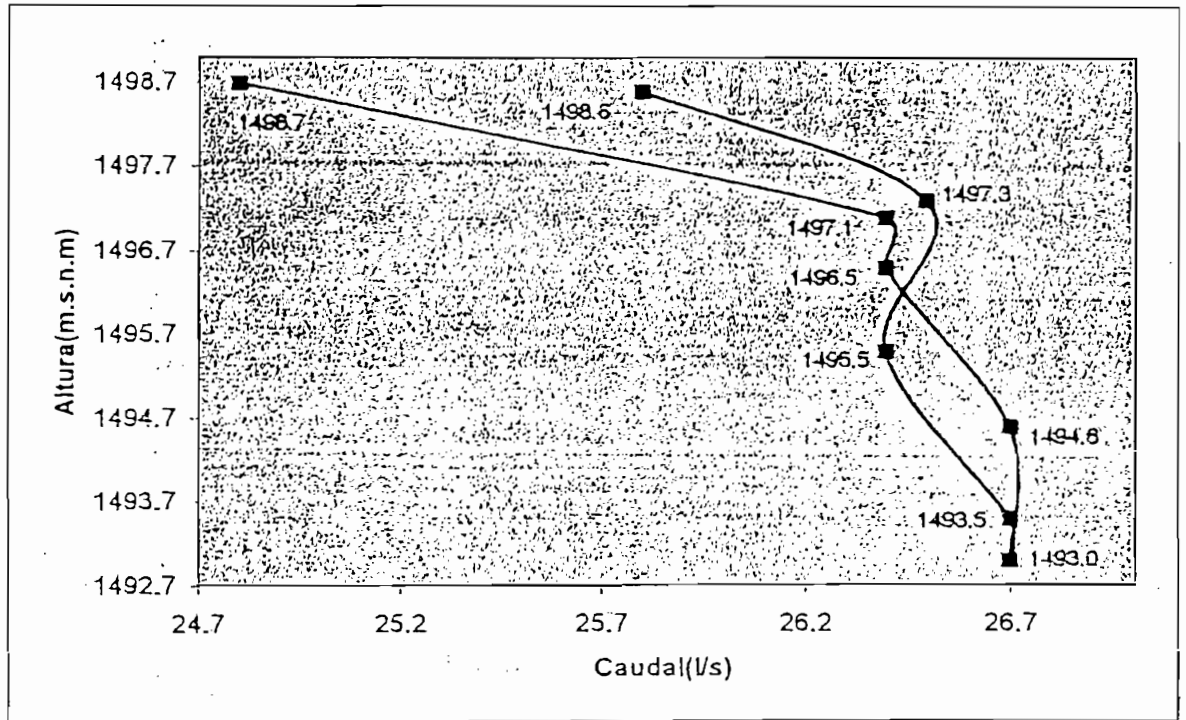


Gráfico 5.3 Curva de nivel de la Cámara a 25l/s

Caudal(l/s)	Altura(m.s.n.m)
24.8	1498.7
26.4	1497.1
26.4	1496.5
26.7	1494.6
26.7	1493.0
26.7	1493.5
26.4	1495.5
26.5	1497.3
26.7	1494.8

Tabla 5.3

ESTABILIDAD DE LOS NIVELES HIDRAULICOS DE LA CAMARA DE INTERCONEXION(1498.5-1494)

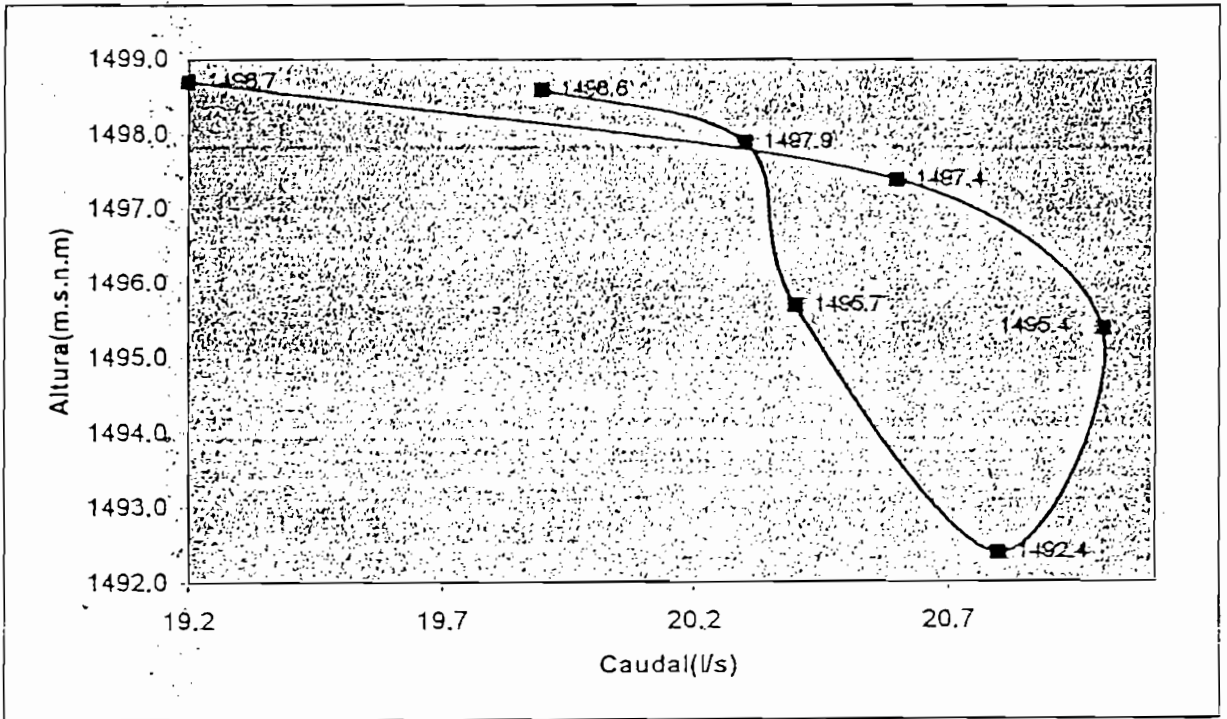


Gráfico 5.4 Curva de nivel de la Cámara a 19l/s

Caudal(l/s)	Altura(m.s.n.m)
19.2	1498.7
20.6	1497.4
21.0	1495.4
20.8	1492.4
20.4	1495.7
20.3	1497.9
19.9	1498.6

Tabla 5.4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El siguiente análisis se lo realiza basándose en las pruebas de Estabilidad de los Niveles Hidráulicos de la Cámara de Interconexión ejecutados con el modelo automatizado y con los resultados de las pruebas realizadas por el CIERHI utilizando métodos convencionales los cuales se encuentran descritos en el Anexo F

Los resultados presentados en el informe definitivo son indicados (Escalados) en valores de prototipo, mientras que los resultados presentados en las hojas anteriores se muestran en valores de modelo, cabe recalcar que el escalonamiento de las variables, no afecta el comportamiento del sistema.

En las pruebas realizadas tanto a 38 l/s en modelo ($120 \text{ m}^3/\text{s}$ en prototipo), 31 l/s en modelo ($100 \text{ m}^3/\text{s}$ en prototipo), 25 l/s en modelo ($80 \text{ m}^3/\text{s}$ en prototipo) y 19 l/s en modelo ($80 \text{ m}^3/\text{s}$ en prototipo), notándose en la curva de estabilidad:

- ☞ El descenso del nivel de la cámara es más rápido, con un aumento del caudal, mientras que el ascenso es lento con una disminución del caudal.
- ☞ Para estas pruebas es notorio el fenómeno de histéresis por la inercia de la cámara, comparado con las curvas correspondientes del anexo F

- ☞ Es notorio en el último paso del descenso en todas las pruebas, donde se observa el abatimiento de la cámara (descenso brusco del nivel hasta un valor menor al mínimo aceptable), comprobando de esta forma el valor mínimo de operación del sistema (1494 m.s.n.m.) y a la inestabilidad que provocaría al Sistema Nacional Interconectado trabajar a cotas menores que este nivel.
- ☞ En estos ensayos la vorticidad en el extremo final de la cámara se ve reducido debido al control fino del sistema automático.
- ☞ El diferente comportamiento de la cámara en las pruebas de estabilidad a diferentes caudales, hace ver la importancia del control automático debido a que es considerado un punto nodal del Sistema Nacional Interconectado.
- ☞ Para las pruebas de caudales bajos, el abatimiento de la cámara es más pronunciado, esto es debido a que la masa inercial del sistema se reduce por la disminución del caudal.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ☞ El proyecto ACI dentro del CIERHI es la base para impulsar la automatización ya sea en el campo investigativo de la hidráulica, estructuras, medio ambiente, y en otros problemas reales del país.
- ☞ Debido a que la Cámara de Interconexión es considerada un punto nodal del Sistema Nacional Interconectado y según los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, es imperioso que el control del nivel de la Cámara sea con los más modernos sistemas de automatización.
- ☞ En la actualidad los MMI constituyen una herramienta para instrumentación y control virtual centralizados, concebido para proveer todas las ventajas de un sistema de control moderno y acoplarse a un sistema de gran escala como los sistemas SCADA.

- ☞ Un proyecto de automatización incrementa la plusvalía de un sistema, disminuye sus primas de seguro y a la vez incrementa la utilidad del empresario debido a que se incrementa la eficiencia de producción.
- ☞ La base de datos SQL almacenada en el computador posee todas las características para enlazar a otros paquetes computacionales y realizar tareas de planificación operativa del sistema y de mantenimientos, mediante la observación de los fenómenos que se presentan con el tiempo de ocurrencia.
- ☞ Los sistemas MMI, cuya garantía tecnológica es vigente en el tiempo hacen posible tener una administración versátil, facilidad para reubicar servicios, estandarización de equipo y cableado, e incremento de rendimiento de producción y la facilidad para tomar decisiones.
- ☞ Con el sistema MMI implementado y con los sensores instalados se obtiene información más precisa del modelo, se optimiza tiempo y personal técnico, si se compara con el control y toma de valores manuales.
- ☞ El conocimiento de los estados de los elementos del sistema posibilitan, entre otras, disminuir el tiempo de paralización al realizar labores de mantenimiento correctivo ágilmente.

- ☞ Un importante aspecto en la selección de las válvulas es su tiempo de respuesta, para este proyecto es de 5 segundos entre cierre y apertura o viceversa, añadiendo a este el tiempo de respuesta de la cámara se observa un proceso lento. Con este dato tenemos una idea del tiempo de respuesta de la cámara a construirse.
- ☞ Basados en una serie de ensayos de la válvula tipo mariposa, en apertura y cierre, se observa que tiene el comportamiento de un bucle o curva de histerisis, condición que establece que el fenómeno de cierre es diferente al de apertura; y que la apertura define un proceso más rápido comparado con el fenómeno inducido por el cierre de la válvula.
- ☞ Debido al deslizamiento existente entre el piñón y el eje de la válvula, las acciones realizadas para la prueba de altura sufren una variación en la precisión, ya que se trabajan con ángulos pequeños, este efecto se lo observa en la pantalla de pruebas del programa; sin embargo; y considerando el nivel de precisión que requieren las pruebas del modelo y su tiempo de estabilización, el sistema en general cumple con creces el objetivo marcado en esta etapa.
- ☞ La multifuncionalidad del sensor de presión diferencial hacen posible medir otras variables físicas en el modelo, sin la necesidad de otros

tipos de sensores. Su sensibilidad y precisión como herramientas para medir transitorios son entre otras sus mayores ventajas.

- ☞ Debido a que las señales emitidas por los sensores son en bajos niveles de voltaje, para efecto de prevenir posibles interferencias electromagnéticas se utiliza el cable blindado, el cual aísla notablemente este fenómeno, transmitiendo efectivamente las señales.
- ☞ Las pruebas permiten identificar claramente dos procesos: la disminución del nivel de la cámara que provoca el incremento del caudal y la recuperación del nivel, que ocasiona un decremento del caudal. Apegando su comportamiento a un lazo de histerisis provocado por el efecto inercial de la Cámara.
- ☞ La configuración del software para el proyecto como MMI, muestra la potencialidad y flexibilidad del RSView32 que basa su programa en el manejo de datos a 32 bits.
- ☞ Una de las ventajas de trabajar con el software RSLogix500 para la programación del PLC es su funcionamiento bajo el sistema operativo Windows, que facilita realizar modificaciones en el programa y tener acceso al RSView32, lo que con el Software APS (programación del PLC) que es bajo el sistema operativo DOS no es posible.

- ☞ El control automático permite realizar regulaciones finas, con la finalidad de que la masa inercial del fluido no se vea alterada violentamente; y consecuentemente se logre disminuir notablemente el fenómeno de vorticidad (remolinos al extremo final de la cámara), con lo que las estructuras antivórtices flotantes recomendadas por el CIERHI reducirán al mínimo sus condiciones de construcción.
- ☞ Con el sistema automatizado se verifica el nivel mínimo de operación recomendado (1494 m.s.n.m), pues bajo 1494 se confirma el abatimiento de la cámara, que ocasiona el ingreso de aire al sistema de presión por pérdida del nivel mínimo de sumergencia del túnel de carga de la Central Hidroeléctrica de San Francisco.
- ☞ La utilización de sistemas automatizados debido a la precisión de medición y a la flexibilidad en la operación, permite en la área investigativa obtener los resultados más cercanos al comportamiento real, eliminando todas las fuentes de error, especialmente en medición, de los sistemas convencionales.

6.2 RECOMENDACIONES

- ☞ Los sensores de presión diferencial son de aire por lo que no deben tener contacto con el agua, sin embargo se los puede utilizar dejando una cámara pequeña de aire en el tubo del pörtico B del sensor, la cual es presionada por la columna de agua y la presión atmosférica. Se debe tener en cuenta la altura de la columna de agua para poder ubicar al sensor, debido a que tiene un rango de medición limitado.
- ☞ Para obtener una mejor calibración de los sensores de presión diferencial, se recomienda la adquisición de datos en aguas quietas y no cuando esta fluyendo, ya que el oleaje del agua provoca variaciones y errores en la medida.
- ☞ La válvula MOV-801, se recomienda que su trabajo lo realice en la región lineal (20 a 70 grados) por lo que es necesario regular con mayor caudal la válvula de la fuente.
- ☞ Siendo la Automatización de la Cámara de Interconexión Agoyán San Francisco un proyecto piloto, será bueno continuar depurándolo; y dando a conocer al medio externo.

- ☞ Que el proyecto en mención sirva como apoyo didáctico de enseñanza a futuras generaciones tanto para la Facultad de Ingeniería Civil como Eléctrica.
- ☞ Para futuros mantenimientos del sistema es necesario respaldarse en la documentación técnica de hardware y software (de los proveedores); por lo que se recomienda guardar cuidadosamente toda la información.
- ☞ Todas las modificaciones y/o ampliaciones futuras deberán quedar totalmente documentadas.
- ☞ Un adecuado y periódico mantenimiento garantizarán un buen funcionamiento operativo del sistema.
- ☞ Es necesario adiestrar adecuadamente al personal operador del sistema; de esta forma se evitara fallas operativas en el sistema.
- ☞ La operación normal del sistema debe realizarse entre las cotas 1494 y 1498.5, mínima y máxima respectivamente; rango en el cual los fenómenos hidráulicos permiten una adecuada operación del sistema.
- ☞ Debido a la respuesta muy crítica del sistema hidráulico por el control del nivel mínimo de operación de la cámara, se recomienda la utilización de un sistema de automatización con control redundante.

- ☛ El presente trabajo podrá servir como base para implantación del sistema en prototipo por parte de la empresa constructora del proyecto Hidroeléctrico San Francisco.
- ☛ Las etapas que un proyecto requiere previa su puesta en marcha necesita de la participación de varias disciplinas científicas, necesidades que la Escuela Politécnica Nacional puede cubrir con la implantación de grupos de trabajo multidisciplinarios conformados por profesionales de muy alto nivel, que puedan cumplir con el objetivo de solucionar los problemas del país.

;

;

BIBLIOGRAFIA

- 1 E.P.N. – CIERHI, “Estudio en Modelo Hidráulico de la Cámara de Interconexión del Proyecto San Francisco” Quito, 1995
- 2 ROCKWELL SOFTWARE, “Getting Results with RSView 32” USA, 1997.
- 3 ROCKWELL SOFTWARE, “Getting Results with RSLogix 500” USA, 1998
- 4 ROCKWELL SOFTWARE, “User’s Guide” USA, 1997
- 5 ALLEN BRADLEY, “User Manual SLC500 Analog I/O Modules” USA, 1996
- 6 ALLEN BRADLEY, “Installation and Operation Manual SLC 500 Modular Hardware Style” USA, 1995
- 7 SENSYM, “Solid State Sensor Handbook” USA, 1992
- 8 CREUS SOLE, “Instrumentos Industriales, Ajuste y Calibración”, Marcombo. BARCELONA 1982
- 9 RICHARD W. GREENE “Válvulas, Selección, Uso y Mantenimiento”, McGraw-Hill. MEXICO 1988
- 10 JORGE MOLINA, “Curso Integrado de Automatización - EPN” Quito 1995
- 11 ALLIED ELECTRONICS “Catalog” USA, 1994
- 12 ALLEN BRADLEY, “SLC 500 Power Supplies, Installation Instruction” USA, 1996
- 13 ALLEN BRADLEY, “SLC 500 Chassis, Installation Instruction” USA, 1996
- 14 NIBCO, “Butterfly Valves Catalog” USA, 1995
- 15 ACME ELECTRONICS, “DC Power Supplies Catalog” USA, 1996
- 16 CEKIT, “Electrónica & Computadores” Revista # 40 Colombia 1998
- 17 E.P.N. – CIERHI, “Modelo Hidráulico de la Cámara de Interconexión del Proyecto San Francisco” Vídeo Quito, 1996
- 18 HIDROCOM CONTROL LTD. , “ Water Management System-SCADA” Israel, 1998

ANEXOS

- A GUIA BASICA DE RSView32
- B GUIA BASICA DE RSLogix 500
- C SENSORES
- D VALVULAS
- E MANUAL DEL USUARIO
- F GRAFICOS

ANEXO A – B

ANEXO C

FEATURES

- Low Cost
- Temperature Compensation
- Calibrated Zero and Span
- Small Size
- Low Noise
- High Impedance for Low Power Applications

APPLICATIONS

- Medical Equipment
- Computer Peripherals
- Pneumatic Controls
- HVAC

GENERAL DESCRIPTION

The SCX C series sensors will provide a very cost effective solution for pressure applications that require operation over a wide temperature range. These internally calibrated and temperature compensated sensors give an accurate and stable output over a 0°C to 70°C temperature range. This series is intended for use with non-corrosive, non-toxic working fluids such as air, dry gases, and the like.

Devices are available to measure absolute, differential, and gage pressures from 1psi (SCX01) up to 100psi (SCX100). The Absolute (A) devices have an internal vacuum reference and an output voltage proportional to absolute pressure. The Differential (D) devices allow application of pressure to either side of the pressure sensing diaphragm and can be used for gage or differential pressure measurements.

The SCX devices feature an integrated circuit sensor element and laser trimmed thick film ceramic housed in a compact nylon case. This package provides excellent corrosion resistance and provides isolation to external package stresses. The package has convenient mounting holes and pressure ports for ease of use with standard plastic tubing for pressure connection.

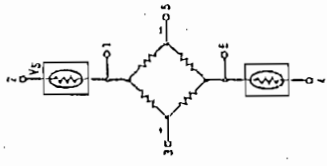
All SCX devices are calibrated for span to within $\pm 5\%$ and provide an offset (zero pressure output) of ± 1 millivolt maximum. These parts were designed for low cost applications where the user can typically provide fine adjustment of zero and span in external circuitry. For higher accuracies, refer to the standard SCX series datasheet. If the application requires extended temperature range operation, beyond 0 to 70°C, two pins which provide an output voltage proportional to temperature are available for use with external circuitry.

The output of the bridge is ratiometric to the supply voltage and operation from any D.C. supply voltage up to $\pm 30V$ is acceptable.

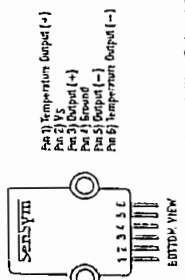
Because these devices have very low noise and 100 microsecond response time they are an excellent choice for medical equipment, computer peripherals, and pneumatic control applications.

For further technical information on the SCX series, please contact your local Sensym office or the factory.

EQUIVALENT CIRCUIT



ELECTRICAL CONNECTION



Note: The polarity indicates is for pressure applied to port B.
(For Absolute or Gage, pressure is applied to port A and the output polarity reversed.)

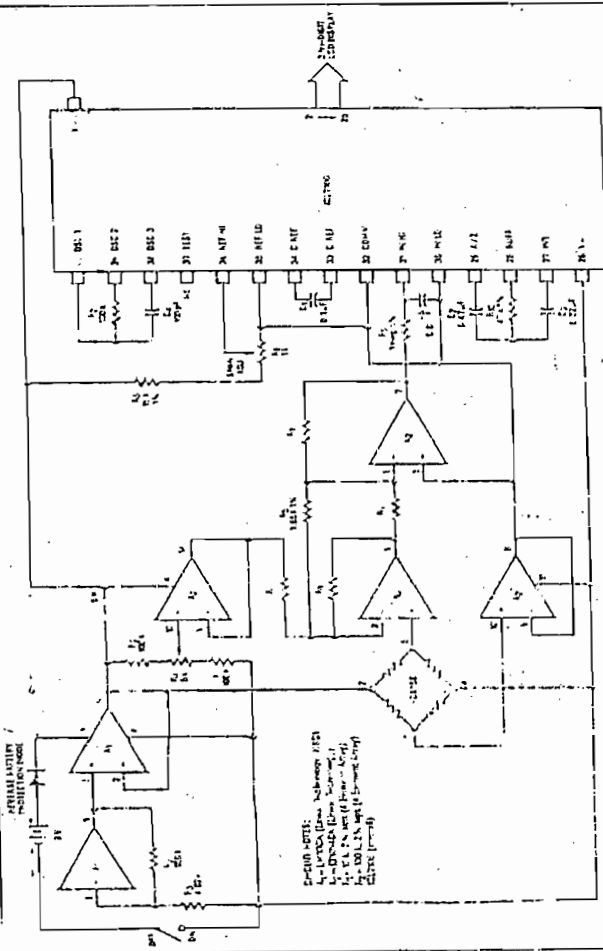
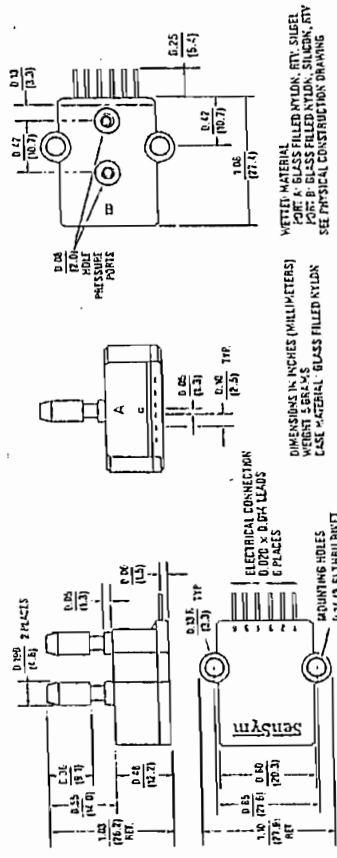


Figure G. 0-250 Millibar Meter.

PHYSICAL DIMENSIONS



ORDERING INFORMATION

To order, use the following part numbers:

DESCRIPTION	PART NUMBER
0 to 1psi Differential/Gage	SCX01DN
0 to 5psi Differential/Gage	SCX05DN
0 to 15psi Absolute	SCX15AN
0 to 15psi Differential/Gage	SCX15DN
0 to 30psi Absolute	SCX30AN
0 to 30psi Differential/Gage	SCX30DN
0 to 100psi Absolute	SCX100AN
0 to 100psi Differential/Gage	SCX100DN

WETTED MATERIAL
PORT A: GLASS FILLED NYLON, RT. STEEL
PORT B: GLASS FILLED NYLON, SILICON RTV
CASE: PHENOLIC CONSTRUCTION FINISHING

DIMENSIONS IN INCHES (MILLIMETERS)
WEIGHT: 0.065g (0.0023oz)
CASE: PHENOLIC, GLASS FILLED NYLON
ELECTRICAL CONNECTOR
0.078" X 0.078" LEADS
6 PLACES
MOUNTING HOLES
0.14" (3.5) THRU DIA

PRESSURE SENSOR CHARACTERISTICS

SCX C Series

STANDARD PRESSURE RANGES

PART NUMBER	OPERATING PRESSURE	PROOF PRESSURE*	FULL-SCALE SPAN
SCX01DNC	0-1 psid	20 psid	18 mV
SCX05DNC	0-5 psid	20 psid	60 mV
SCX15DNC	0-15 psid	30 psid	90 mV
SCX30ANC	0-30 psia	30 psid	90 mV
SCX30DNC	0-30 psid	60 psid	90 mV
SCX100ANC	0-100 psia	150 psid	100 mV
SCX100DNC	0-100 psid	150 psid	100 mV

*Maximum pressure above which causes permanent sensor failure.

Maximum Ratings (For All Devices)

- Supply Voltage, V_s : +30 Vdc
- Common-mode Pressure: 50 psig
- Temperature: 300°C
- Operating Time: 10 seconds

Environmental Specifications (For All Devices)

- Temperature Range: 0 to 70°C
- Compensated: -40°C to +85°C
- Operating: -55°C to +125°C
- Storage: 0 to 100% RH
- Humidity Limits: 0 to 100% RH

DNC PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Note 1)

CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Pressure Range	—	18	—	psid
Sensitivity	—	18.00	—	mV/psid
Full-scale Span (Note 2)	—	18.00	19.00	mV
Zero Pressure Offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined Linearity and Hysteresis (Note 3)	—	±0.2	±1.0	%FSO
Temperature Effect on Span (0-70°C) (Note 4)	—	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature Effect on Offset (0-70°C) (Note 4)	—	±0.20	±1.0	mV
Repeatability (Note 5)	—	±0.2	±0.5	%FSO
Input Impedance (Note 6)	—	4.0	—	kΩ
Output Impedance (Note 7)	—	4.0	—	kΩ
Common-mode Voltage (Note 8)	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response Time (Note 9)	—	100	—	μsec
Long Term Stability of Offset and Span (Note 10)	—	±0.1	—	%FSO

PRESSURE SENSOR CHARACTERISTICS (Cont.)

SCX C Series

SCX05DNC PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Note 1)

CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Pressure Range	—	—	5	psid
Sensitivity	—	12.0	—	mV/psid
Full-scale Span (Note 2)	57.5	60.0	62.5	mV
Zero Pressure Offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined Linearity and Hysteresis (Note 3)	—	±0.1	±1.0	%FSO
Temperature Effect on Span (0-70°C) (Note 4)	—	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature Effect on Offset (0-70°C) (Note 4)	—	±0.20	±1.0	mV
Repeatability (Note 5)	—	±0.2	±0.5	%FSO
Input Impedance (Note 6)	—	4.0	—	kΩ
Output Impedance (Note 7)	—	4.0	—	kΩ
Common-mode Voltage (Note 8)	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response Time (Note 9)	—	100	—	μsec
Long Term Stability of Offset and Span (Note 10)	—	±0.1	—	%FSO

SCX15C PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Note 1)

CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Pressure Range	—	—	15	psid
Sensitivity	—	6.0	—	mV/psid
Full-scale Span (Note 2)	85.0	90.0	95.0	mV
Zero Pressure Offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined Linearity and Hysteresis (Note 3)	—	±0.1	±1.0	%FSO
Temperature Effect on Span (0-70°C) (Note 4)	—	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature Effect on Offset (0-70°C) (Note 4)	—	±0.20	±1.0	mV
Repeatability (Note 5)	—	±0.2	±0.5	%FSO
Input Impedance (Note 6)	—	4.0	—	kΩ
Output Impedance (Note 7)	—	4.0	—	kΩ
Common-mode Voltage (Note 8)	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response Time (Note 9)	—	100	—	μsec
Long Term Stability of Offset and Span (Note 10)	—	±0.1	—	%FSO

SCX300C PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Cont.)

SCX C Series

SCX300C PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Note 1)

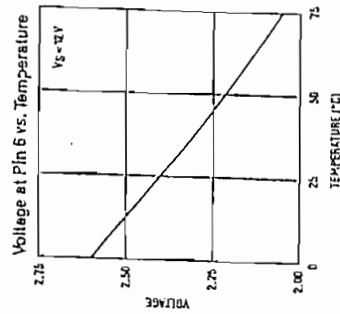
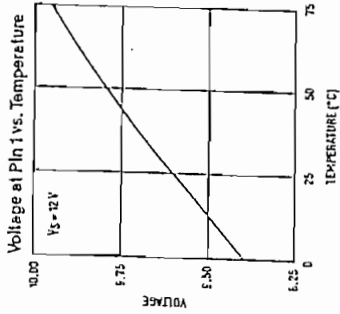
CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Pressure Range	—	—	30	psi
Sensitivity	—	3.0	—	mV/psi
Full-scale Span (Note 2)	85.0	90.0	95.0	mV
Zero Pressure Offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined Linearity and Hysteresis (Note 3)	—	±0.2	±1.0	%FSO
Temperature Effect on Span (0-70°C) (Note 4)	—	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature Effect on Offset (0-70°C) (Note 4)	—	±0.2	±1.0	mV
Repeatability (Note 5)	—	±0.2	±0.5	%FSO
Input Impedance (Note 6)	—	4.0	—	kΩ
Output Impedance (Note 7)	—	4.0	—	kΩ
Common-mode Voltage (Note 8)	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response Time (Note 9)	—	100	—	μsec
Long Term Stability of Offset and Span (Note 10)	—	±0.1	—	%FSO

SCX100C PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Note 1)

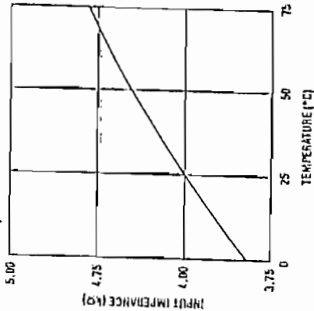
CHARACTERISTIC	MIN	TYP	MAX	UNIT
Operating Pressure Range	—	—	100	psi
Sensitivity	—	1.0	—	mV/psi
Full-scale Span (Note 2)	95.0	100.0	105.0	mV
Zero Pressure Offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined Linearity and Hysteresis (Note 3)	—	±0.2	±1.0	%FSO
Temperature Effect on Span (0-70°C) (Note 4)	—	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature Effect on Offset (0-70°C) (Note 4)	—	±0.20	±1.0	mV
Repeatability (Note 5)	—	±0.2	±0.5	%FSO
Input Impedance (Note 6)	—	4.0	—	kΩ
Output Impedance (Note 7)	—	4.0	—	kΩ
Common-mode Voltage (Note 8)	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response Time (Note 9)	—	100	—	μsec
Long Term Stability of Offset and Span (Note 10)	—	±0.1	—	%FSO

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

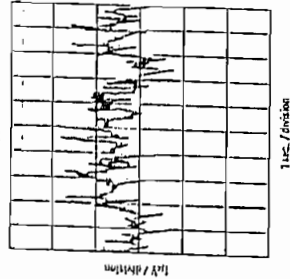
SCX C Series



Input Impedance vs. Temperature



0.1 Hz to 10 Hz Noise



Specification Notes: (For All Devices)

- Note 1: Reference Conditions: Unless otherwise noted: Supply Voltage, $V_S = 12V_{DC}$; $T_A = 25^\circ C$; Common-mode Line Pressure = 0 psia; Pressure Applied to Port B. For absolute errors only, pressure is applied to Port A and the output polarity is reversed.
- Note 2: Span is the algebraic difference between the output voltage at full-scale pressure and the output at zero pressure. Span is relative to the supply voltage.
- Note 3: See Definition of Terms.
Hysteresis — the maximum output difference at any point within the operating pressure range for increasing and decreasing pressure.
- Note 4: Maximum error band of the offset voltage and the error band of the span, relative to the 25°C (see 5pp).
- Note 5: Maximum difference in output at any pressure with the operating pressure range and temperature within 0°C to +70°C after:
a) 1,000 temperature cycles, 0°C to +70°C
b) 1.5 million pressure cycles, 0 psia to full-scale span.
- Note 6: Input Impedance is the impedance between pins 2 and 4.
- Note 7: Output Impedance is the impedance between pins 3 and 5.
- Note 8: This is the common-mode voltage of the output sums (Pins 3 and 5) for $V_S = 12V_{DC}$.
- Note 9: Response time for 1-0 psia to full-scale span pressure step change, 10 Hz to 0.01% (see time).
- Note 10: Long Term Stability, over a one year period.

APPLICATION INFORMATION

Shown here is a popular circuit which gives a high level 2-5Vdc output for a 0-10 inch W.C. pressure input. Additional applications circuits are shown in the standard SCX series datasheet and SCX-EB evaluation board literature. For further applications information or assistance, please contact your nearest Sensym sales office or the Sensym factory.

Low Pressure Application

For sensing pressure below 1 psi, the circuit shown in Figure A uses the SCX0NDN to provide a 2 to 5V output for a 0 to 10 inch of water column input pressure. This output signal is compatible with many A/D converters and hence can be used to interface to a microprocessor system. This low-cost circuit is easily adaptable to lower full-scale pressure down to 5 inches of water column.

Circuit Description

The LM10 is used to provide a voltage reference for the excitation voltage (V_E) and for the voltage node V_{REF}. With this configuration, V_E and V_{REF} are not affected by noise or voltage variations in the 12V power supply. R₃ is used to adjust V_{REF} to set the initial offset voltage at the output, V_{OUT}.

The pressure signal, V_{IN}, is amplified by amplifiers B₁ and B₂. (See Sensym Application Note SSAN-17 for details on this amplifier) R₂ is used to adjust the signal gain of the circuit. The output equation is given below.

$$V_{OUT} = V_{IK} \left[2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \right] + V_{REF}$$

For the best circuit performance, a careful selection of components is necessary. Use wirebound pots to insure low temperature coefficients and low long-term drift. A five-element resistor array (10KΩ) SIF should be used for the resistors in the amplifier stage in order to obtain closely matched values and temperature coefficients. All other resistors should be 1% metal film. Amplifiers B₁ and B₂ should have low offset voltages and low noise. Signal lines should be as short as possible and the power supply should be capacitively bypassed on the PC board.

Adjustment Procedure

1. With zero-pressure applied, adjust the offset adjust R₃ until V_{OUT} = 2.000V.
2. Apply full-scale pressure (10 in. W.C.) to port B, and adjust the full-scale adjust R₂, so that V_{OUT} = 5.000V.
3. Repeat procedure if necessary.

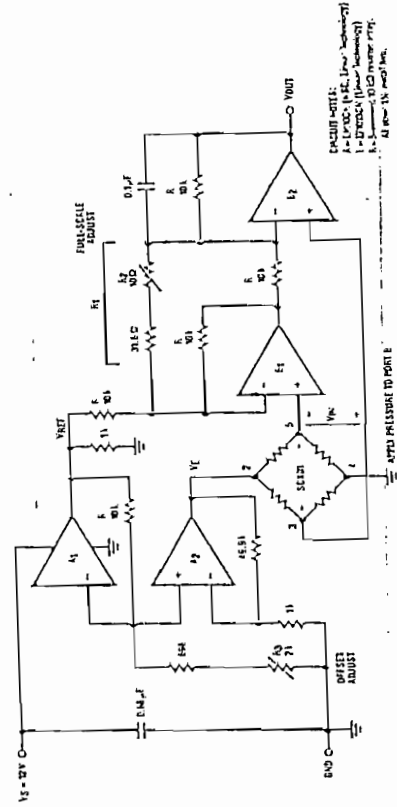


FIGURE A: LOW PRESSURE APPLICATION
 1. OFFSET ADJUST (R3)
 2. FULL-SCALE ADJUST (R2)
 3. 10KΩ RESISTOR ARRAY (SIF)
 4. 1% METAL FILM RESISTORS
 5. 100µF 16V ELECTROLYTIC CAPACITOR

Figure A. Low Pressure Circuits Provide a 2 to 5V Output for a 0-10 in. W.C. Pressure Input.

GENERAL DISCUSSION

The SCX series devices give a voltage output which is directly proportional to applied pressure. The devices will give an increasing positive going output when increasing pressure is applied to pressure port P_B of the device. If the input pressure connections are reversed, the output will increase with decreases in pressure. The devices are ratiometric to the supply voltage and changes in the supply voltage will cause proportional changes in the offset voltage and full-scale span. Since for absolute device pressure is applied to port P_A, output polarity will be reversed.

User Calibration

SCX devices are fully calibrated for offset and span and therefore require little user adjustment in applications. For precise span and offset adjustments refer to the applications section herein or contact your nearest Sensym factory.

Reference (Absolute Devices)

SCX sensors have a hermetically sealed vacuum reference chamber. The offset voltage on these units is measured at vacuum, 0psia. Since all pressure is measured relative to a vacuum reference, all changes in barometric pressure or changes in altitude cause changes in the device output.

Media Compatibility

SCX devices are compatible with most non-corrosive gases. Because the circuitry is coated with a protective

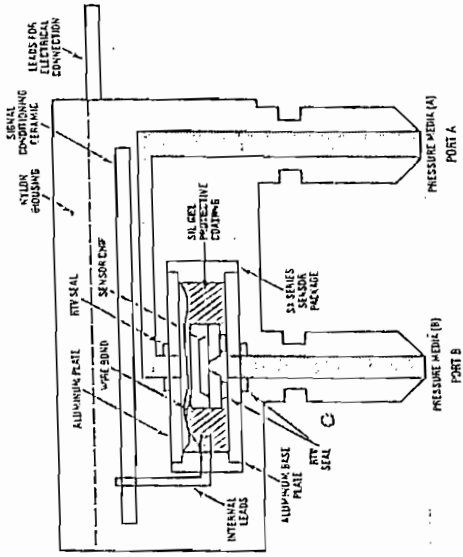
silicon gel, many otherwise corrosive environments can be compatible with the sensors. As shown in the physical construction diagram below, fluids must generally be compatible with silicon gel, plastic, aluminum, RTV, silicon, and glass for use with Port B. For questions concerning media compatibility, contact the factory.

MECHANICAL AND MOUNTING CONSIDERATIONS

The SCX nylon housing is designed for convenient pressure connection and easy PC board mounting. To mount the device horizontally to a PC board, the leads can be bent downward and the package attached to the board using either tie wraps or mounting screws. For pressure attachment, tygon or silicon tubing is recommended.

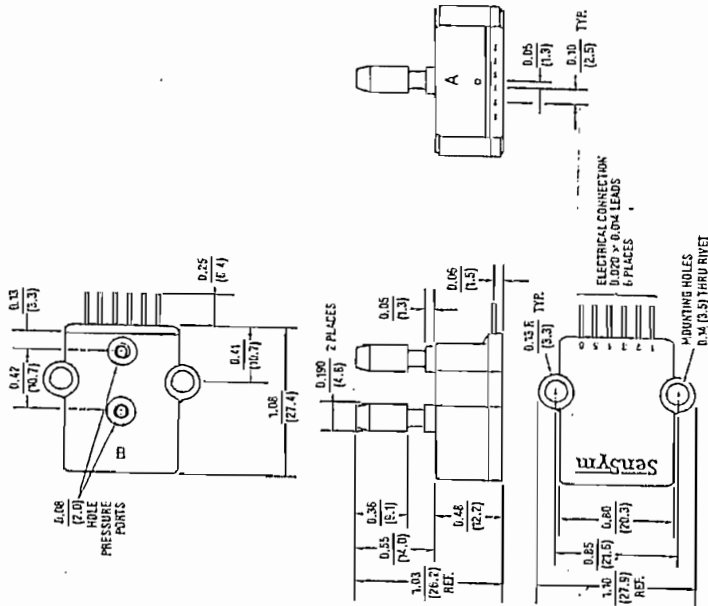
All versions of the SCX sensors have two (2) tubes available for pressure connection. For absolute devices, only port P_A is active. Applying pressure through the other port will result in pressure dead ending into the backside of the silicon sensor and the device will not give an output signal with pressure.

For gauge applications, pressure should be applied to port P_B. Port P_A is then the vent port which is left open to the atmosphere. For differential pressure applications, to get proper output signal polarity, port P_B should be used as the high pressure port and P_A should be used as the low pressure port.



Physical Construction (Cutaway Diagram)

(Not Drawn to Scale)



DIMENSIONS IN INCHES (MILLIMETERS)
 WETTED MATERIAL: SILICON
 PORT & CASE MATERIAL: GLASS FILLED NYLON
 PORT & CASE FILLED NYLON, SILICON RTV
 SEE PHYSICAL CONSTRUCTION DRAWING

ORDERING INFORMATION

To order, use the following part numbers:

DESCRIPTION	PART NUMBER
0 to 1psi Differential/Gage	SCX01DNC
0 to 5psi Differential/Gage	SCX05DNC
0 to 15psi Absolute	SCX15ANC
0 to 15psi Differential/Gage	SCX15DNC
0 to 30psi Absolute	SCX30ANC
0 to 30psi Differential/Gage	SCX30DNC
0 to 100psi Absolute	SCX100ANC
0 to 100psi Differential/Gage	SCX100DNC

Sensym

BP01 Blood Pressure Sensor

JULY 1987

FEATURES

- Precise, Stable, Output
- Temperature Compensated
- Small Size
- Low Noise
- High Impedance for Low Power Portable Applications
- Manufactured in Accordance with GMP for Medical Devices

GENERAL DESCRIPTION

The BP01 sensor was specifically designed for use in medical applications; primarily non-invasive blood pressure monitoring. They provide excellent performance within the pressure range of 0mmHg to 300mmHg and over the temperature range from 10°C to 50°C.

The BP01 consists of a highly linear, low noise semiconductor pressure sensor in combination with a precision thick film ceramic, housed in a compact nylon case. This package offers small size and excellent isolation to external package stresses. It also gives convenient mounting holes and pressure ports for ease of use with standard "lygon" tubing.

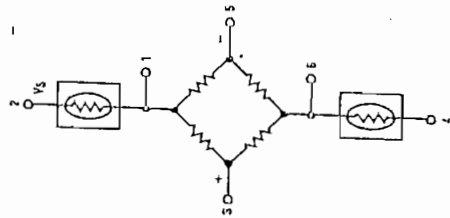
The BP01 is internally calibrated and temperature compensated to achieve a high degree of accuracy, stability, and repeatability. Span is calibrated to within ±1% and zero pressure offset is set to ±300 microvolts maximum. As a result, many applications will not require additional trimming networks in the external signal conditioning circuitry.

The output of the BP01 is ratiometric to the supply voltage and operation from any DC supply voltage up to +30V is acceptable. Because the BP01 is a relatively high impedance circuit (4kΩ), it is also an ideal choice for portable or battery operated equipment. Given its low noise and fast response-time, the BP01 provides an excellent choice for many other medical applications.

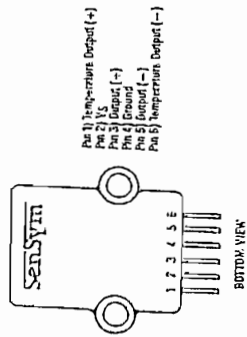
APPLICATIONS

- Non-invasive Blood Pressure Monitoring
- Medical Pressure Monitoring

EQUIVALENT CIRCUIT



ELECTRICAL CONNECTION



Note: The polarity indicated is for pressure applied to port B.
 "lygon" is a trademark of the Norton Company.



FEATURES

- Selectable Voltage Outputs
- Single or Dual Supply Operation
- Pressure from 0-1 to 0-100 psi
- Instant Prototyping

INTRODUCTION

The SCX-EB universal evaluation board has been designed for use with Sensym's SCX series of pressure sensors to facilitate the breadboarding of virtually any application that involves pressure sensing, from 70mBar (1psi) to 7 Bar (100psi). By simply calculating a single resistor value to set the amplifier gain and understanding the use of the jumper connections, the board should be ready for total circuit evaluation in less than 30 minutes. A general circuit description and several design examples are presented.

GENERAL DISCUSSION

Referring to the schematic diagram shown in Figure 1, amplifier A1 is used to provide a regulated voltage for the SCX sensor. In this manner, the circuit becomes independent of supply variations, power supply noise and ripple. The voltage, V_R , at test point one (TP1) will be 10V when jumper J4 is left open, and V_R will be at 5V when J4 is connected.

Amplifiers A3 and A4 are connected as an instrumentation amplifier and provide gain to the input signal, V_{IN} . A detailed description of this particular instrumentation amplifier configuration can be found in Sensym application Notes 17 and 18, so a rigorous mathematical derivation will be avoided and only final design equations will be presented here.

Amplifier A2, in conjunction with potentiometer R_0 set the initial (zero-pressure) output voltage. The complete expression for the output voltage, V_0 , is given by the following equation:

$$V_0 = V_{IN} \left[2 \left(1 + \frac{R_3}{R_1} \right) + V_R \right]$$

where $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ and V_R is the voltage at TP2 as set by R_0 .

Connection point V_- can be connected to a negative power supply when available. The connection to V_- allows the evaluation board to run from dual supplies,

thus giving the output the ability to swing to or below true ground. When a negative power supply is not used, the output of the evaluation board at zero pressure will be 50 to 150mV above ground. This small offset voltage can be suppressed by mounting a 2.0k Ω resistor, R5, on the output stage of the evaluation board. When R5 is in place the zero pressure offset can be reduced to 30 to 60mV above ground. Also, when a negative power supply is not used, jumper J5 must be included such that V_- will be eliminated from operation. When jumper J5 is connected, V_- will be connected to ground.

The polarity shown for the output voltage of the SCX Sensor assumes that the pressure is applied to port B. By using jumpers J1, J2, and J3, a variety of combinations are possible for V_R , the output voltage that is to represent zero pressure. For example, it is possible to set the output voltage to change from 1.00V at zero pressure to 5.0V at full-scale pressure; or if dual supplies are available, to set the output at 0V at zero pressure and 5.0V at full-scale positive pressure and -5.0V for an equal but negative pressure (vacuum). Also, by using the proper jumper connections, at zero pressure the output could be set to 5.0V with swings to +10 for positive pressure and to ground for negative pressure. These, as well as many other combinations, are possible.

POWER SUPPLY OPTIONS

The evaluation board can be operated from single or dual power supplies. In either case certain voltage limitations do exist.

- (A) Single Supply Operation. The SCX evaluation board requires a supply voltage of 8 to 30V for correct operation.
- (B) Dual Supply Operation. When the SCX evaluation board is powered by dual supplies, the positive power supply must be between 8 and 30V, while the negative voltage supply can be any negative voltage down to -22V. However, the total voltage across the board must be limited to 30V.

JUMPER CONNECTIONS

- (A) Jumper J4. This jumper simply controls the non-inverting gain of amplifier A1. With J4 open, the gain is 4V/V and the voltage at the top of the bridge will be approximately 10V. Leaving J4 open is the proper connection for all applications where V+ is 12V or higher. For applications where V+ is between 5V and 12V, J4 should be connected. This will give A1 a gain of 2V/V and hence Vg will be at approximately 5V.
- (B) Jumpers J1 and J2. This network is a voltage divider, with 2.5V at the top of the divider. Since R1 and R0 are 10kΩ, the range of the wiper arm voltage is easy to determine. With jumpers J1 and J2 open, the wiper arm will range from 0.83V to 1.67V and hence, this is also the range of adjustment for voltage Vg at TP2 (assuming Jumper J5 is open). If J1 is shorted, the range of adjustment is now from 1.25V to 2.5V. If J2 is shorted and J1 left open, the range is from approximately 0.0V to 1.25V.
- (C) Jumper J3. With Jumper J3 open, the gain of A2 is unity. With J3 shorted, the gain is 3V/V. This jumper is only useful when it is desired to set Vg higher than 2.5V, which is the maximum possible by using only J1 and J2. For example, if it is required to set Vg between 3.75V and 7.5V, the best adjustment is accomplished by jumpering J1 and J3. If it is desired to set Vg at (or near) ground, J2 should be shorted.
- (D) Jumper J5. This jumper is used when operation is from a single supply. When a negative power supply is not used, Jumper J5 must be included such that V- will be eliminated from operation. When jumper J5 is connected, V- will be connected to ground.
- (E) Jumpers J6 and J7. These jumpers will only be used when an SCX absolute sensor is used on the evaluation board. The absolute sensors have reversed output terminals compared to the differential/gauge SCX devices. When differential/gauge parts are used, jumpers J6 and J7 are not connected and, on the solder side of the evaluation boards, jumper points P1 and P2 are soldered.

When using an SCX gauge or differential sensor: P1 and P2 are shorted, and J6 and J7 are left open.

But, when an absolute sensor is used: P1 and P2 are left open and, J6 and J7 are shorted.

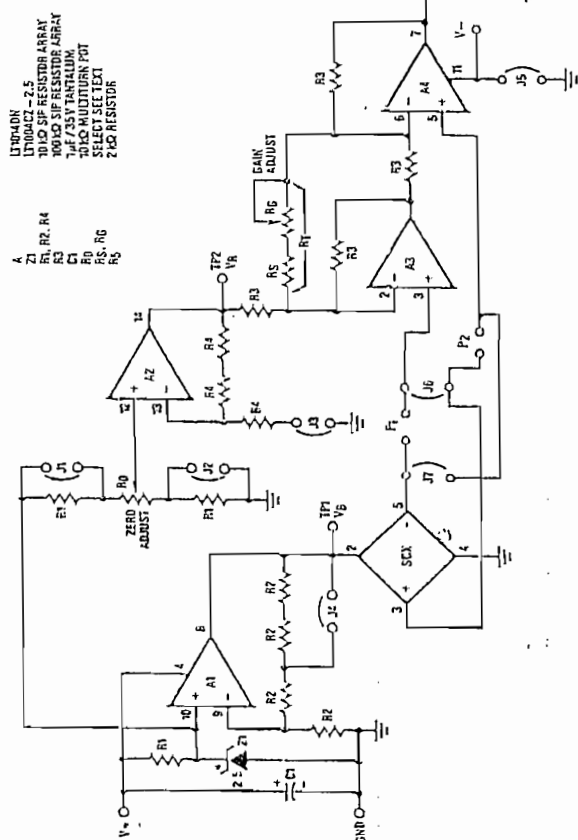


FIGURE 1 Schematic Diagram

DESIGN EXAMPLES

Example 1: Consider the need to measure a positive pressure from 0 to 100psf and provide a 1V to 6V output, given a 15V supply.

Solution: since a 7.5V supply is available, J4 will be left open which will provide 10V to the sensor. From the SCX100DNC data sheet, the output span for 100psf input pressure is 103mV when operating from a 12V supply. Because the span is ratiometric to the supply voltage, the output for a 10V supply will be 83.33mV. Since the output span desired is 5V (from 1V to 6V), the voltage gain required is 60V/V. From equation (1),

$$A_v = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_{IN}} = 2 \left[1 + \frac{R_3}{R_1} \right]$$

For $R_3 = 100k\Omega$, this equation is then solved for $R_1 = 3.448k\Omega$. For the best adjustment range, we will select $R_5 = 3.24k\Omega$ and R_6 to be a 500Ω multiterminal pot.

Since the zero pressure output voltage, V_g , is to be 1.0V, this is easily accommodated by leaving all jumpers open except Jumper J5 which is shorted. R5 is not connected. The final circuit design is shown in Figure 2.

ADJUSTMENT PROCEDURE

- (a) With zero pressure applied, adjust R0 until V_o is 1.00V.
- (b) Apply 100psig and adjust Rg until the output is 6.00V.
- (c) Repeat (a) and (b), if required.

Example 2: A dialysis machine must measure a pressure of ± 500 mmHg. It is desired that the output voltage be nominally at 5.00V and provide an output change of $\pm 2.5V$ for this pressure input. A +12V supply is available.

Solution: Again, J4 will be left open to provide 10V to the top of the SCX sensor. We will select an SCX15DNC for this application. From the SCX15DNC data sheet, the span at 12V supply and 15psf is 90mV. This equates to 0.5mV/V, per psi. Thus, at 10V and 500mmHg (9.67psi) the output from the bridge will be 46.35mV. Because it is required that a 500mmHg pressure provide an output voltage change of 2.5V, the gain required is 51.7V/V. Again, using the gain equation and solving for R_1 , R_1 is found to be 4.024kΩ. To allow for approximately $\pm 5\%$ gain adjustment from nominal, choose $R_5 = 3.74k\Omega$ and R_6 to be a 500Ω multiterminal pot.

Since the zero pressure output required is 5.00V, jumpers J1, J3, and J5 will be connected and jumpers J2, J4, J6, J7 are left open. R5 is not connected. In this manner, the wiper arm voltage of R0 can range from 1.25V to 2.5V and amplifier A2 provides a gain of 3V/V. Thus, V_g can be adjusted from 3.75V to 7.5V. The ad-

justment method is identical to that given in Example 1. Figure 3 shows the circuit schematic for this example.

Example 3:

It is desired to replace an existing sensor that provides an output of 1.0V at zero pressure, and 6.0V at 5psig. The only power supply readily available is the +8V supply used in the original design.

Solution: Because the power supply is 8V, Jumper J4 is connected to operate the sensor at 5V. The SCX05DNC is selected, which at 12V will provide an output of 60mV at 5psf. Thus, with a 5V supply, the output will be 25mV at 5psf. Since the span required at the amplifier output is 5V, the gain required is 200V/V. Again, solving for R_1 using the gain equation, R_1 is found to be 1.01kΩ and we will select $R_5 = 939\Omega$ and R_6 to be a 200Ω pot. Since the output for zero pressure is to be 1.00V, this can be achieved by leaving all jumpers open except J5 and J4, which are shorted. The circuit is shown in Figure 4. The adjustment procedure is as given in Example (f) and may require two or three iterations due to the high gain.

Example 4:

A machine used for "picking and placing" electrical components for PC board mounting uses a vacuum line to pick up the component. It is desired to monitor the vacuum line to ensure the component is picked up. With air flowing through the small orifice, at the head of the picker, a small vacuum of 13psia (-2 psig) is expected. With a component securely attached, the vacuum will go to 6psia (-9 psig). Because the output signal goes to the input of a standard 5V logic gate, it is desirable that the -2 psig pressure be represented by $+5V$ and at a pressure of -9 psig the output should be near ground to represent a low logic level. A +12V supply is available.

Solution: In this application, linearity is not critical. Although the actual pressure change to be measured is 7psig, we will select the SCX05DNC which will provide adequate sensitivity but at the same time not be too sensitive such that a component that is only partially held would go undetected. Again, J4 is left open to provide 10V to the SCX sensor. Since the SCX05DNC provides an output of 1mV/V per psi, the output of the sensor for a pressure change of 7psi (when operating from a 10V supply) will be a change of 70mV. To provide an output swing of 5V, a gain of about 70V/V is now required. Solving for R_1 , R_1 is found to be 2.94kΩ. Because the gain is not critical, we can select R_5 to be 2.94kΩ and not use pot. R6. A piece of wire must be used in place of R6 by shorting both ends of the pot together. These points are easily located by looking at the evaluation board layout. To be able to set the output at 5.0V, jumpers J1, J3, and J5, should be used—jumpers J4, J6, J7, and R5 are not attached. Figure 5 shows the final design.

SCX Evaluation Board

ADJUSTMENT PROCEDURE

There are two methods to adjust this circuit. If the vacuum pump is turned on, simply adjust R_0 until the output is 5.0V when the picker does not have a component attached. If the pump is not turned on, adjust R_0 until the output is at 6.2V. This is equivalent to offsetting the output by a pressure that is 1.7 psig higher than the actual expected operating pressure of 5 psia. This is done because, with no vacuum pump, the sensor will be measuring the ambient pressure of about 14.7 psia. This fact also points out that there may be a need to clamp the output voltage to 5V if the logic gate cannot tolerate a 6.2V input if the pump is not on or should fail.

We are particularly proud of the SCX family and we hope this brief technical explanation will help you in the evaluation of the SCX product family. To this end, Figure 6 is provided to aid you with your design.

If you have any questions about this product, your particular application, or any other Sensym product, please call us. We are always happy to assist you in any way we can.

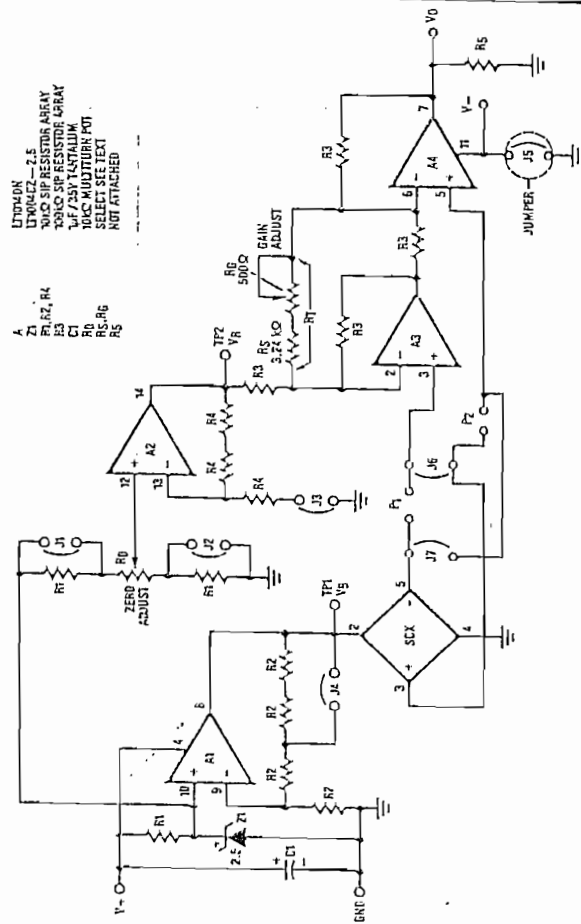


FIGURE II 1V to 6V Output for 0 to 100 psi Input

SCX Evaluation Board

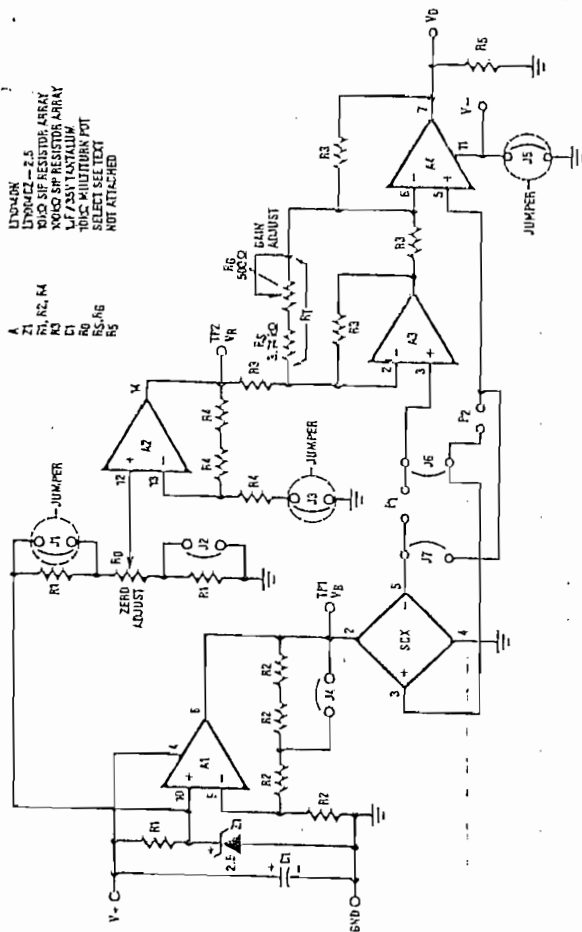


FIGURE III 5V ± 2.5V Output for ± 500 mmHg Input

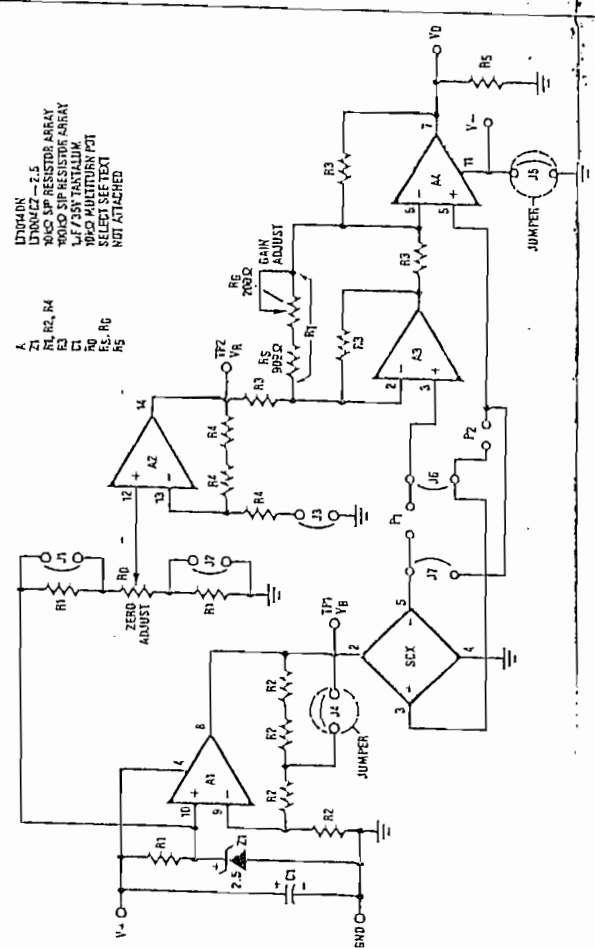


FIGURE IV 1V to 6V Output for 0 to 5 psi Input

SENSYM EVALUATION BOARD
ORDER FORM

Board	Description	Qty.
SCX-EB	Analog Output (0-5V, 1-6V)	_____
SCX-PRLB	8-Bit Parallel Output	_____
SCX-SRLB	8-Bit Serial Output	_____
SCX-LCD	3 1/2-Digit Display	_____
PC-Board	Any Unstuffed Board	_____
Other:		_____

SPECIFICATIONS

Operating Pressure Range
SCX-"C" Series Standard

Supply Voltage: EB: $\pm 6V$ to $\pm 24V$
PRLB, SRLB: $\pm 5V$ only
LCD: $+7V$ to $+30V$

Output Swing / Display Range

Options:

Total Cost: _____ \$

BILLING INFORMATION

Name: _____
 Company: _____
 Address: _____
 City/State: _____
 Phone Number: (____) _____ Date: _____

Make Checks Payable to: Sensym, Inc.

Return This Form to:

Application Department — Eval Board
 Sensym, Inc.
 1255 Reamwood Avenue
 Sunnyvale, CA 94089

- 1 DIP40K
- 2 100K Ω 2.5
- 3 10K Ω SIP RESISTOR ARRAY
- 4 100 Ω SIP RESISTOR ARRAY
- 5 1 μ F / 25V TANTALUM
- 6 10 μ F / 25V TANTALUM
- 7 10K Ω MULTITURN POT
- 8 SELECT SEE TEXT
- 9 2.5K Ω RESISTOR

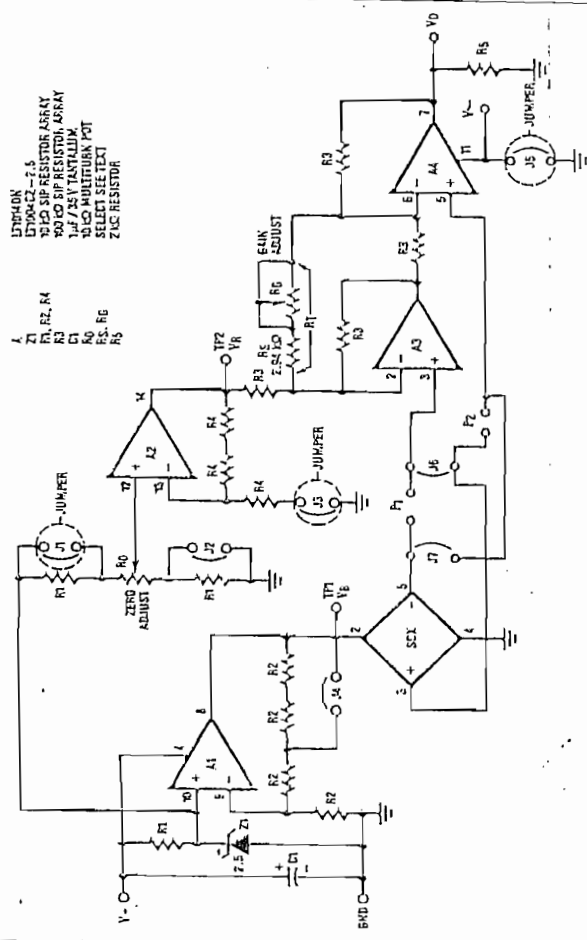


FIGURE 1 0V to 5V Output for Vacuum Sensing

- 1 DIP40K
- 2 100K Ω 2.5
- 3 10K Ω SIP RESISTOR ARRAY
- 4 100 Ω SIP RESISTOR ARRAY
- 5 1 μ F / 25V TANTALUM
- 6 10 μ F / 25V TANTALUM
- 7 10K Ω MULTITURN POT
- 8 SELECT SEE TEXT
- 9 7.5K Ω RESISTOR

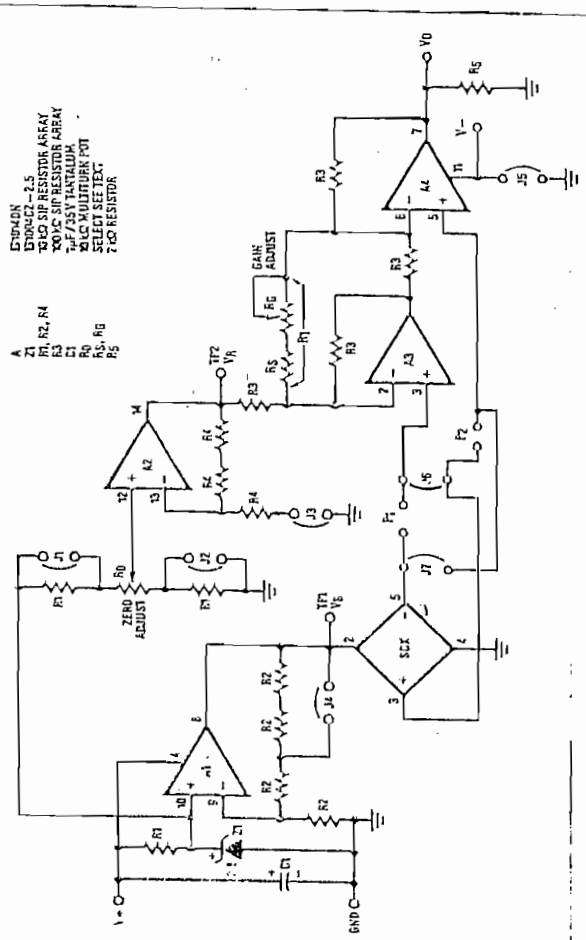
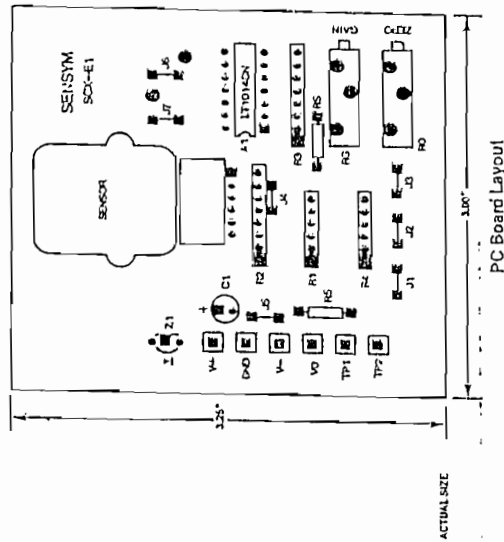


FIGURE 2 Your Design Goes Here

PHYSICAL DIMENSIONS

SCX Evaluation Board



ORDERING INFORMATION

For evaluation boards, complete the form shown on pressure ranges, please contact the Sensym factory. Each evaluation board includes the PC board with all components, including the SCX "C" series sensor pre-assembled and ready to use.

STANDARD PRESSURE RANGES

PART NUMBER	OPERATING PRESSURE	PROOF PRESSURE*
SCX01DNC	0-1psid	20psid
SCX05DNC	0-5psid	20psid
SCX15ANC	0-15psia	30psia
SCX15DNC	0-15psid	30psid
SCX30ANC	0-30psia	60psia
SCX30DNC	0-30psid	60psid
SCX100ANC	0-100psia	150psia
SCX100DNC	0-100psid	150psid

*Maximum pressure 3000-psi for stainless steel sensor tubes.

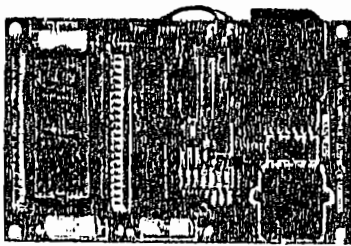
Other Evaluation Boards

Sensym also offers a complete family of evaluation boards for the SCX and SXX Series pressure sensors. These include output options for 8-bit serial, 8-bit parallel, 3 1/2 digit LCD and 4-20mA. For further information on these products, contact your local Sensym representative or call directly to the Sensym factory.

C

Sensym

SCX-LCD Evaluation Board



INTRODUCTION

The SCX-LCD is a complete 3 1/2-digit LCD evaluation board designed for use with Sensym's SCX series sensors. This evaluation board is provided complete with the SCX sensor, analog signal conditioning, A/D converter, and a 3 1/2-digit liquid crystal display. The evaluation board can be set to display full scale pressures from below 1psi (70mbar) up to 100psi (7 bar), simply by calculating a single gain resistor and selecting the proper jumpers.

GENERAL DISCUSSION

The following discussion provides a description of the board circuitry and layout.

Voltage Regulator—Referring to Figure 1, amplifier A₁ provides a regulated 5V to power the SCX sensor and ICL7105. This internal regulator allows the circuit to operate from supply voltages ranging from 7 to 30VDC without excessive errors or current drain. With this internally regulated 5V supply, the circuit will only draw approximately 4mA. This then gives a battery life of over 100-hours for a typical 9V alkaline battery. Also, as configured here, the low battery indicator will be displayed when the supply voltage is less than 7V.

Sensor Amplifier—To provide gain to the sensor output, amplifiers A₂, A₃, and A₄ are connected as a quasi-instrumentation amplifier. In addition, amplifier A₄ is used to provide an offset (zero pressure) adjust which does not load the basic sensor. The gain equation for this complete amplifier configuration is:

$$A_V = \frac{V_o}{V_{in}} = 2 \left(1 + \frac{R_{10}}{R_T} \right) \quad (1)$$

where:

$$R_T = R_{11} + R_{12}$$

As seen from the equation, the minimum gain of the amplifier (R_T = infinite) is two. Maximum gains of two or three hundred are achievable without excessive errors.

To determine the actual gain required, we must know the desired count needed from the A/D converter or display. As configured, the A/D converter displays one count for each 100µV applied to the input. Therefore, 200mV is required for a 1999 full-scale display.

Digital Section—The digital section is composed of three IC's; the ICL7105 (3 1/2-digit LCD driver and A/D converter), a 3 1/2-digit LCD display, and a quad exclusive

or gate to control the decimal points and "low bat" indicator on the display. The 7105 is a low power dual slope A/D converter containing a clock, auto zero circuit, dual slope A/D, and display drivers. The A/D reference is set to 100mV by the resistor divider R₄ and R₅. This reference sets the full-scale input voltage (2 x V_{REF}); in this case = 200mV. The 3 1/2-digit LCD display is a direct drive display with "low bat" and sign indicators.

JUMPER OPTIONS

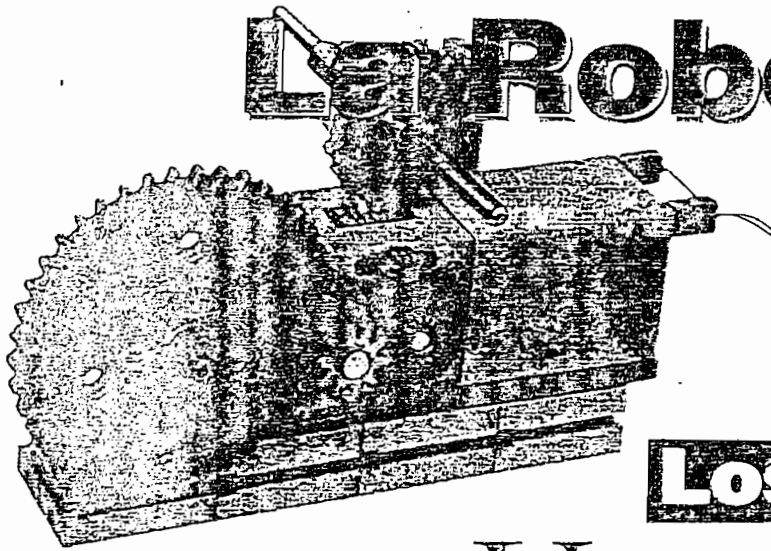
Three of the four exclusive or gates are used to control the decimal points on the display. Connecting the input high (5V) by soldering one of the shorting pads (J₅, J₆, J₇) turns on the required decimal point. Similarly, unsoldering the pad (open), turns the given decimal point off. (See Table 1). The 2N3904 transistor and the fourth exclusive or gate are used to turn on the "low bat" indicator.

Table 1. Decimal Point Jumper Connection

Jumper Connection	Decimal Point output
J ₅	DP1 (199.9)
J ₆	DP2 (19.99)
J ₇	DP3 (1.999)

The input to the amplifier is determined by soldering jumpers J₁ through J₄. To obtain positive going outputs for positive going pressures, J₁ and J₂ are shorted when using a gage or differential sensor. However, since the output of an SCXxxxAN absolute pressure sensor is negative with positive pressure, J₁ and J₂ are left open while J₃ and J₄ are shorted, thus inverting the sensor output. This inverted output is necessary, for example, when making a barometer. (See Table 2).

La Robótica



Los engranajes

FELIPE GONZÁLEZ G.

Una vez que hemos visto los principales tópicos sobre los motores, estudiaremos otro tema muy importante: los sistemas para la transmisión de los movimientos entre los componentes de los robots. Uno de los sistemas más utilizados para este propósito, son los engranajes, llamados Gears, en inglés. En robótica, estos mecanismos tienen tres propósitos principales: reducir la velocidad del movimiento rotacional del motor, aumentar la fuerza o torque en una determinada parte del robot y transmitir el movimiento en forma segura.

Un engranaje básico está formado por dos "piñones", figura 1b y permite la transmisión del movimiento sin el posible deslizamiento que podría ocurrir entre dos ruedas lisas, figura 1a. Los piñones también permiten transmitir el movimiento a dos "ejes" separados por medio de cadenas, reemplazando el sistema de poleas o bandas, figuras 1d y 1c.

Un piñón es una rueda dentada (*spur*) cuyas principales características son: su diámetro interno (para el eje) y externo, el número de "dientes", la forma y medida de estos dientes y el tipo de material con el cual está fabricado, figura 2.

Los engranajes se encuentran en todo tipo de sistemas de transporte y en general, en aparatos impulsados por

motores. Uno de los más conocidos es la caja de cambios o velocidades de los automóviles, motocicletas y diferentes tipos de vehículos. También encontramos los engranajes en las bicicletas, tocadiscos, videograbadoras, máquinas lavadoras de ropa, juguetes, sistemas para abrir y cerrar puertas, etc. En robótica, tanto a nivel experimental como industrial, se utilizan ampliamente sistemas de varios piñones llamados "cajas reductoras" o *Gear Reduction Box*, en inglés, las cuales veremos más adelante.

Los engranajes son necesarios en los robots ya que los motores entregan en sus ejes velocidades de rotación muy altas, que si se transmiten directamente a los sistemas de locomoción o agarre, harían que estos se movieran muy rápido y en la gran mayoría de los casos,

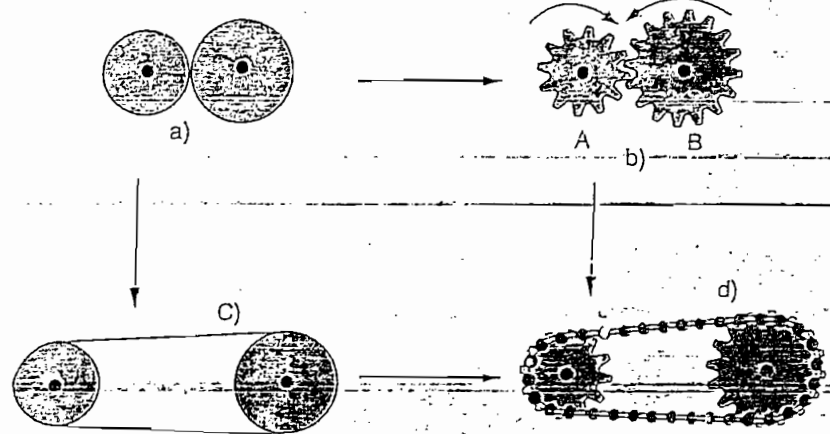
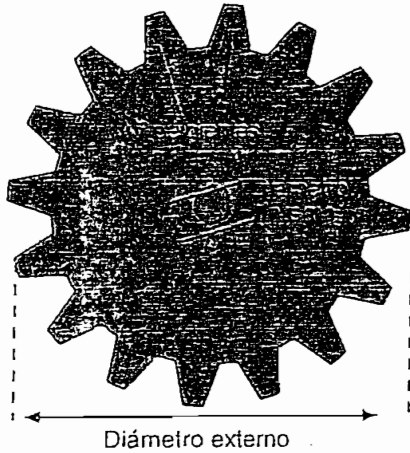


Figura 1. Diferentes formas de transmisión de movimiento. a) Por fricción entre ruedas lisas, b) Engranaje con dos piñones, c) Con polea o correa lisa y d) Engranaje con cadena



Diámetro externo

Donde P_m es la fuerza o potencia mecánica, τ es el torque y ω , la velocidad de rotación. En la práctica, hay una pérdida muy pequeña de potencia debido a que la transmisión del movimiento no es total al 100% por las imperfecciones físicas en la forma y construcción de los piñones. Esta pérdida es tan pequeña que en la mayoría de los casos se puede despreciar.

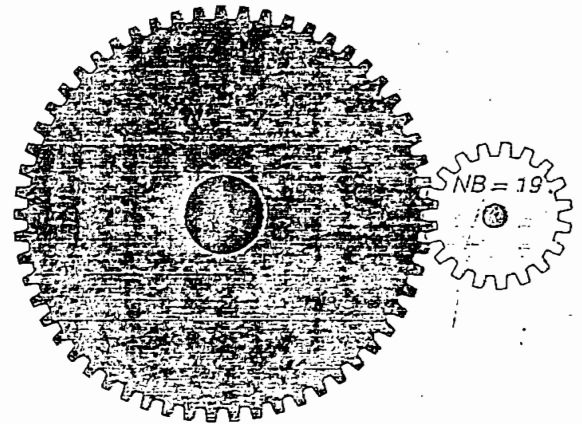


Figura 4. Relación del No. de Dientes

El aumento del torque por medio de engranajes nos permite la utilización de motores "pequeños" debido a que el tamaño y peso de estos es directamente proporcional a su potencia y en robótica es muy importante mantener estos dos parámetros, (tamaño y peso), lo más bajos posible.

una forma muy sencilla. En un engranaje simple con dos piñones, figura 4, se establece una relación llamada "Relación del No. de Dientes" o *Tooth Ratio*:

$$RND = \frac{N_A}{N_B}, \text{ en donde}$$

Relaciones matemáticas en los engranajes

RND = Relación del No. de Dientes
 N_A = Número de dientes del piñón A
 N_B = Número de dientes del piñón B

La reducción de la velocidad y el aumento del torque en un engranaje se pueden expresar matemáticamente de

Y por medio de esta relación se puede deducir la velocidad angular y el torque así:

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{N_B}{N_A} \text{ y } \frac{\tau_A}{\tau_B} = \frac{N_A}{N_B}$$

Si conocemos la velocidad aplicada al eje A, por ejemplo a partir de un motor, se puede deducir la velocidad resultante en el eje B y viceversa. Asimismo, podemos encontrar el torque resultante en los dos casos.

Ejemplo: En la figura 4 tenemos un piñón A con 57 dientes acoplado a un piñón B con 19 dientes. A este piñón B hay conectado un motor que gira a 300 rpm (revoluciones por minuto) y que tiene un torque de 120 in x oz (pulgadas por onza). ¿Cuales serán la velocidad y el torque en el eje A ?

$$\omega_A = \omega_B \times \frac{N_B}{N_A} = 300 \times \frac{19}{57} = 100 \text{ rpm}$$

$$\tau_A = \tau_B \times \frac{N_A}{N_B} = 120 \times \frac{57}{19} = 360 \text{ in x oz}$$

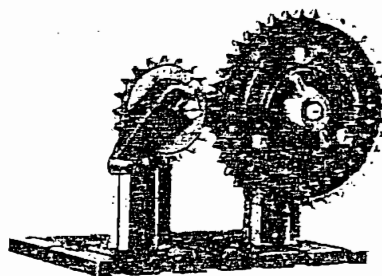
Figura 2. Parámetros básicos de un piñón

los robots y sus principales partes, se deben mover a baja velocidad. Esta reducción de velocidad se logra por la diferencia en los diámetros de los piñones que forman el engranaje estando el piñón más pequeño montado sobre el eje del motor y el más grande en el eje al cual se desea transmitir el movimiento. Si observamos la figura 1b podemos deducir fácilmente que mientras el piñón A gira una vuelta o "revolución", el piñón B solamente ha girado una parte de su circunferencia. También se puede observar que entre un eje y el otro se produce una inversión en el sentido de la rotación.

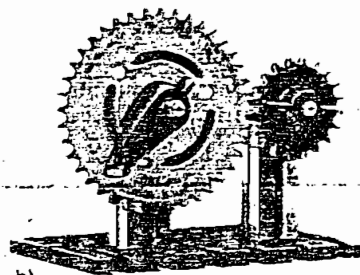
Para verificar estas afirmaciones experimentalmente, se puede montar en la práctica el sistema básico de la figura 1b utilizando piezas de un "mecano" como un LEGO, un Fischer-Technik o alguno similar, figura 3a. En algunos casos, los engranajes se pueden utilizar para el efecto contrario, es decir para aumentar la velocidad de giro de un eje, figura 3b.

La reducción de la velocidad implica automáticamente un fenómeno muy favorable en robótica: el aumento de la fuerza o torque rotacional en el eje que recibe el movimiento. Esto se debe a que la potencia o energía original del motor se debe conservar y como esta es directamente proporcional a la velocidad de rotación (ω) y al torque (τ); cuando la primera disminuye, el segundo debe aumentar.

$$P_m = \tau \times \omega$$



a)



b)

Figura 3. Montaje de prueba para la comprobación del funcionamiento de un engranaje básico. a) Reducción de velocidad y aumento de la fuerza y b) Aumento de velocidad y reducción de la fuerza

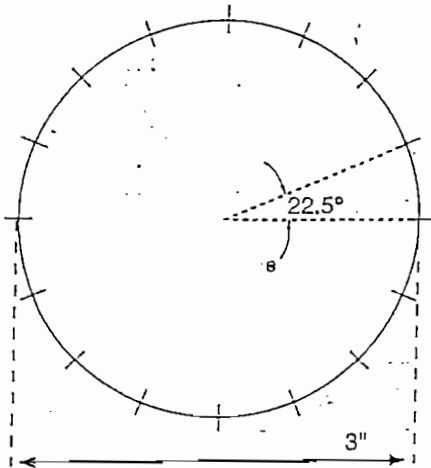


Figura 5. Círculo dividido en 16 arcos iguales de 22.5°

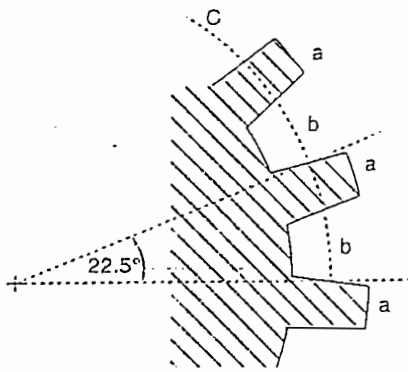


Figura 6. Cada arco se divide en un diente (a) y un espacio (b)

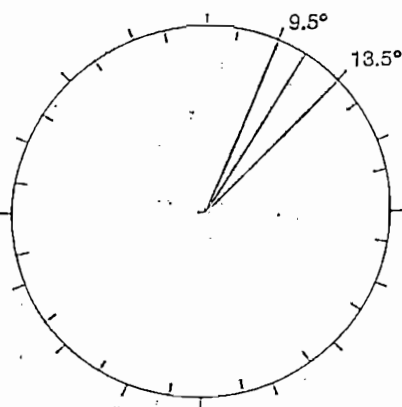


Figura 7. Círculo dividido en arcos alternos de 9.5° y 13.5°

Como podemos deducir fácilmente, la velocidad se ha reducido por tres y el torque se ha multiplicado por tres, que es la misma cantidad de la relación entre el número de los dientes de los dos piñones.

Geometría de los piñones

Para lograr una óptima transmisión de movimiento entre los piñones, su dise-

ño y fabricación implica una serie de fórmulas y ecuaciones geométricas un poco complejas que vamos a resumir, ya que en el caso de la robótica experimental que nos ocupa actualmente, no es necesario conocer en su totalidad. En la práctica, se pueden conseguir todo tipo de piñones y cajas de engranajes con diferentes fabricantes o inclusive tomándolos de mecanos, juguetes (aun de bajo costo) o también los podemos encontrar en aparatos dañados como tocadiscos, grabadoras de casetes, videograbadoras, pequeños electrodomésticos, etc. o como piezas de repuesto de los mismos que son ampliamente distribuidas ya sea directamente en los almacenes de componentes electrónicos o en los que venden por correo.

Sin embargo, es importante tener este conocimiento básico con el fin de poder seleccionar el mejor engranaje posible en un momento dado. El diseño de un piñón se inicia estableciendo su diámetro externo y el número de dientes que se requieren. Por ejemplo, necesitamos un piñón de 3" de diámetro con 16 dientes. Para empezar, se dibuja un círculo con 3" de diámetro llamado círculo fijo o *pitch circle* dividido en 16 partes iguales, figura 5. Como se puede ver, cada división tendrá un arco de 22.5°. Para que haya 16 dientes iguales, cada arco se debe dividir en un diente y un espacio, figura 6. Nótese que los dientes están ligeramente por encima del círculo y los espacios por debajo.

El espacio entre los dientes debe ser suficiente para recibir los dientes del otro engranaje que se acopla a esta. De esta forma, el espacio no puede ser mayor que la mitad del arco disponible. En la práctica, este espacio debe ser un poco mayor que el diente. Para el ejemplo, se escogen 9.5° para el diente y 13.5° para el espacio. Ahora dividimos cada espacio en dos partes de 9.5° y 13.5°, figura 7. El siguiente paso es establecer la forma del diente. Si trazamos líneas rectas a las divisiones dibujadas resultarán dientes cuadrados, figura 8, los que no funcionan en la práctica. De otra forma, si la pendiente se hace muy inclinada, los dientes resultan con una forma que no garantiza un agarre satisfactorio entre los piñones de un engranaje, figura 9.

Para obtener una forma apropiada para los dientes, se dibujan líneas con un ángulo de $\pm 20^\circ$ entre los lados de los dientes y el punto central de cada división, figura 10. Luego, se dibujan dos círculos concéntricos, uno un poco más pequeño y el otro un poco más grande que el diámetro inicial, llamados círculo raíz (*root circle*) y círculo externo

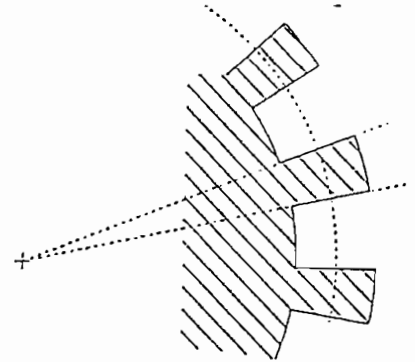


Figura 8. Dientes cuadrados coincidiendo con las líneas en las divisiones marcadas

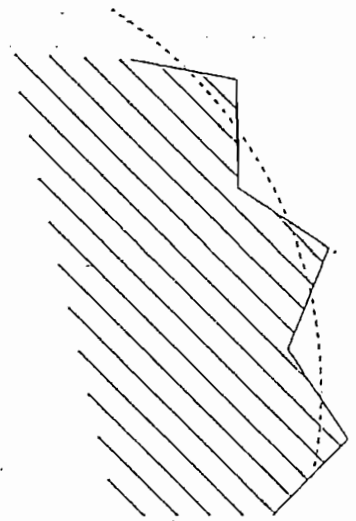


Figura 9. Si el ángulo se toma muy abierto resultan dientes que no garantizan el acople

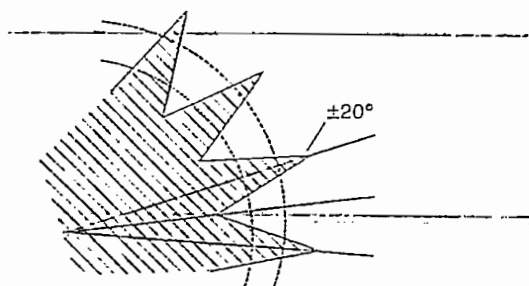


Figura 10. Perfil resultante con un ángulo de $\pm 20^\circ$

(outer circle). La distancia radial entre el círculo externo y el círculo fijo se llama *addendum* y entre el círculo fijo y el círculo raíz se llama *dedendum*. Tomando como guía estos círculos se truncan o cortan los dientes para darles su forma definitiva tal como se muestra en la figura 11. Independientemente de su diámetro y número de dientes, los piñones deben tener una geometría similar en la forma de sus dientes cuando se van a utilizar en un mismo engranaje para que se logre un acople funcional y de movimiento uniforme.

Por esta razón, los fabricantes asignan un número llamado *pitch* y que corresponde al número de dientes por pulgada el cual debe ser igual en todos los componentes del engranaje. En el sistema inglés, en base a

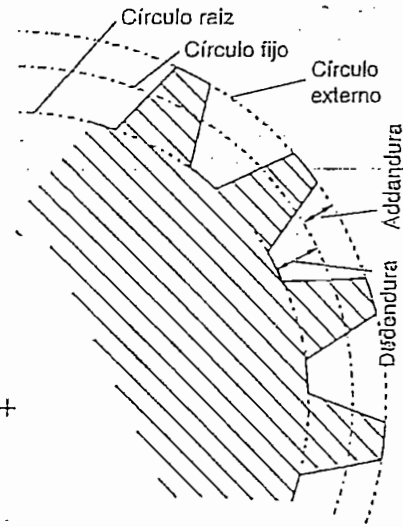


Figura 11. Perfil de los dientes después de cortar las puntas

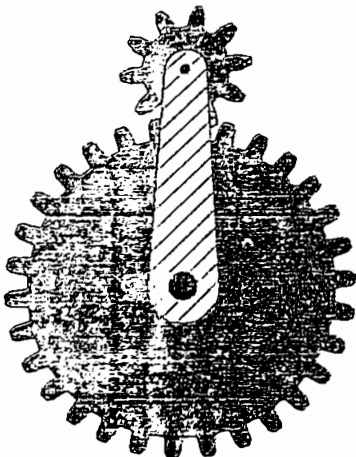


Figura 12. Sistema planetario de engranajes

Figura 13. Engranajes tipo sinfín

pulgadas, este número se encuentra normalmente con valores tales como 16, 20, 24, 32, 48, 64, 72, 80, 96 y 120 y se refiere al número de dientes por unidad de medida. Dependiendo de este dato, hay piñones gruesos, medios, finos y muy finos. A mayor número, más pequeños los dientes y viceversa, lográndose movimientos y ajustes más precisos cuando el número es mayor. En el sistema métrico decimal este parámetro recibe el nombre de módulo (*module*), y está relacionado con el diámetro del diente en milímetros. Valores típicos son 0.20, 0.40, 0.50, 0.80, 1.0, 1.5, 2.0 y 3.0.

Tipos de engranajes

Dependiendo de la forma de contacto y el número de piñones, hay diferentes tipos de engranajes. Los más comunes son las cajas o trenes de reducción, los sistemas planetarios, los sinfín, los lineales y los cónicos. La caja de reducción es el tipo de engranaje más utilizado en robótica y sobre ellas ampliaremos la información más adelante.

Los sistemas planetarios (*planetary gears*) son un tipo especial de engranajes en el cual uno o varios piñones giran dentro de otro acoplándose en su parte interna, o también puede ser un engranaje que gira alrededor de otro y de ahí se deriva su nombre, figura 12.

En los engranajes tipo sinfín (*worm gears*) se utiliza una pieza en forma de tornillo la cual se acopla a un piñón de tal forma que lo haga girar en ángulo recto al origen del mo-

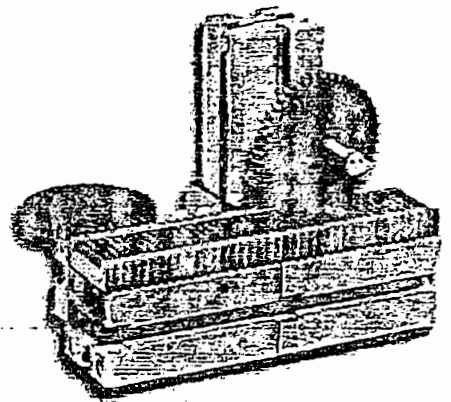
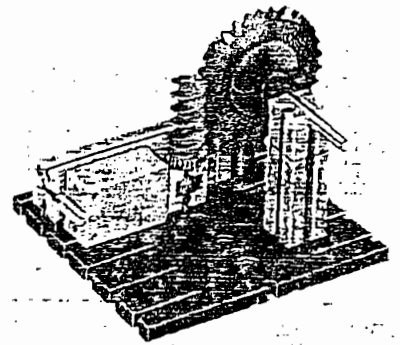
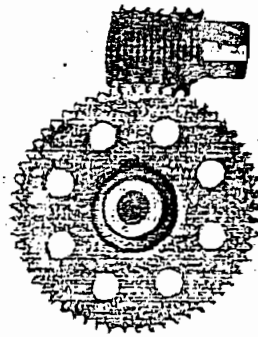


Figura 14. Engranaje lineal

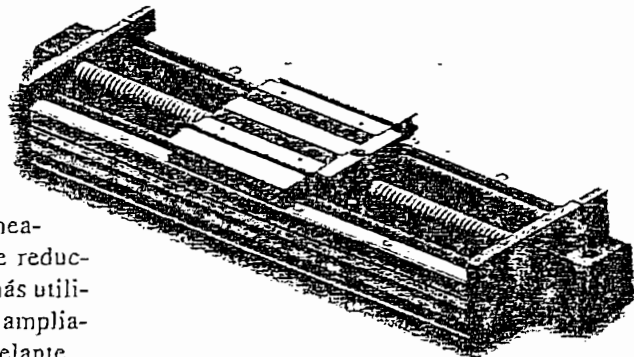


Figura 15. Actuadores lineales de precisión

vimiento. Aunque a nivel experimental se puede acoplar un tornillo común a un determinado piñón, la pareja de engranajes se fabrica especialmente para este propósito con una geometría propia para un acople óptimo. En la figura 13 se muestran algunos engranajes de este tipo.

Los engranajes lineales (*rack gears*), figura 14, pueden tener diferentes formas y se utilizan para con-

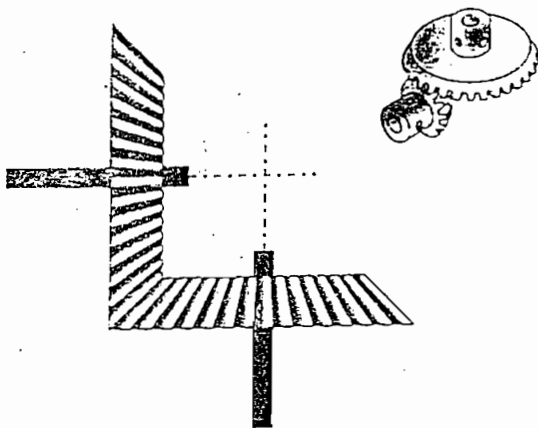


Figura 16. Engranaje cónico

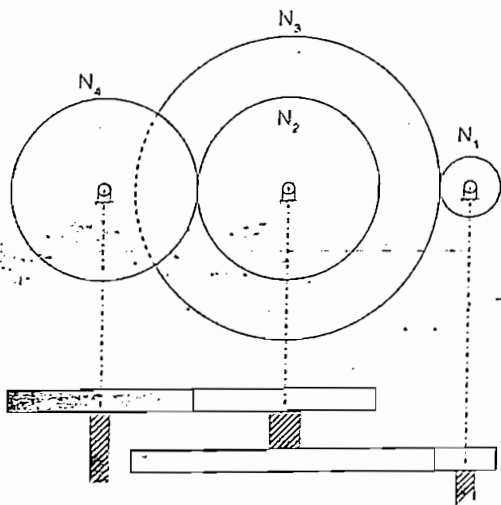


Figura 17. Caja de reducción

vertir un movimiento circular o rotatorio, proveniente de un motor, en un movimiento de tipo lineal. De la misma forma que los de tipo sinfín, la geometría de los dientes tanto de los piñones como de la pieza lineal debe ser especial para un buen acople. En algunos países este tipo de engranajes recibe el nombre de "cremallera". También se forma un engranaje lineal con una tuerca o pieza roscada internamente que se desliza sobre un tornillo sinfín para lograr la conversión del movimiento, figura 15.

Los engranajes de tipo cónico (*bevel gears*), figura 16, se utilizan para cambiar el ángulo de dirección del movimiento y se forman siguiendo las formas de un cono. Dependiendo del ángulo que se da a su borde, los ejes de los piñones pueden tomar ese ángulo según la aplicación.

Las cajas o trenes de reducción (*Gear boxes o Gear trains*)

En la mayoría de los casos, los engranajes simples no alcanzan a suplir las necesidades de transmisión de movimiento, reducción de velocidad y aumento de torque que se presentan en las diferentes partes de un robot. Por este motivo, es necesario utilizar sistemas con varios engranajes llamados cajas o trenes de reducción. Volviendo al ejemplo de la figura 4 podemos deducir que la reducción de velocidad que se logra con un engranaje simple no es mucha ya que en la práctica se tienen motores de CC con velocidades típicas de 1200 rpm o más y en los robots se requieren velocidades de 100 rpm o menos en algunos casos.

Para lograr estas reducciones de 12:1 o más, se pueden acoplar varios engranajes que se vayan comunicando el movimiento uno a otro, figura 17. En este conjunto, el piñón N1 recibe el nombre de engranaje impulsor o de entrada (*input gear*) y N4 se llama engranaje impulsado o de salida (*output gear*).

Los piñones intermedios se llaman en inglés *idler gears*, lo que podría traducirse como "inútiles". Si aplicamos las relaciones del número de dientes tenemos:

$$\frac{N1}{N2} \times \frac{N2}{N3} \times \frac{N3}{N4} = \frac{N1}{N4}$$

Como podemos ver, el número de dientes de N2 y N3 no influye en la reducción y tal vez por eso hayan recibido ese nombre. En un momento dado podría pensarse que sobran N2 y N3 pero si se eliminan, el tamaño de N1 y N4 tendría que ser mucho más grande. Una des-

ventaja de la configuración mostrada en la figura 17 es la distancia entre los ejes de salida y de entrada. Para solucionar esto, se han diseñado las cajas o trenes de reducción en donde se fabrican piñones dobles, es decir, acoplados al mismo eje y por medio de los cuales se logra el mismo efecto pero reduciendo considerablemente el tamaño.

Algunos motores tienen su eje acoplado directamente a una caja de reducción y comparten la estructura o chasis externo. Estos motores reciben el nombre de *Geared motors* o motores con engranaje y suministran una muy buena fuerza a baja velocidad, que como ya lo hemos mencionado varias veces, es muy útil para las aplicaciones en robótica y es lo más recomendado cuando vayamos a construir un robot.

Por lo general, las cajas de reducción se encuentran en forma independiente y se deben acoplar al eje del motor. Estas cajas se especifican según la reducción, por ejemplo, 100:1, 250:1, etc.

En la figura 18 se muestran algunos ejemplos de motores con caja de reducción y cajas de reducción independientes. Para efectos experimentales, se pueden obtener estas cajas a partir de juguetes dañados o algunos aparatos electrodomésticos pequeños. También es posible fabricar nuestras propias cajas reductoras lo que implica un poco más de trabajo. (9)

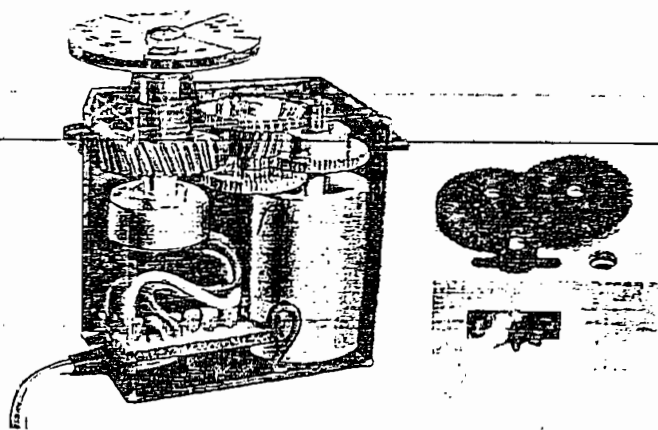


Figura 18. Diferentes tipos de cajas de reducción

ANEXO D



options and accessories index

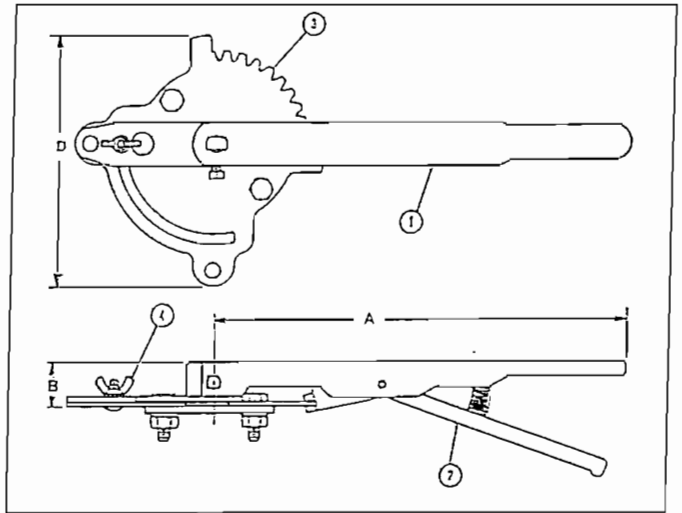
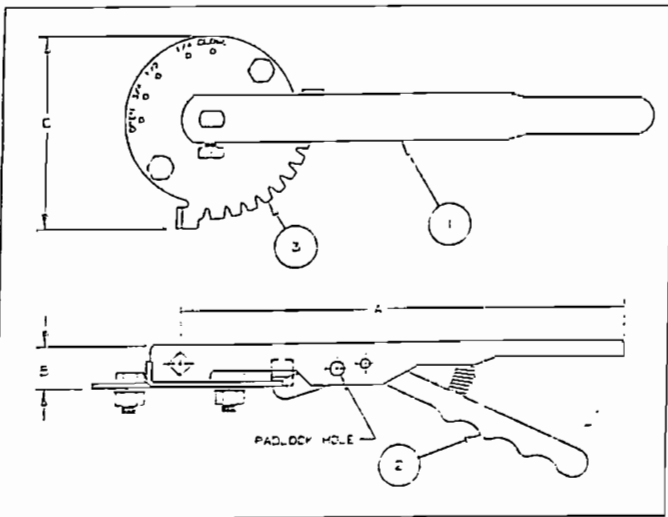
	Page
Actuators:	
Electric.....	26
Pneumatic	26
Operators:	
Gear	24
Lever-Lock.....	24
Options	25
Stem Extensions	26



butterfly valves options and accessories

Lever-Lock Operator (Standard)

Position-Lock Operator (Optional)



The lever-lock handle and throttling plate provide throttling notches every 10° for excellent manual control in balancing up to 90° or shut off service. The valve may be padlocked in any one of the positions including opened or closed by virtue of a locking hole located in the handle and lever.

The position lock can be used to set the valve in any position or as a memory stop so the valve may be reopened to the previous position. The valve may be padlocked in full open or full closed position.

Ordering: Sold as a field retrofitable kit only.

Material List

Dimensions

	Description	Material
1	Handle	Polymer Coated Iron
2	Lever-Lock	Zinc Plated Steel
3	Throttle Plate	Zinc Plated Steel

Valve Size	Lever-Lock Assy.	Position Lock	Dimensions				Torque Rated Output in Inch - Pounds	
			A	B	C	D	At 50 Pounds Pull	At 100 Pounds Pull
2"	T115106	47076	10½	1	4½	6¾	540 In-Lbs	900 In-Lbs
2½"-3"	T115107	47077	10½	1	4½	6¾	540 In-Lbs	900 In-Lbs
4"	T115108	47078	10½	1	4½	6¾	540 In-Lbs	900 In-Lbs
5"-6"	T115109	47079	13¾	1	4½	6¾	735 In-Lbs	1225 In-Lbs

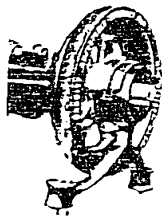
* Not recommended for 8", 10", and 12" valves.



butterfly valves options and accessories

Adjustable Sprocket Rim

The Babbitt Adjustable Sprocket Rim will provide for remote operation of butterfly valves in high, normally out-of-reach locations. When ordering specify either the sprocket and chain number or the NIBCO valve figure number and size. The chain length must also be specified.



Size No.	Dia. of Sprocket Wheel in inches	Weight in Lbs.	Dia. of Valve Rim Will Fit	Chain Size No.	Chain Weight per 100' in Lbs.	Butterfly Valve Size
1	5 1/2	4	4 1/2 to 5 1/2	1/0	17 1/2	—
1 1/2	7 1/2	5	6 to 7 1/2	1/0	17 1/2	2-6"
2	9	8	7 3/4 to 9	1/0	17 1/2	8-12"
2 1/2	12 1/2	15	9 1/2 to 12 1/2	4/0	30	14-18"
3	15 1/2	21	12 3/4 to 15 1/2	4/0	30	—
3 1/2	19	25	15 3/4 to 19	4/0	30	—
4	22	34	19 1/2 to 22	5/0	35	20-36"

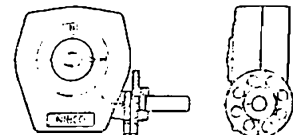
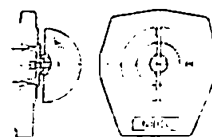
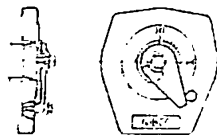
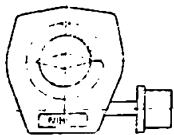
GEAR OPERATOR OPTIONS AND ACCESSORIES (2" through 12")

2" SQUARE OPERATING NUT

MEMORY STOP

FLAG INDICATOR

PADLOCK FLANGE

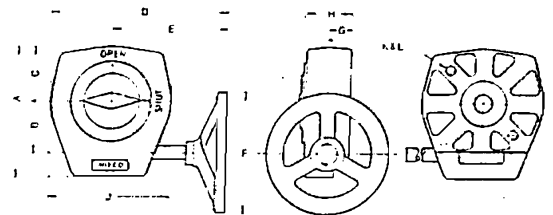


Consult factory for: Square Operating Nut, Memory Stop, Padlock Flange, and Flag Indicator

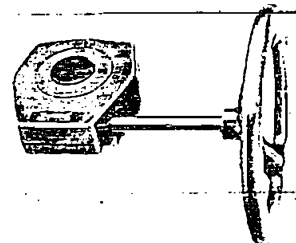
Gear Operator

The NIBCO HPR butterfly valve can be provided with heavy-duty weatherproof operator and indicator. Recommended for valves 8" and larger, for trouble-free operation in all moisture and weather conditions. Operator is a self locking worm gear type. Equipped with adjustable stops at open and shut positions.

Ordering: Specify by adding (-5) to Fig. No., i.e. WD2000-5.



Valve Size	Oper. No.	Torque Rated Output in Lbs.	Ratio	Dimensions											Req'd Adapter Bushing No.
				A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	
2"	46691	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	6.25	4.25	6	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46678
2 1/2"-3"	46691	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	6.25	4.25	6	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46679
4"	46691	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	6.25	4.25	6	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46680
5"	46691	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	6.25	4.25	6	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46681
6"	T112014	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	10.25	7.88	6	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46681
8"	46692	2,000	28:1	5.19	1.83	2.19	10.25	7.88	9	1.13	2.36	4.75	3/8-16	3/4	46682
10"	46693	3,500	40:1	5.93	2.36	2.43	10.50	7.88	9	1.13	2.36	5.25	1/2-13	5	46683
12"	46693	3,500	40:1	5.93	2.36	2.43	10.50	7.88	9	1.13	2.36	5.25	1/2-13	5	46684
14"	47156	—	68:1	—	—	—	16.12	11.07	12	1.98	4.0	10.1	—	—	N/A
16"	47167	—	68:1	—	—	—	16.12	11.07	12	1.98	4.0	10.1	—	—	N/A
18"	47178	—	68:1	—	—	—	16.12	11.07	12	1.98	4.0	10.1	—	—	N/A
20"	47189	50,000	52:1	—	—	—	20.20	14.55	20	3.85	6.5	11.35	—	—	N/A
24"	47200	50,000	52:1	—	—	—	20.20	14.55	20	3.85	6.5	11.35	—	—	N/A
30"	47796	53,000	160:1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N/A
36"	47797	106,000	153:1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N/A



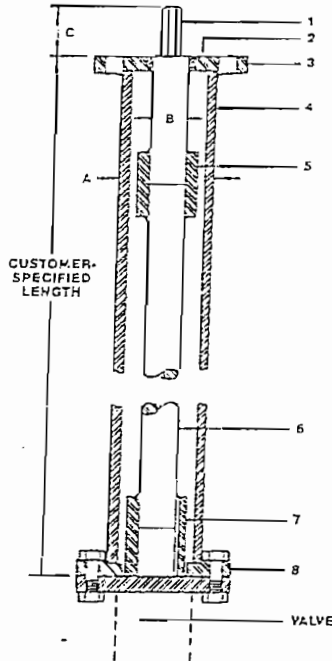
NOTE: Configuration of 14"-36" gear operator is slightly different than drawing shown above. Operator sides are not tapered. Dimensions apply to LD/WD Series valves



butterfly valves: options and accessories

Stem Extensions

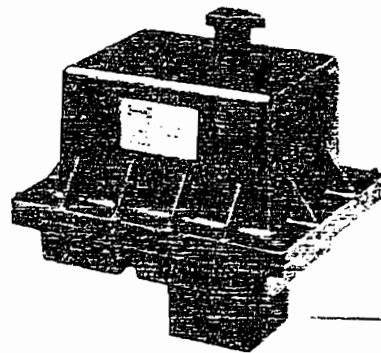
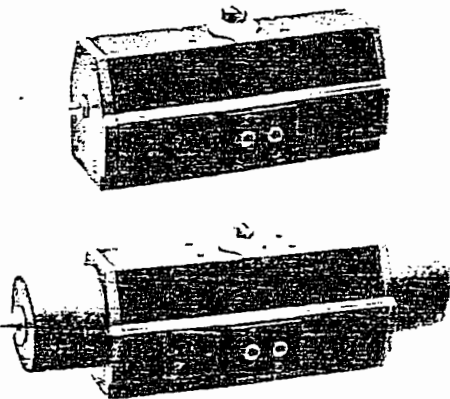
Stem extensions can be furnished to permit remote operation of butterfly valves in any required length. The top flange of an extension stem, plug shaft diameter, and distance across flats on plug shaft are the same size as the valve selected. This allows interchangeability of gear operators, actuators, and adapter bushings from valve mounting flange to extension stem top flange. When ordering, specify valve size, figure number, and the exact distance from the valve flange to the top of extension flange (customer-specified length shown at right). Stem extensions are available in lengths up to 10 feet. For stem extensions in excess of 10 feet consult factory.



MATERIALS OF CONSTRUCTION		
DETAIL NO.	COMPONENT NAME	MATERIAL
1	Plug	Steel
2	Top Flange Bushing	Bronze
3	Top Flange	Steel
4	Housing	Steel
5	Plug and Rod Coupling	Steel
6	Rod	Steel
7	Rod and Stem Coupling	Steel
8	Bottom Flange	Steel

DIMENSIONS			
Size	A	B	C
2"-12"	2.38	1.125	1.12
14"-16"	4.50	1.500	3.56
18"	4.50	1.750	3.94
20"-24"	4.50	2.250	6.00

Actuators—Electric & Pneumatic



Pneumatic — Air to air or spring return designs are available. Options include electric solenoids, switch boxes, positioners, and lighter pressure springs. Air supply of 40 to 120 PSI may be used.

Electric — available in NEMA 4 and NEMA 7 (explosion proof) enclosures. 120 or 220 volt, single phase, 50/60 cycle service. Options such as throttling, different cycle times, and special controls are available.



engineering data index

	Page
Flow Data	38-39
Pressure/Temperature	30
Property of Materials	34-37
Specifications	32
Technical Information — Butterfly Valves	
Capscrew & Bolt Data	28
Gear Operator Installation	29
Metals Used in Valves & Fittings	31
Resilient Seat Materials	30
Torque Requirements	33
Valve Installation	28
Actuation Data Sheet	40



butterfly valve technical information

Installation Guide

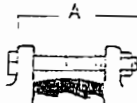
1. This Butterfly Valve is bi-directional and may be installed in either direction.
2. Install this valve between any ANSI Class 125 or 150 flange. Cast iron, bronze, plastic or steel flanges may be used. No flange gaskets are required.
3. The stem can be installed in any position, but if a choice of stem positions exists, good practice dictates that the valve be installed with the stem horizontal. This will minimize liner wear by distributing stem and disc weight evenly.
4. Valves should be installed with the disc in the closed or almost closed position. This will prevent damage to the disc sealing edge.
5. Before any flange bolts are tightened, valves should be centered within the flanges and then carefully opened to assure free, unobstructed disc movement. Disc interference may result when valves are installed in pipelines having smaller than normal inside diameters, such as heavy wall pipe, plastic lined pipe, or as cast flanges. Suitable corrective measures must be taken to remove these obstructions, such as taper boring the pipe or installing a spacer.
6. Interference may also occur when butterfly valves are bolted directly to the outlet flange of a swing check, silent check, or reducing flange. Check valve and butterfly valve combinations are very popular; normally a short spool piece is required between the valves.

CAUTION

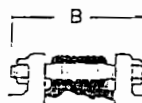
1. Class 250 cast iron and Class 300 steel flanges can not be used on these valves.
2. Rubber faced or mechanical flanges are not recommended.
3. This valve is not recommended for steam service.
4. Valves should not be assembled to the flanges and then welded into the piping system.
5. Lever-lock handles are not recommended for use on 8" and larger valves.
6. Do not install EPDM liner in compressed air lines.

Capscrew and Bolt Data

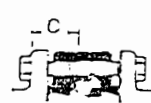
VALVE SIZE	ALL BOLTING		WAFFER TYPE		LUG TYPE	
	DIAMETER	NUMBER	MACHINE BOLTS—LENGTH (A)	STUD BOLTS—LENGTH (B)	CAP SCREW—LENGTH (C)	
		MACHINE & STUD	CAP SCREW			
2"	.625	4	8	4.50	5.00	1.50
2½"	.625	4	8	4.50	5.50	1.50
3"	.625	4	8	4.50	5.50	1.50
4"	.625	8	16	5.00	6.50	1.75
5"	.750	8	16	5.50	6.00	1.75
6"	.750	8	16	5.50	8.00	2.00
8"	.750	8	16	6.00	8.50	2.00
10"	.875	12	24	6.50	7.50	2.25
12"	.875	12	24	7.00	7.50	2.50



WAFFER STYLE



LUG STYLE



LUG STYLE

NOTES: All valves are suitable for installation with pipe flanges conforming to ANSI B-16.1 (Class 125 iron flanges) and ANSI B-16.5 (Class 150 steel flanges). All screw threads are according to ANSI B-1.1 coarse thread.



butterfly valve technical information

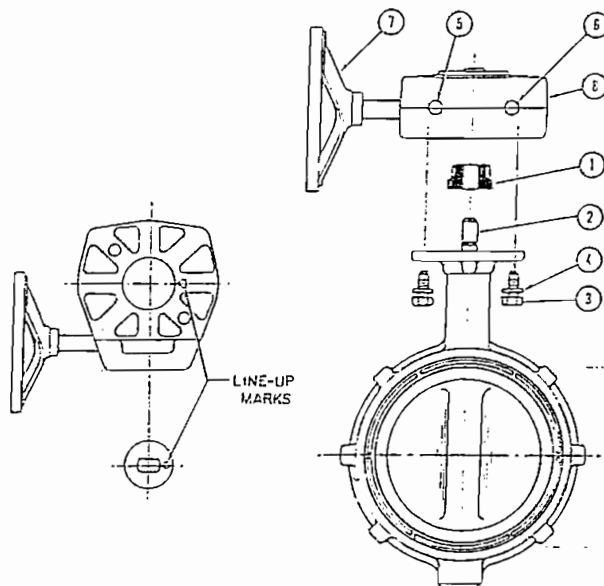
Gear Operator Installation Instructions

(2"-12" LD/WD 2000-3000 B.F.V.)

NOTE: The gear operators are shipped from the factory, "pre-set" for mounting to valves that are in the closed position.

PROCEDURE

1. The adapter bushing (Fig. 1) should be inserted into the gear operator using the alignment marks provided.
2. The assembly should then be slipped onto the valve stem (Fig. 2), with the valve in the closed position.
 - 2a. If the operator mounting holes do not line up with the valve flange holes, the stop screw(s) (Fig. 5 and/or 6) should be backed off and handwheel turned until holes are aligned
3. Upon proper alignment of mounting holes, the two bolts and washers (Figs. 3 & 4) should be installed
4. If the valve is in service and the "full open" position, the operator handwheel (Fig. 7) should be turned until indicator pointer (Fig. 8) is at the open position and operator bushing assembly slipped onto valve stem and adjustment procedure in paragraph 2a followed.
5. Where possible, the closed position should be determined by leak test using water or air, under low pressure.
6. Do not attempt to force beyond stops. Handwheel should turn freely over full range of travel.





butterfly valve technical information

Resilient Liner Materials

EPDM — EPDM is a terpolymer elastomer made from ethylene-propylene diene monomer. EPDM has good abrasion and tear resistance and offers excellent chemical resistance to a variety of acids and alkalines. It is susceptible to attack by oils and is not recommended for applications involving petroleum oils, strong acids, or strong alkalines. It has exceptionally good weather aging and ozone resistance. It is fairly good in ketones and alcohols.

BUNA-N (NITRILE) (NBR) — BUNA-N is a general purpose oil resistant polymer known as nitrile rubber. Nitrile is a copolymer of butadiene and acrylonitrile. BUNA-N has good solvent, oil, water and hydraulic fluid resistance. It displays good compression set, abrasion resistance and tensile strength. BUNA-N should not be used in highly polar solvents such as acetone and methyl ethyl ketone, nor should it be used in chlorinated hydrocarbons, ozone or nitro hydrocarbons.

Fluorocarbon (VITON*) (FKM) — Fluorocarbon elastomers are inherently compatible with a broad spectrum of chemicals. Because of this extensive chemical compatibility which spans considerable concentration and temperature ranges, fluorocarbon elastomers have gained wide acceptance as a material of construction for butterfly valve O-rings and seats. Fluorocarbon can be used in most applications involving mineral acids, salt solutions, chlorinated hydrocarbons and petroleum oils. It is particularly good in hydrocarbon service.

CARBOXILATED BUNA (XNBR) — Carboxilated Buna is a general purpose oil resistant elastomer known as (carboxylic-acrylonitrile-butadiene). This elastomer has excellent abrasion resistance and can be used for dry material transfer.

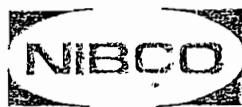
Trademark of E. I. Dupont Co.

Liner Temperature Ratings

Liner Material	Temperature
EPDM**	-20°F to +250°F
Nitrile (Buna-N)	-20°F to +180°F
Fluorocarbon (Viton)	-20°F to +300°F

**EPDM is rated at 250°F intermittent service and 225°F continuous service.

Proprietary compound formulas are used for each of the elastomers to provide the right combination of seat compression, abrasion resistance, and chemical resistance to match your application. Elastomeric seat materials are not suitable for steam service.



butterfly valve technical information

Metals Used in Valves & Fittings

ALUMINUM—A non-ferrous metal, very lightweight, approximately one-third as much as steel. Aluminum exhibits excellent atmospheric corrosion resistance, but can be very reactive with other metals. In valves, aluminum is mainly used as an exterior trim component such as a handwheel or identification tag.

COPPER—Among the most important properties of wrought copper materials are their thermal and electrical conductivity, corrosion resistance, wear resistance, and ductility. Wrought copper performs well in high temperature applications and is easily joined by soldering or brazing. Wrought copper is exclusively used for fittings.

BRONZE—One of the first alloys developed in the bronze age is generally accepted as the industry standard for pressure rated bronze valves and fittings. Bronze has a higher strength than pure copper, is easily cast, has improved machinability, and is very easily joined by soldering or brazing. Bronze is very resistant to pitting corrosion, with general resistance to most chemicals less than that of pure copper.

SILICON BRONZE—Has the ductility of copper but much more strength. Silicon bronze has equal or greater corrosion resistance to that of copper. Commonly used as stem material in pressure-rated valves, silicon bronze has greater resistance to stress corrosion cracking than common brasses.

ALUMINUM BRONZE—The most widely accepted disc material used in butterfly valves, aluminum bronze is heat treatable and has the strength of steel. Formation of an aluminum oxide layer on exposed surfaces makes this metal very corrosion resistant. Not recommended for high pH wet systems.

BRASS—Generally good corrosion resistance. Susceptible to de-zincification in specific applications; excellent machinability. Primary uses for wrought brass are for ball valve stems and balls, and iron valve stems. A forging grade of brass is used in ball valve bodies and end pieces.

GRAY IRON—An alloy of iron, carbon and silicon; easily cast, good pressure tightness in the as-cast condition. Gray iron has excellent dampening properties and is easily machined. It is standard material for bodies and bonnets of Class 125 and 250 iron body valves. Gray iron has corrosion resistance that is improved over steel in certain environments.

DUCTILE IRON—Has composition similar to gray iron. Special treatment modifies metallurgical structure which yields higher mechanical properties; some grades are heat treated to improve ductility. Ductile iron has the strength properties of steel using similar casting techniques to that of gray iron.

CARBON STEEL—Very good mechanical properties, good resistance to stress corrosion and sulfides. Carbon steel has high and low temperature strength, is very tough and has excellent fatigue strength. Mainly used in gate, globe, and check valves for applications up to 850°F, and in one-, two-, and three-piece ball valves.

3% NICKEL IRON—Improved corrosion resistance over gray and ductile iron. Higher temperature corrosion resistance and mechanical properties. Very resistant to oxidizing atmospheres.

NICKEL-PLATED DUCTILE IRON—Nickel coatings have received wide acceptance for use in chemical processing. These coatings have very high tensile strength, 50 to 225 ksi. To some extent, the hardness of a material is indicative of its resistance to abrasion and wear characteristics. Nickel plating is widely specified as a disc coating for butterfly valves.

400 SERIES STAINLESS STEEL—An alloy of iron, carbon, and chromium. This stainless is normally magnetic due to its martensitic structure and iron content. 400 series stainless steel is resistant to high temperature oxidation and has improved physical and mechanical properties over carbon steel. Most 400 series stainless steels are heat-treatable. The most common applications in valves are, for stem material in butterfly valves, and backseat bushings and wedges in cast steel valves.

316 STAINLESS STEEL—An alloy of iron, carbon, nickel, and chromium. A non-magnetic stainless steel with more ductility than 400SS. Austenitic in structure, 316 stainless steel has very good corrosion resistance to a wide range of environments, is not susceptible to stress corrosion cracking and is not affected by heat treatment. Most common uses in valves are: stem, body and ball materials.

17.4 PH STAINLESS STEEL—Is a martensitic precipitation/age hardening stainless steel offering high strength and hardness. 17.4 PH withstands corrosive attack better than any of the 400 series stainless steels and in most conditions its corrosion resistance closely approaches that of 300 series stainless steel. 17.4 PH is primarily used as a stem material for butterfly and ball valves.

ALLOY 20Cb-3*—This alloy has higher amounts of nickel and chromium than 300 series stainless steel and with the addition of columbium, this alloy retards stress corrosion cracking and has improved resistance to sulfuric acid. Alloy 20 finds wide use in all phases of chemical processing. Commonly used as interior trim on butterfly valves.

MONEL*—Is a nickel-copper alloy used primarily as interior trim on butterfly and ball valves. One of the most specified materials for corrosion resistance to sea and salt water. Monel is also very resistant to strong caustic solutions.

STELLITE—Cobalt base alloy, one of the best all-purpose hard facing alloys. Very resistant to heat, abrasion, corrosion, impact, galling, oxidation, thermal shock and erosion. Stellite takes a high polish and is used in steel valve seat rings. Normally applied with transfer plasma-arc; Stellite hardness is not affected by heat treatment.

HASTELLOY C*—A high nickel-chromium molybdenum alloy which has outstanding resistance to a wide variety of chemical process environments including strong oxidizers such as wet chlorine, chlorine gas, and ferric chloride. Hastelloy C is also resistant to nitric, hydrochloric, and sulfuric acids at moderate temperatures.

NOTE: See "Chemical Resistance Guide Catalog" 5-190-A for specific questions.

*ALLOY 20Cb-3 is a registered trademark of Carpenter Technology.

*HASTELLOY C is a registered trademark of Cabot Corporation

*STELLITE is a registered trademark of Cabot Corporation

*MONEL is a registered trademark of International Nickel

*17.4 PH STAINLESS STEEL is a registered trademark of Armco Steel Company



specifications

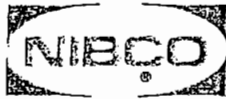
NIBCO Butterfly valves are designed and manufactured to give maximum performance on recommended service at the lowest possible initial and upkeep cost. They meet or exceed the following specifications developed through years of experience, research and many laboratory tests.

Butterfly Valves

American Petroleum Institute (Supplied upon Request)	API 609
Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fitting Industry, Inc.	MSS-SP-25 MSS-SP-67
United States Coast Guard	Category (b) Service

Sample Butterfly Valve Specification

Butterfly Valves 2"-12" shall be of the flangeless type, both lug and wafer styles. These valves will be rated 200 PSI bi-directional differential pressure, with a 200 PSI dead end service rating, without the need for a downstream flange. The body material shall be shock resistant ductile iron with extended neck for 2" of insulation. There will be no exposed fasteners in the waterway to pin the disc to the stem. The liner is to be molded in or captive boot design. Top and bottom stem bushings of dissimilar material are required with a positive retention mechanism for the stem.



butterfly valve technical information

Butterfly Valve Torque Data

LD/WD SERIES

Breakaway Torque (in./Lbs.) Wet Service

Size	100 psi	200 psi	250 psi
2	140	180	195
2½	190	235	255
3	250	300	325
4	430	530	580
5	590	760	845
6	795	1035	1155
8	1850	2350	2600
10	2350	2900	3125
12	3875	5390	6145
Size	50 psi	100 psi	150 psi
14	4478	5194	5893
16	6026	6938	7929
18	8527	9873	11220
20	11582	13411	15240
24	16142	18691	21240
30	—	43605	47740
36	—	64250	69440

LC/WC SERIES

Size	50 psi	100 psi	150 psi
14	5200	6000	7500
16	6900	8000	9500
18	9000	10500	12000
20	11000	14000	15200
24	16000	21000	28000

Torque listed for EPDM. When calculating torques for Buna-N, or Fluorocarbon multiply listed torque by 1.25. Consult factory for dry service valves.

TORQUE is the rotary effort required to operate a valve. This turning force in a butterfly valve is determined by three factors. (1) Friction of the disc to seat for sealing (2) Bearing friction (3) Dynamic torque.

BREAKAWAY TORQUE is the total of the torques resulting from bearing friction and seat/disc interference friction at a given pressure differential. This value is normally the highest required torque to operate a valve, and is used in sizing actuators. The values listed at the left are based on performance tests and include a safety factor. The torques listed are valid for water and lubricating fluids at ambient temperature. For dry and non-lubricating fluids, contact your NIBCO customer service representative.

Butterfly valves, sizes 8" and larger, when used on liquids, show a marked increase in dynamic torque which tends to close the valve. For this reason, gear operated or actuated valves are recommended.



properties of valve materials

ALLOY	ASTM NO.	OTHER ALLOY DESIGNATION	NOMINAL OR MAX. CHEMICAL COMPOSITION								
			AL	CARBON C	CHROME Cr	COBALT Co	COPPER Cu	IRON Fe	LEAD Pb	MANGANESE Mn	MOLYBDENUM Mo
Die Cast Aluminum	B-85	UNS-A03800	87.0				1.0	1.3		.35	
Free Cutting Brass	B-16	UNS-C36000					61.5		3.0		
Navy "M" (Steam Bronze)	B-61	UNS-C92200	.005				88.0	.25	1.5		
Composition Bronze (Ounce Metal)	B-62	UNS-C83600	.005				85.0	.30	5.0		
Copper-Silicon Alloy B	B-98/B-99	UNS-C65100 H04					96.0	.8	.05	.7	
Forging Brass	B-124	UNS-C37700					60.0	.3	2.0		
Brass Wire (Red Brass)	B-134	UNS-C23000					85.0	.05	.05		
Leaded Red Brass	B-140	UNS-C31400					89.0	.10	1.9		
Aluminum Bronze (Cast)	B-148 B-148	UNS-C95500 UNS-C95400	11.0 11.0				81.0 85.0	4.0 4.0			
Aluminum Bronze (Rod)	B-150	UNS-C64200	7.0				91.0	.30	.05	.10	
Silicon Red Brass	B-371	UNS-C69400					81.5	.20	.30		
Leaded Semi-Red Brass	B-584	UNS-C84400	.005				81.0	.40	7.0		
Leaded Red Brass		UNS-C84500	.005				78.0	.40	7.0		
Leaded Nickel Bronze	B-584	UNS-C97600					64.0		4.0		
Copper (Wrought)	B-75	UNS-C12200					99.9				
Gray Iron	A-126 -	Class B									
3% Ni Grey Iron	A-126 - Modified	Class B									
Austenitic Grey Iron (Ni Resist)	A-436 -	Type 2		3.00	2.0		.5			1.0	
Ductile Iron (Ferritic)	A-395			3.20							
Ductile Iron (Austenitic)	A-536*			3.20							
Ni-Resist)	A-479 D2C			2.9	.5					2.4	1.0

Chemical composition may be changed in favor of physical properties. This is permitted by A.S.T.M. A-536.

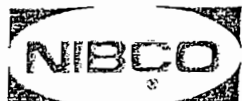


properties of valve materials

NOMINAL OR MAX. CHEMICAL COMPOSITION								NOMINAL PHYSICAL PROPERTIES			
NICKEL Ni	PHOS P	SILICON Si	SULFUR S	TIN Sn	TITAN- IUM Ti	TUNG- STEN W	ZINC Zn	TENSILE STRENGTH Psi	YIELD STRENGTH Psi	% ELONGATION	HARDNESS
.50		12.0		.15			.50	42,000	19,000	3.5	
							35.5	50,000	20,000	15	75 HRB
1.0	.05	.005	.05	6.0			4.5	34,000	16,000	22	65 HB 500 kg
1.0	.05	.005	.08	5.0			5.0	30,000	14,000	20	60 HB 500 kg
		1.6					1.5	86,000	20,000	11	65 HRB
							38.0	52,000	20,000	45	80 HRB
							15.0	56,000			60 HRB
.7							9.1	50,000	30,000	7	60 HRB
4.0								75,000	30,000	12	170 HB 3000 kg
.25		2.0		.20			.50	90,000	45,000	9	80 HRB
		4.0					14.5	80,000	40,000	15	85 HRB
	.02	.005	.08	3.0			9.0	29,000	13,000	18	55 HB 500 kg
1.0	.02	.005	.08	3.0			12.0	29,000	13,000	16	55 HB 500 kg
20.0				4.0			8.0	40,000	17,000	10	80 HB
	.02							36,000	30,000	25	45 T
	.75		.15					31,000			195 HB
3.00	.75		.15					31,000			195 HB
20.0		2.0	.12					25,000			118 HB
	.08	2.50						60,000	40,000	18	167 HB
	.08	2.50						80,000	55,000	6	160 HB
24.0	.08	3.0						58,000	28,000	20	146 HB

*LOAD APPLIED DURING TESTING

**ALLOWABLE RANGE IS
75,000 TO 110,000.



properties of valve materials

ALLOY	ASTM NO.	OTHER ALLOY DESIGNATION	NOMINAL OR MAX. CHEMICAL COMPOSITION									
			AL	CARBON C	CHROME Cr	COBALT Co	COPPER Cu	IRON Fe	LEAD Pb	MANGANESE Mn	MOLYBDENUM Mo	
Wrot 304	A-167-304	UNS-S30400		.08	19						2	
Cast 316	A-351-CF8M	UNS-S31600		.08	20						1.5	2.5
Cast 316	A-743-CF16F			.16	20						1.5	1.5
Cast 316	A-743-CF8M			.08	20						1.5	2.5
Wrot 316	A-276-316	UNS-S31600		.08	17						2	
Cast 410	A-217-CA-15			.15	13						1	2.5
Forged 410	A-182-F6A2			.15	13						1	
Wrot 410	A-276-410	UNS-S41000		.15	13						1	
Wrot 416	A-582	UNS-S41600		.15	13						1.25	
Wrot 420	A-276-420	UNS-S42000		.15	13						1	
Cast Alloy 20	A-743-CN7M			.07	20			3.5			1.5	2.5
Wrot Alloy 20	B-473-20C63	UNS-N08020		.07	20			3.5			2	2.5
Wrot 17-4PH	A-564-630	UNS-S17400		.07	16			3.5			1	
Forged Carbon Steel	A-105			.35							1	
Cast Carbon Steel	A-216-WCB			.3							1.1	
1 1/4 Cast Cr. Moly Steel	A-217-WC6			.2	1.2						.7	.55
Cast Cr. Moly Steel	A-217-C5			.2	5						.55	.55
Cast Low Carbon Steel	A-352-LCB			.3							1.0	
Nickel-Low Carbon Steel	A-352-LC2			.25							.65	
B-7 Alloy Steel Studs	A-193-B7			.4	1						.85	.2
304 S.S. Nuts	A-194-GR8			.08	19						2	
2-H Alloy Steel Nuts	A-194-2H			.4								
Reg. Steel Bolting	A-307-Gr. B			.2							.45	
Steel Bolting	A-449			.4							.6	
304 S.S. Bolting	A-493-304	UNS-S30400		.08	19						2	
Eyebolts	A-489			.48							1.0	
Gland Nuts	A-563-Gr. A			.37	.55		.35				1.0	
H/W Nuts	A-108-1020	UNS-G10200		.20							.45	
Swing Bolt Pin	A-108-1212	UNS-G12120		.13							.85	
Yoke Bushing Caps	A-108-12L14			.15						25	1.0	
Seat Ring Base	A-519-1026			.25							.75	
(Trademark Materials like, Stellite 6*, Stoddy 6, and Wallex 6.)		AWS 5.13		1.25	29	55		2.5				
Cast Monel		00-N-288-E	.5	.3			30	3.5			1.5	
Wrought Monel (K-500)		00-N-286-C1B	3.0	.1			24	2.0			1.5	

Trademark by Cabot Corp.



properties of valve materials

NOMINAL OR MAX. CHEMICAL COMPOSITION								NOMINAL PHYSICAL PROPERTIES			
NICKEL Ni	PHOS P	SILICON Si	SULFUR S	TIN Sn	TITAN- IUM Ti	TUNG- STEN W	ZINC Zn	TENSILE STRENGTH Psi	YIELD STRENGTH Psi	% ELONGATION	HARDNESS
9	.045	1.0	.03					75,000	30,000	40	202 HB
11	.04	2.0	.04					70,000	30,000	25	
11	.04	2.0	.04					70,000	30,000	30	
12	.045	1.0	.03					75,000	30,000	30	
12	.045	1.0	.03					75,000	30,000	30	
1	.04	1.5	.04					90,000	65,000	18	
	.04	1.0	.03					85,000	55,000	18	200/225 HB
.5	.04	1.0	.03					100,000	80,000	15	
	.06	1.0	.15					114,000	95,000	17	235 HB
	.04	1.0	.03								250 HB
28	.04	1.5	.04					62,000	25,000	35	
35	.045	1.0	.035					85,000	35,000	30	
4	.04	1.0	.03					115,000	75,000	18	255 HB
	.04	.035	.05					70,000	36,000	22	187 HB
	.04	.6	.045					70,000	36,000	22	
	.04	.06	.045								
	.04	.75	.045								
	.04	.6	.045					65,000	35,000	24	
2.5	.04	.6	.045					70,000	40,000	24	
	.035	.25	.04					125,000	105,000	16	
9	.045	1.0	.03								126/300 HB
	.04		.05								250/300 HB
	.04		.05					100,000		18	121/212 HB
	.04		.05					120,000	92,000	14	
9	.045	1.0	.03					90,000			
	.04	.25	.05					75,000	30,000	30	
.35	.04	.2	.05								120/300 HB
	.04		.05								
	.10		.20								
	.07		.3					55,000	35,000	25	
.04			.05								
3						5		105,000		10	350 HB
60		1.5						65,000	32,500	25	125/150 HB
67		.5	.01		.5			135,000	95,000	20	255 HB



flow data.

Cv Values for Valves

VALVE SIZE

Fig. Nos.		1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6
ATES																
S & T-22	Cv	.5	2	4.9	9.1	22	40	65	95	175						
S & T-180	Cv	—	5.6	10.7	17.6	32	50	95	130	220						
S & T-111-113-131-133 134-135-136-174-176																
	Cv	—	5.6	10.7	17.6	32	54	97	135	230	337	536	710	960	1,525	2,250
(T & F-617-619-667-669 607-609) (CS-102-103 302-303-602-603) (F-637-639-DI-102)																
	Cv									215	335	510	710	945	1,525	2,250
OBES																
S & T-211 (BWY)-235Y 275Y																
	Cv	.61	1.16	2.21	3.64	6.65	11.1	20	28	48	70	111	—	198		
T-275-B	Cv	—	1.16	2.21	3.64	6.65	11.1	20	28	48	70	111				
F-718-(CS-132-133) 332-333-632-633 (738)																
	Cv									45	70	105	—	195	315	465
ECKS																
S & T-413-433-473 (Swing)																
	Cv	—	1.3	2.5	4.8	14.3	24	43	60	102	150	238	315	465	675	1,000
S & T-480 (Poppet)																
	Cv	—	—	3.70	6.86	16.3	30	49	72	130						
F-998 (Swing)																
	Cv									150	243	356	—	665	1,073	1,584
F & F-918-968-938 (Swing)																
	Cv									137	221	327	—	605	975	1,440
V-900-W (Wafer)																
	Cv											—	—	500	806	1,200
V-F-910-960 (Poppet)																
	Cv											330	—	595	950	1,400
L																
510/530	Cv	—	—	—	11	25	45	—	137	217	—	482		790	—	1,144
515/535	Cv	—	—	—	25	50	85	—	259	440	840	1,400		2,350	—	5,200
565	Cv	—	—	—	—	—	75	—	235	400	—	1,180		2,040	—	—
560(BR-CS-S6)																
	Cv	—	4.0	4.0	5	12	22	35	52	95	—	—				
570	Cv	—	—	—	7	12	25	38	52	95	—	—				
S 580	Cv	—	—	—	5.8	13.9	27	44	64	100	—	—				
S 580-70	Cv	—	—	—	—	—	—	38.5	76	101.4	183	390				
S 585-70	Cv	—	4.2	6.2	15.3	30.4	48.8	103	143	245	—	—				
580 (CS-S6)	Cv	—	6	12	15	23	36	44	64	114	—	—				
S 590	Cv	—	—	—	—	—	—	44	64	100	183	390				
K 590 (CS-S6)	Cv	—	—	—	8.3	14	35	44	64	114	—	—				
S 595	Cv	—	5.9	11.4	18.7	34	57	103	143	245	310	—				
K 595 (CS-S6)	Cv	—	6	12	19	37	64	103	143	245	—	—				
FERFLY																
) & WD 2000/3000																
	Cv									166	247	340	—	660	1,080	1,613
) 4765/4775																
	Cv									145	195	290	—	600	930	1600

Liquid Flow:

$$Q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{S}} \quad \text{or} \quad \Delta P = S \left(\frac{Q}{C_v} \right)^2$$

where ... Q = flow rate (gallons per minute)
 ΔP = pressure drop across valve (psi)
 S = specific gravity of media

This equation is good for turbulent flow and for liquids with viscosities near that of water (Cv is defined as the flow in GPM that a valve will carry with a pressure drop of 1.0 psi when the media is water at 60°F.)



Gas Flow:

$$Q = 1360 C_v \sqrt{\frac{\Delta P \times P_1}{S T}}$$

where ... Q = gas flow (SCFH — std. cu. ft/hr)
 S = specific gravity of gas (air = 1.0)
 T = temp—degrees Rankine (°F + 460)
 ΔP = pressure drop across valve (psi)
 P₁ = upstream pressure (psia) absolute

NOTE: ΔP must be less than .5 P₁. (Flow is critical when greater than .5 P₁.)

(THROTTLING FACTORS)

For throttling use with disc partially open. Multiply Cv by factor.
 Note: Gate valves are not throttled.

Percent Open

8 10 12 14 16 18 20 24 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

4,150 6,700 9,925 13,800 18,375 23,600 29,600 43,570

0	.35	.65	.90	.93	.96	.98	.99	1.00	1.00	1.00
0	.03	.035	.06	.1	.16	.24	.32	.47	.68	1.00
860	1,390									

WARNING

The Fluid Flow factors contained herein are calculated values. They are therefore approximations and cannot be used for highly critical flow or pressure drop calculations. For very precise flow measurements, tests must be conducted on any valve mentioned within this catalog.

Ball & Butterfly Valves Degrees of Open

2,937	4,730	6,985																		
2,670	4,300	6,350																		
2,200	3,550	5,250																		
2,600	4,175	6,150	8,575	11,400																
2,164	3,507	5,516																		
10,200	14,400	25,300																		
—	—	—																		
3,759	5,300	7,969	9,500	13,000	18,000	22,500	32,600	0	.03	.06	.12	.18	.22	.27	.40	.56	.80	1.00		
3,450	5,800	8,950																		

ANEXO E

MANUAL DEL USUARIO

Iniciación del proyecto.

Una vez iniciada la sesión en RSView32, con el comando “open” se procede a escoger la carpeta del proyecto San Francisco y en ella el archivo ejecutable que tiene el mismo nombre, siguiendo este camino se despliega la pantalla San Francisco – Project, en la cual se debe escoger la operación Run y pulsar la tecla Run Project.

Navegación en la pantalla menú principal.

Al iniciar el proyecto el sistema solicita el ingreso del nombre del usuario y su password, de acuerdo al nivel de seguridad que el sistema cataloga se le permite al usuario el acceso a las diferentes pantallas, para tener acceso a modificaciones del password se debe parar el proyecto, luego abrir la carpeta System del administrador del proyecto y activar User Accounts.

Con la pulsación del botón **Diagrama General** en el menú principal se despliega la pantalla correspondiente al Diagrama General de la Cámara de Interconexión Agoyán–San Francisco.

Con la pulsación del botón **Pruebas** se despliega la pantalla de Pruebas de la Cámara de Interconexión.

Con la pulsación del botón **Histogramas** se muestra la pantalla Histogramas de los Estados del Sistema.

Con la pulsación del botón **Alarmas** se presenta la pantalla Registro de Alarmas del Sistema.

Con la pulsación del botón **Estados** se observa la pantalla Estados de las Variables del Sistema.

El botón de **Salir** del sistema para el proyecto y sale del programa RSView32 a la pantalla de Windows.

Con la pulsación del botón **N. Seguridad** se presenta la pantalla RSVIEW32 Login.

Los botones anteriores y en general se los puede modificar parando el proyecto y en la carpeta Graphics activar la pantalla Cámara de Interconexión, dar un doble clic en los botones presentándose una pantalla en la cual se puede hacer las modificaciones en los comandos siguiendo la guía del programa.

Navegación en la pantalla Diagrama General.

De acuerdo al tipo de usuario que ingresa al sistema se le permite acceder al botón de Ejecutar el Proyecto, cambiar los valores prefijados (SP) de altura de la cámara y del caudal requerido para el proyecto, activar botones de registros tanto de altura como de caudal los cuales serán almacenados en la Base de Datos del sistema (SQL) para finalmente ser procesados por otras aplicaciones como Microsoft Excel, deshabilitar situaciones de emergencia por medio de la pulsación del botón Emergencia, tener acceso desde esta localidad a la pantalla de pruebas por medio del botón de navegación Pruebas.

Además de todos estos botones de acción, esta pantalla nos permite disponer de la información, tanto visual numérica (Caudal de San Francisco, Nivel de altura de la cámara, posición de las válvulas) como gráfica (Nivel de la altura de la cámara, indicadores de funcionamiento y estado de los elementos), información del mal ingreso de valores prefijados a través de mensajes titilantes, la fecha y hora.

Navegación en la pantalla Pruebas de la Cámara de Interconexión.

En esta pantalla activando el botón de Pruebas se desactiva la operación normal controlada por la pantalla general, y se activa la opción de pruebas de la Cámara de Interconexión, habilitando dos tipos de pruebas: con el botón Q- de Pruebas se procede a la selección del caudal, valor con el cual el sistema automáticamente regula la válvula (MOV-800), con el botón H- de Pruebas se habilita la regulación de altura maniobrado la misma válvula en paso de cuatro grados ascendentes o descendentes y que son activados por los botones de mando correspondientes.

Con los botones de Registro se almacena la información de altura y caudal en la base de datos y con los botones de Selección de señales se muestra en la pantalla del histograma las variables seleccionadas. Para realizar modificaciones en el periodo de muestreo se activa fuera de línea la carpeta Data Log, en la cual se encuentran los archivos de la base de datos, activándolos se presenta una pantalla par realizar las modificaciones que el usuario requiera.

Esta pantalla también esta dotada de información numérica y gráfica de las variables en mención.

Navegación en la pantalla Histogramas de los Estados del Sistema.

Con los botones de selección de señales se puede mostrar en el histograma una o varias variables del sistema de acuerdo al botón seleccionado, con los botones deslizantes se puede escalar las gráficas tanto en tiempo como en amplitud de las señales. Con el botón de reportes se tiene acceso directo a la pantalla de generación de reportes. Para realizar modificaciones en los histogramas, se lo realiza dando doble clic en el trend, presentándose una pantalla para modificarla de acuerdo a los requerimientos.

Navegación en la pantalla Registro de Alarmas del Sistema.

En esta pantalla se presenta el listado de la actividad emergente que ha tenido el sistema la cual es almacenada en registros de alarmas correspondientes, provocada por eventos realizados en el mismo.

Navegación en la pantalla Estados de las Variables del Sistema

En esta pantalla se muestran los valores y estados de los tags que están configurados para adquirir los valores de los registros del PLC, al mismo tiempo permite confirmar la comunicación existente entre la estación de control y la de monitoreo.

Las modificaciones de las dos pantallas anteriores no son tan requeridas, pero si fuese el caso, el Tag Monitor se lo despliega en la carpeta System y para desplegar el registro de alarmas por medio del Summary tool.

Navegación en la pantalla RSView32 Login.

Esta pantalla solicita al usuario del sistema su nombre y su clave de acceso, con esta información el sistema discrimina la utilización de las pantallas.

Además se brinda la posibilidad de ingresar la información de los niveles de seguridad directamente de cualquier pantalla con la tecla F9 y avisar al sistema que el usuario autorizado abandona la sesión se utiliza la tecla F12.

Para realizar modificaciones en el programa del RSView32 se ve necesario el tener a la mano la guía del usuario y la guía de programación del RSView32, las mismas que constan en el Centro de Investigaciones y Estudios en Recursos Hídricos, herramienta que ayuda a que la programación sea más fácil.