

CONTENIDO

CAPITULO 1	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE BEBIDAS	6
1.1.1 Características del producto	7
1.1.2 Botellas de PET	7
1.1.3 Suministro y limpieza mediante aire estéril de botellas plásticas.....	7
1.1.4 Obtención del agua mineral natural	8
1.1.5 Obtención del agua tratada.....	9
1.1.6 Elaboración de jarabes terminados.....	10
1.1.7 Proceso de embotellado y tapado.....	11
1.1.8 Etiquetado.....	12
1.1.9 Empacado del producto terminado	12
1.1.10 Control de calidad del proceso.....	13
1.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC´S).....	15
1.2.1 Interfaz de usuario	16
1.2.2 Comunicaciones	16
1.2.3 PLC´S Allen Bradley de la familia SLC 5	17
1.2.4 Módulos analógicos	25
1.2.4.1 Módulos de I/O Análogos	26
1.3 VARIADORES DE FRECUENCIA.....	28
1.3.1 Estructura de un variador de frecuencia	28
1.3.2 Control vectorial	30
1.4 SENSORES FOTOELÉCTRICOS.....	32
1.4.1 Principio de funcionamiento	32
1.4.2 Aplicaciones.....	37
1.5 MOTOREDUCTORES.....	40
1.5.1 Características del motoreductor	41
1.5.2 Características del trabajo a realizar.....	41
1.6 SISTEMAS HMI (Interfaz Hombre Máquina)	42
1.6.1 Características de un HMI	43
1.6.2 Funciones de un Software HMI.....	43
1.6.3 Tareas de un Software de Supervisión y Control.....	44
1.6.3.1 Estructura general del software HMI	45
1.6.1 Paneles de Operador.....	48
1.6.1.2 Panel View 1000	48
1.7 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	51
1.7.1 RSLogix 500	51
1.7.2 RSLinx	56
1.7.3 Panel Builder 32.....	57
CAPITULO II	59
ESTUDIO DEL SISTEMA MANUAL DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN LA PLANTA DE ENVASE	59

2.1 DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS CON LAS QUE SE TRABAJA ACTUALMENTE EN LA LÍNEA DE ENVASE	59
2.1.1 La máquina crítica.....	59
2.1.2 Producción de la línea	60
2.1.3 El concepto de “Gráfica-V”	61
2.1.4 Tabulación de velocidades reguladas en forma manual en los transportes de la línea de envase.....	62
2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SENSORES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	66
2.2.1 Características técnicas del sensor	66
2.3 SELECCIÓN DEL PLC.....	67
2.3.1 Justificación	67
2.3.2 Tipo y características del controlador utilizado	68
2.3.3 Selección de módulos para la conexión de señales al PLC.....	70
2.3.4 Red DH 485	71
CAPITULO III	79
PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL.....	79
3.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC ALLEN BRADLEY SLC 5/03.....	79
3.1.1 Configuración del autómeta SLC 500	79
3.1.2 Edición de un programa Ladder.....	82
3.1.3 Diseño del programa de control	87
3.1.4 Estructura del programa de control.....	91
3.2 PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA	93
3.3 PROGRAMACIÓN PANEL VIEW 1000.....	97
3.3.1 Creación de una nueva aplicación	99
CAPITULO IV	103
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	103
4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EN LA LÍNEA DE ENVASE	103
4.1.1 Establecer la comunicación con el PLC mediante el software RSLinx	103
4.1.2 Descarga del programa al PLC y Panel View 1000	106
4.1.3 Colocación y verificación de los elementos del sistema	108
4.1.4 Calibración y pruebas del sistema	108
4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO	112
CAPITULO V	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1 CONCLUSIONES.....	115
5.2 RECOMENDACIONES	117

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Proceso de envasado.....	14
Figura 1.2	PLC Modular	17
Figura 1.3	Distribución de módulos en los slots del PLC.....	20
Figura 1.4	Uso de valores analógicos	25
Figura 1.5	Módulo analógico 1746NO4I Allen Bradley.....	26
Figura 1.6	Estructura de un variador de frecuencia.....	29
Figura 1.7	Diagrama de corrientes de un motor	32
Figura 1.8	Sistema trifásico y bifásico equivalente	31
Figura 1.9	Sistema bifásico equivalente de un sistema trifásico	32
Figura 1.10	Sensor Fotoeléctrico	33
Figura 1.11	Sensor de barrera	33
Figura 1.12	Sensor reflex	34
Figura 1.13	Sensor auto reflex	34
Figura 1.14	Sensor de fibra óptica	35
Figura 1.15	Aplicación sistema de barrera	38
Figura 1.16	Aplicación sistema reflex.....	38
Figura 1.17	Aplicación sistema autoreflex.....	39
Figura 1.18	Aplicación sistema de fibra óptica	39
Figura 1.19	Motoreductor	40
Figura 1.20	Diagrama de un HMI	42
Figura 1.21	Estructura de un HMI	45
Figura 1.22	Bloques de un HMI.....	47
Figura 1.23	Panel View 1000	48
Figura 1.24	Dimensiones Panel View 1000.....	50
Figura 1.25	Pantalla principal del RSLogix 500.....	51
Figura 1.26	Árbol del proyecto	53
Figura 1.27	Archivos de programa	54
Figura 1.28	Archivos de datos.....	55
Figura 1.29	Pantalla principal de RSLinx.....	56
Figura 1.30	Pantalla principal del software Panel Builder 32.....	57
Figura 2.1	Máquina crítica	60
Figura 2.2	Gráfica en "V"	61
Figura 2.3	Vista superior planta envase	62
Figura 2.4	Lecturas tomadas en el envasado de Guitig 3L	63
Figura 2.5	Lecturas tomadas en el envasado de Quintuple Piña 3L	64
Figura 2.6	Lecturas tomadas en el envasado de Tesalia 500cc.....	65
Figura 2.7	Características para escoger el tipo de sensor.	66
Figura 2.8	Diagrama del proceso de envasado.....	68
Figura 2.9	Red DH 485.....	73
Figura 2.10	Acopladores de enlace en cadena	75
Figura 2.11	Conexión del cable al nodo DH 485	77
Figura 2.12	Terminación del blindaje de nodo DH 485.....	78
Figura 2.13	Terminación de la red DH 485.....	78

Figura 3.1 Pantalla RSLogix 500 (Selección CPU)	80
Figura 3.2 Direccionamiento módulos de entrada y salida	81
Figura 3.3 Entradas y salidas del PLC	81
Figura 3.4 Ayuda de las instrucciones.....	86
Figura 3.5 Entrada sensores al PLC	87
Figura 3.6 Escalamiento de valores	89
Figura 3.7 Estructura del programa de control	92
Figura 3.8 Bornera variador frecuencia	94
Figura 3.9 Bornera de control del variador de frecuencia.....	95
Figura 3.10a Esquema original del PLC	96
Figura 3.10b Esquema de la conexión de los variadores de frecuencia.....	97
Figura 3.11 Red de comunicaciones DH 485	98
Figura 3.12 Pantalla principal del programa	100
Figura 3.13 Pantalla editor de tags.....	101
Figura 3.14 Pantalla para el control de los transportes	102
Figura 4.1a Dispositivo 1747 PIC/AIC	104
Figura 4.1b Descarga programa al PLC y Panel View	104
Figura 4.2 Selección del driver para el dispositivo 1747 PIC/AIC.....	105
Figura 4.3 Pantalla principal RSLinx	105
Figura 4.4 Pantalla principal RSLogix 500.....	106
Figura 4.5 Pantalla principal Panel Builder 32.....	107
Figura 4.6 Programa transportes.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Velocidades de producción	11
Tabla 1.2 Distribución de módulos en los slots del PLC.....	19
Tabla 1.3 Distribución de memoria de un PLC	21
Tabla 1.4 Archivos de programa de un PLC.....	22
Tabla 1.5 Archivos de datos de un PLC	23
Tabla 1.6 Tipos de archivos de datos.....	24
Tabla 2.1 Lecturas tomadas en el envasado de Guitig 3L.....	63
Tabla 2.2 Lecturas tomadas en el envasado de Quintuple Piña 3L	64
Tabla 2.3 Lecturas tomadas en el envasado de Tesalia 500cc.....	65
Tabla 3.1 Variadores maestros con sus respectivos esclavos	88
Tabla 3.2 Conversión de salida analógica para el módulo 1746 NO4I	89
Tabla 4.1 Rangos de frecuencia iniciales	110
Tabla 4.2 Rangos de frecuencia finales	110
Tabla 4.3 Frecuencias de funcionamiento.....	111
Tabla 4.4 Costos realizados en la implementación del sistema	113
Tabla 4.5 Valores ganados con la implementación del sistema	114

CAPITULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO DE BEBIDAS¹

El proceso productivo para el envasado de bebidas, consta de una serie de etapas; las que se describen en este capítulo. El sistema inicia con la obtención de agua extraída de las fuentes, esta es transportada a través de tuberías herméticamente cerradas, a depósitos de acero inoxidable (pulmones), de la más alta calidad para garantizar la conservación de sus propiedades naturales, desde estos depósitos es bombeada hasta las salas de envasado, donde se introduce automáticamente en las botellas por medio de una máquina llenadora.

Durante todo el proceso de captación, conducción, llenado, y almacenaje el laboratorio de control de calidad realiza análisis sistemáticos que garantizan la calidad original del agua mineral natural.

¹ <http://vichy.itdeusto.com/vichy/WebApp?Resource=IdealPortal.Page&Node=fontdor#>

1.1.1 Características del producto

El proceso de envasado se lo realiza en la línea KHS denominada así por la llenadora que pertenece a esa marca comercial, aquí se envasan varios productos y en diferentes tamaños de botellas como son: 500cc 1500cc y 3000cc

1.1.2 Botellas de PET

Las botellas de PET, que es un material plástico de máxima reciclabilidad y uno de los más ecológicos que existen, se fabrican en la misma planta envasadora, en las salas adecuadamente acondicionadas para tal fin.

El material polimérico se recibe en forma de preforma y, después de comprobar que su calidad cumple con las normas especificadas, se somete a un proceso de extrusión y soplado que da como resultado nuestros formatos de botellas. Una vez fabricados, los envases son almacenados antes de pasar a las líneas de envasado.

1.1.3 Suministro y limpieza mediante aire estéril de botellas plásticas

Las botellas son llevadas mediante cintas transportadoras hasta las diferentes máquinas que conforman el proceso de envase. Las cintas transportadoras, son

independientes de los trabajadores, es decir, se pueden colocar entre máquinas y las botellas colocadas en un extremo llegarán al otro sin intervención humana. Se usan las cintas transportadoras para fijar el ritmo de trabajo siguiendo rutas establecidas. Esto limita su flexibilidad y las hace adecuadas para la producción en serie y/o en procesos de flujo continuo.

Las botellas son sometidas a un proceso de seguridad: justo antes de ser llenadas se les introduce aire a elevada presión para eliminar cualquier tipo de residuo. Una vez realizada esta operación, ya están listas para la siguiente fase que consiste en el enjuague de botellas con agua a presión en una máquina llamada RINSE, para finalmente ser llenadas.

1.1.4 Obtención del agua mineral natural

Guitig es agua de fuerte mineralización, proviene de 4 fuentes naturales, pasa por un sistema de filtración de 5 micras, filtros pulidores de 0.5 micras, ingresa a un saturador de CO₂ natural, para luego pasar a la línea de llenado, tapado, codificado, termofijado. El tiempo de vida útil es de 6 meses a partir de su elaboración.

Tesalia, es agua de baja mineralización, proviene de 6 fuentes naturales, pasa por un sistema de filtración de arena, filtros pulidores de 5 micras, pasa por un sistema de esterilización de UV, luego pasa a un tanque de saturación con Ozono. Luego pasa a la línea de llenado, tapado, codificado y termofijado. El tiempo de vida útil es de 3 meses a partir de su elaboración.

1.1.5 Obtención del agua tratada

La obtención de agua tratada se realiza a través de varias etapas, las mismas que se describen a continuación.

1ra parte.- Se agrega Sulfato de Aluminio para aglomerar las sustancias de naturaleza orgánica presentes en suspensión en el agua, tales como el bicarbonato de calcio y el magnesio principalmente, los mismos que luego se sedimentan.

2da parte.- En esta parte el sedimento se elimina mediante purgas continuas, que en este caso se hacen cada 3 horas.

3ra parte.- Aquí el agua está tratada, pero con algunas impurezas principalmente de naturaleza gaseosa. Luego, pasa por filtros; éstos cumplen la función de retener todas las sustancias de naturaleza gaseosa como el cloro residual, la eliminación del mal olor y sabor; finalmente el agua pasa por el filtro pulidor que retiene partículas de cualquier tipo que no hayan sido eliminadas.

El agua tratada es usada en el lavado de envases de plástico, y en los calderos para la obtención de vapor de agua, esto evita incrustaciones en las tuberías de las máquinas.

1.1.6 Elaboración de jarabes terminados

Es la operación más importante, el objetivo es el de elaborar el jarabe terminado en diferentes sabores según los estándares de calidad y sanidad especificados ya que representa el principal insumo para la preparación de las bebidas carbonatadas.

Dado su uso el jarabe terminado representa el factor más costoso del proceso productivo; así sus rendimientos deben ser vigilados muy cuidadosamente ya que inciden directamente en los costos de fabricación del producto.

La elaboración de jarabe se inicia haciendo uso de agua mineral natural, que es bombeada hacia un tanque mezclador; luego se vierte azúcar blanca, en cantidades determinadas para cada sabor y se mezcla uniformemente por el tiempo necesario.

Luego la mezcla es filtrada por varias capas verticales, que retienen partículas extrañas; obteniendo jarabe simple, que después es bombeado a otros tanques; según el sabor a preparar, puesto que, cada tanque tiene asignado un sabor. Después de reposar, el jarabe, es mezclado con esencias, colorantes, saborizantes, etc.; esto se agita constantemente. Finalmente el jarabe se deja reposar para luego ser transportado mediante tuberías a la línea de embotellado.

1.1.7 Proceso de embotellado y tapado

El llenado es la etapa más crítica de todo el proceso. Se realiza a gran velocidad (dependiendo del formato), en llenadoras circulares de alta tecnología; en este proceso se envasa la bebida debidamente obtenida, de acuerdo a las normas preestablecidas, el agua y las bebidas carbonatadas, estas últimas se obtienen de la mezcla de agua tratada, gas carbónico y jarabe terminado, y sólo se diferencia con otro producto por el jarabe y envase utilizado. En la tabla 1.1 se indica la relación entre las velocidades de producción; tomando como referencia la velocidad nominal de la llenadora.

PRODUCTO	NÚMERO DE BOTELLAS POR MINUTO (BPM)
Tesalia 500cc	220
Guitig 3000cc	156
Quintuple Uva 3000cc	135
Quintuple Piña 3000cc	120

Tabla 1.1 Velocidades de producción ²

Los tapones utilizados garantizan la máxima seguridad en cuanto a estanqueidad y preservación de las propiedades de las bebidas envasadas. Estos provienen de sitios especialmente preparados para garantizar su perfecta higiene y son transportados mediante conductos herméticamente cerrados hasta la llenadora.

² Valores obtenidos de mediciones realizadas en la línea de envase

El tapado se realiza en las taponadoras inmediatamente después del llenado, con el fin de garantizar rápidamente la estanqueidad de las botellas. Las salas de envasado donde se realizan estas operaciones están acondicionadas para asegurar su total asepsia.

Para garantizar aún más la calidad del producto, cada hora, un laboratorista realiza un control orgánico del agua envasada y un control del aspecto de la botella según los requisitos de calidad establecidos.

1.1.8 Etiquetado

Después del taponado se procede a “vestir” la botella mediante las etiquetas correspondientes, en las que figura toda la información que interesa al consumidor.

1.1.9 Empacado del producto terminado

Las botellas se empacan automáticamente en la máquina termofijadora, y se trasladan al almacén de producto acabado, donde se paletizan. El personal del almacén traslada los palets, mediante montacargas, a las zonas designadas para el embarque y salida a los diferentes destinos del producto.

1.1.10 Control de calidad del proceso

Durante todo el proceso de embotellado, debe llevarse diversos controles de calidad; que permitan conocer, desde la calidad del lavado del envase hasta la apariencia y conservación del producto final.

En el proceso de embotellado de bebidas, existen diversos controles de calidad, rendimientos y capacidad del proceso; de esta manera, se identifican las causas de los efectos negativos ocurridos en un periodo determinado; durante el proceso productivo.

A continuación se resume todo el proceso de envasado (Figura 1.1).

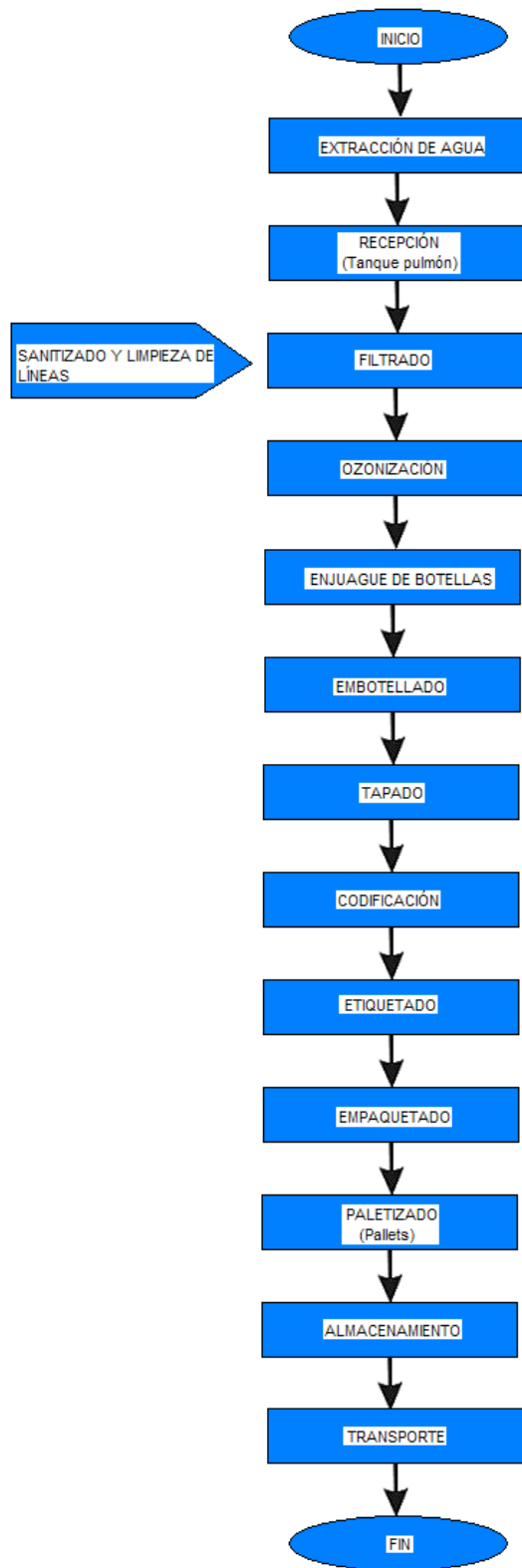


Figura 1.1 Proceso de envasado

1.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)³

El PLC es un dispositivo electrónico muy usado en Automatización Industrial. Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como procesos realimentados.

Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera LADDER, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas,

³http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable#Se.C3.B1ales_Anal.C3.B3gicas_y_digitales

algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

1.2.1 Interfaz de usuario

Los PLC necesitan poder interactuar con los usuarios para la configuración, las alarmas y el control diario. Para este propósito se emplean los interfaces hombre-maquina HMI.

Un sistema simple puede usar botones y luces para interactuar con el usuario. Las pantallas de texto están disponibles, al igual que las pantallas táctiles. La mayoría de los PLC modernos pueden comunicarse a través de una red con otros sistemas, por ejemplo, con un ordenador con SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) o un navegador web.

1.2.2 Comunicaciones

Los PLC llevan integrados al menos un puerto de comunicaciones RS232, y opcionalmente pueden llevar RS485 y ethernet. Modbus es el protocolo de comunicaciones de nivel más bajo aunque hay otros protocolos como Profibus⁴.

⁴ Profibus: Se trata de una red abierta, estándar e independiente de cualquier fabricante, este tipo de red trabaja con nodos maestros y nodos esclavos.

1.2.3 PLC'S Allen Bradley de la familia SLC 5⁵



Figura 1.2 PLC Modular

Los modelos PLC-5, SLC-5/01 y SLC-5/02 son modulares y por lo tanto corresponderán con lo que se explica a continuación. El procesador es la parte inteligente del autómeta, tiene en su interior microprocesadores y memorias, este debe ocupar el slot de la izquierda del chasis.

En la memoria se guarda el programa actual del autómeta y también los datos necesarios para el funcionamiento de los contadores, temporizadores, etc., y el estado de los mismos.

⁵ <http://www.automatas.org/allen/PLC5.htm>

En la parte frontal tiene una serie de leds que indican el estado en que se encuentra. También hay unos conectores que permiten comunicarse con los equipos de programación, con los posibles chasis remotos y con otros autómatas conectados en red con él. También existe un alojamiento para la batería, que es la que se encarga de mantener la memoria, cuando el procesador se encuentra sin alimentación.

La fuente de alimentación se encarga de convertir la tensión alterna de entrada a las tensiones de trabajo de los elementos del chasis.

En el resto de sitios disponibles en el chasis (slots), se pueden poner tantos módulos como se quiera. Los módulos pueden ser entre otros:

- Entradas DIGITALES o ANALÓGICAS
- Salidas DIGITALES o ANALÓGICAS
- E/S COMBINADAS
- COMUNICACIONES
- CONTAJE RAPIDO
- MODULOS DE CONTROL DE EJES
- REGULACION
- PESAJE
- FUNCIONES ESPECIALES

A continuación se tiene un ejemplo de la distribución de diferentes módulos en un PLC SLC 5 (Tabla 1.2 y Figura 1.3)

SLOT	MÓDULO
0	CPU de 32K memoria
1	Módulo 1746-IB32 de 32 entradas digitales
2	Módulo 1746-IB32 de 32 entradas digitales
3	Módulo 1746-IB32 de 32 entradas digitales
4	Módulo 1746-IB32 de 32 entradas digitales
5	Libre
6	Módulo 1746-OB32 de 32 salidas digitales
7	Módulo 1746-OB32 de 32 salidas digitales
8	Libre
9	Módulo 1746-NI8 de 8 entradas analógicas
10	Módulo 1746-NI8 de 8 entradas analógicas
11	Módulo 1747-SDN DeviceNet Scanner
12	Módulo 1746-NO4I de 4 salidas analógicas

Tabla 1.2 Distribución de módulos en los slots del PLC

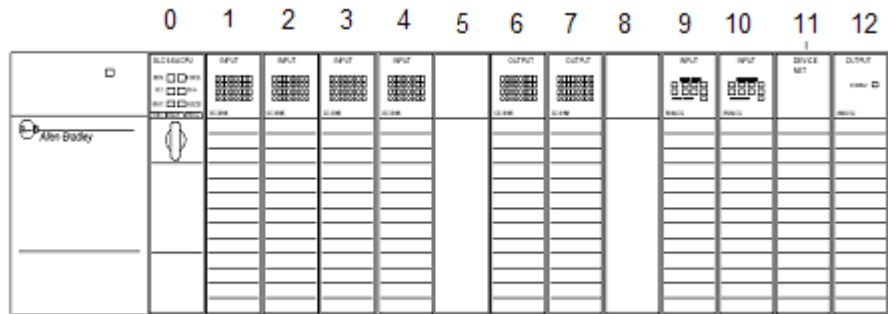


Figura 1.3 Distribución de módulos en los slots del PLC

Ciclo de funcionamiento

Un ciclo de la operación consiste en dos partes: Scan de salidas y entradas y un Scan de programa.

En el scan de salidas y entradas lo primero que hace el procesador es actualizar las salidas con el estado de las tablas de salidas (archivo 0) que se han puesto a "1" o a "0" según el programa. Posteriormente el archivo de entradas (fichero I) es actualizado según el estado de las entradas.

En el scan de programa el microprocesador va haciendo un escrutinio de las instrucciones del programa y las va ejecutando, actualizando las tablas de datos.

Distribución memoria

La memoria del plc se divide en dos partes, la memoria de programa y la de datos. En la parte baja de la memoria se encuentran los archivos de datos y cuando terminan éstos empieza la zona de archivos de programa. A medida que los datos aumentan de tamaño se va desplazando la parte de instrucciones de programa hacia más arriba de la memoria. En el siguiente esquema podemos ver lo explicado (Tabla 1.3)

LIBRE
ARCHIVOS DE PROGRAMA
ARCHIVOS DE DATOS

Tabla 1.3 Distribución de memoria de un PLC

Archivos de programa

Se pueden crear hasta 255 archivos de programa, de los cuales, los dos primeros están reservados (Tabla 1.4).

Archivo número 0 esta destinado al uso interno del plc, este archivo se crea solo, automáticamente al empezar un programa.

El fichero 1 actualmente no se utiliza, pero esta destinado a la programación en SFC en futuras versiones.

El archivo número 2 también se crea automáticamente y es el fichero que contiene el programa principal. El PLC siempre empieza a ejecutar las instrucciones por el principio de este fichero y termina el ciclo al llegar al final de este mismo archivo.

El resto de ficheros de programa los ha de crear el usuario, y puede crear del número 3 al 255. Los archivos no tienen por que ir seguidos. Es decir, se puede crear el 10, el 20 y 22, sin utilizar los archivos de en medio.

0	Función de sistema
1	Reservado
2	Programa Principal
3-255	Programas de subrutinas

Tabla 1.4 Archivos de programa de un PLC

Archivos de datos

Los archivos de datos son zonas de la memoria que va creando el usuario al hacer su programa. Cada una de estas zonas especifica un determinado número de datos de un tipo. Los tipos pueden ser BITS, ENTEROS, TEMPORIZADORES, etc. Cada fichero de datos puede tener de 0 a 255 elementos, por ejemplo, podemos definir un

archivo de temporizadores con 10 elementos o un fichero de enteros de 100 elementos. Como elementos se entiende el tipo de dato que representa el archivo. Es importante hacer notar, que no tienen porque tener la misma longitud de elementos de ficheros de tipo distintos.

Para definir un determinado archivo para su utilización en el programa, tan solo hace falta utilizarlo en alguna instrucción, automáticamente se crea dicho archivo con una longitud igual a la mayor utilizada hasta ese momento de ese mismo archivo. Si posteriormente se vuelve a utilizar el mismo fichero pero haciendo referencia a un elemento que no esta dentro de la longitud actual, en ese caso, se alarga la definición del archivo de forma automática.

0	Imagen de Salida
1	Imagen de Entrada
2	Estado
3	Bit
4	Temporizador
5	Contador
6	Control
7	Entero
8	Reservado
9	Comunicación RS-485
10-255	A declarar por el usuario

Tabla 1.5 Archivos de datos de un PLC

En la tabla 1.5 se aprecia los archivos que crea automáticamente el PLC al iniciar la programación de una aplicación. Los ficheros que van del 10 al 255 los puede ir creando el usuario a su antojo a lo largo del programa.

El archivo número 8 esta reservado al uso interno del PLC y el 9 a la realización de comunicaciones por la red DH-485.

En la tabla 1.6 se explica los distintos tipos de archivos de datos, los cuales se identifican con una letra y un número.

Tipo de archivo	Identificador	Número
Salidas	O	Sólo el 0
Entradas	I	Sólo el 1
Estado	S	Sólo el 2
Bit	B	3 a 255
Temporizador	T	4 a 255
Contador	C	5 a 255
Control	R	6 a 255
Enteros	N	7 a255

Tabla 1.6 Tipos de archivos de datos

1.2.4 Módulos analógicos⁶

Los valores analógicos hacen referencia a la representación de cantidades numéricas mediante la medición de variables físicas continuas. Las aplicaciones analógicas están presentes en varias formas. La siguiente aplicación muestra un uso típico de valores analógicos. En este ejemplo el procesador controla la cantidad de fluido que se coloca en un tanque de retención ajustando el porcentaje de abertura de la válvula. Inicialmente la válvula se abre 100%. Cuando el nivel de fluido en el tanque se aproxima al punto preestablecido, el procesador modifica la salida para cerrar progresivamente la válvula a 90%, 80%, ajustando la válvula para mantener un punto establecido.

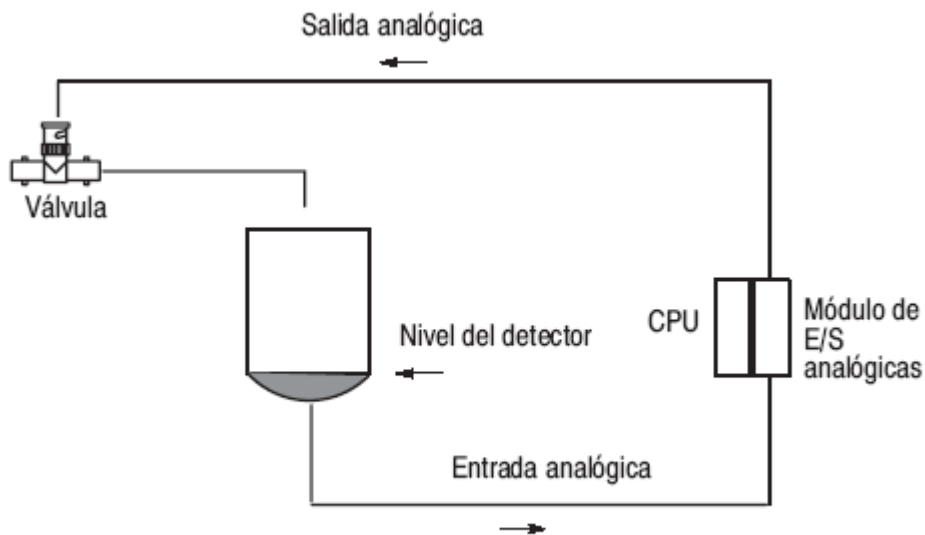


Figura 1.4 Uso de valores analógicos

⁶ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Módulos de E/S analógicas SLC 500 (Números de catálogo 1746-NI4, NI04I, NO4I, NO4V)*. Publicación 1746-6ES – Enero de 1996



Figura 1.5 Módulo analógico 1746NO4I Allen Bradley

Existe gran cantidad de funciones especiales que no son soportadas por los módulos normales en los PLC, para estas situaciones los fabricantes ofrecen una gran variedad de elementos adicionales que permiten incorporar funciones especiales al PLC para nuestros procesos.

1.2.4.1 Módulos de I/O Análogos

Estos módulos permiten manejar entradas y salidas análogas en nuestro PLC de manera de poder efectuar lecturas y control analógico de variables en nuestros procesos, estas entradas y salidas analógicas se caracterizan, generalmente por:

Resolución: Depende de la cantidad de bits del convertor utilizado, generalmente se requiere una resolución no inferior a 10 bits.

Tiempo de Conversión: Corresponde al tiempo empleado en convertir el valor analógico en su correspondiente valor discreto. Este es un factor muy importante ya que define el tipo de aplicación para el cual puede emplearse el módulo. Generalmente en control de procesos, la velocidad de variación de las variables es relativamente lenta, sobre 1 segundo, por lo cual las exigencias de velocidad en los módulos analógicos no son muy exigentes. Generalmente razones de conversión del orden de los milisegundos es suficiente.

Número de Canales: Corresponde a la cantidad de entradas o salidas que puede manejar el módulo, generalmente están agrupadas en 4 o más I/O. También existen agrupaciones de entradas y salidas agrupadas en un solo módulo.

Tipo de Entrada: Corresponde al tipo de entrada que es posible manejar el módulo, estas pueden ser Entrada o Salida en Corriente, 4-20 mA, 0-20 mA, en tensión, 0-10v, -10 ->+10 v, termocupla, etc.

Los primeros módulos analógicos que se incorporaron a los PLC solo podían manejar un determinado tipo de entrada, sin embargo hoy en día es posible encontrar módulos de propósitos generales configurables por Software que permiten combinar distintos tipos de entrada o de salida.

1.3 VARIADORES DE FRECUENCIA⁷

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación.

Como la frecuencia de alimentación que entregan las Compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el deslizamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. Este regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

1.3.1 Estructura de un variador de frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por 4 etapas (Figura 1.6): rectificadora, intermedia, inversora y de control como se indica a continuación

⁷ <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/archivos/control/tema10variadoresfrecuencia.pdf>

Etapa Rectificadora. Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

Etapa intermedia. Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a tierra del motor, sobretemperaturas, etc.

Etapa de control. Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general.

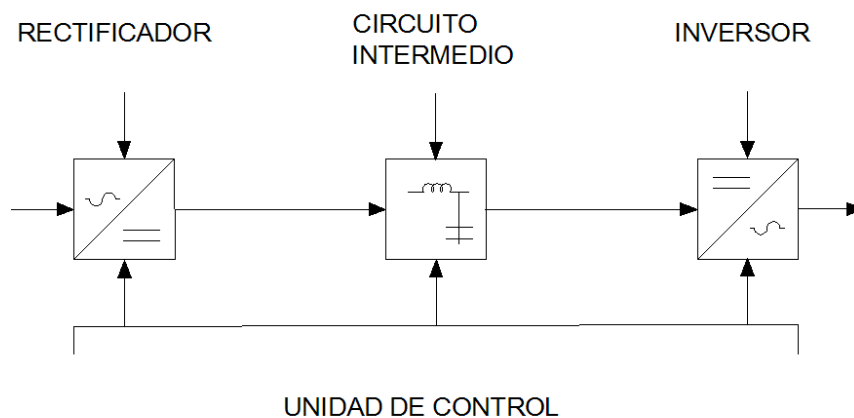


Figura 1.6 Estructura de un variador de frecuencia

Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir los armónicos y mejorar el factor de potencia. Los fabricantes que utilizan bobinas en la línea en lugar del circuito intermedio, tienen la desventaja de ocupar más espacio y disminuir la eficiencia del variador.

1.3.2 Control vectorial

En la actualidad la mayoría de variadores de frecuencia utilizan el control vectorial, en este tipo de control la idea básica es la de poder controlar en forma independiente la parte de la corriente que produce el par, de la parte de la corriente que produce el flujo. El bobinado del estator (i_1) produce flujo Ψ e i_2 e i_3 junto con el campo producen el torque. (Ver figura 1.7)

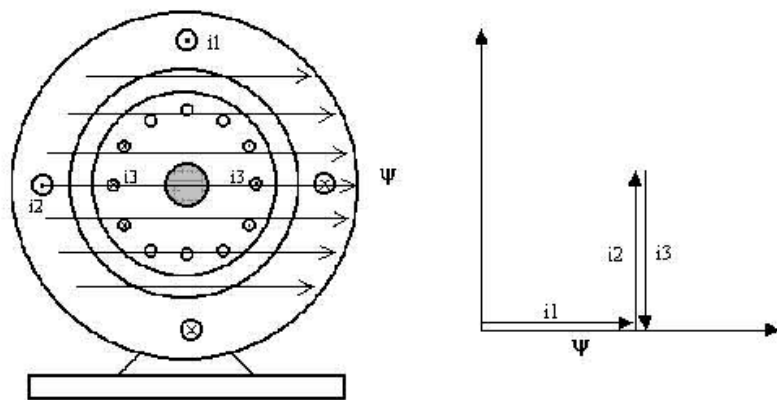


Figura 1.7 Diagrama de corrientes de un motor

La corriente en el rotor necesita un campo variable y por tanto se pierde la cuadratura entre el Flujo y el Torque. Para lograr el control vectorial será necesario transformar los bobinados reales del motor de inducción en unos equivalentes (que produzcan el mismo efecto) pero donde estos bobinados equivalentes se encuentren ortogonales (Ver figura 1.8).

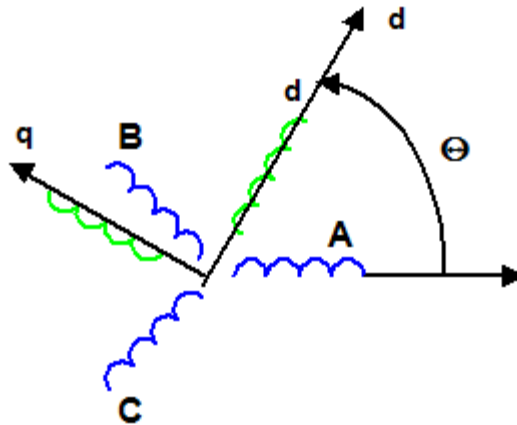


Figura 1.8 Sistema trifásico y bifásico equivalente

Un ejemplo podría ser convertir un sistema trifásico en un bifásico dependiente del tiempo (α y β) y transformando de un sistema bifásico a otro también bifásico, pero independiente de la posición angular (d y q). (Ver figura 1.9)

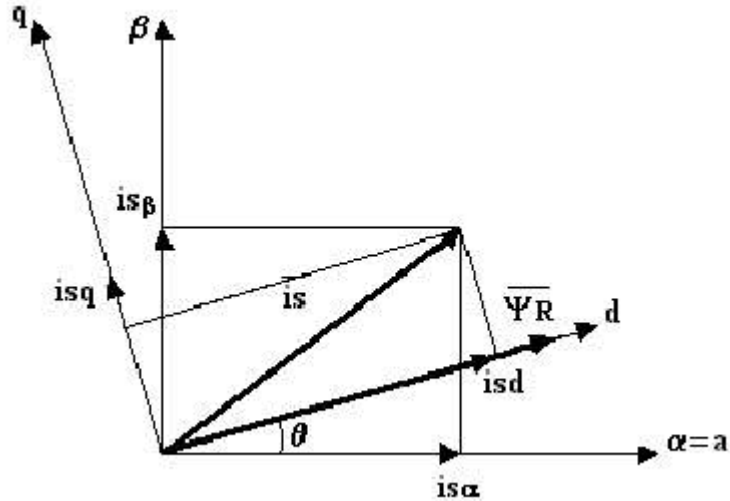


Figura 1.9 Sistema bifásico equivalente de un sistema trifásico

1.4 SENSORES FOTOELÉCTRICOS⁸

Los sensores fotoeléctricos, tienen como función principal la detección de todo tipo de objetos independientemente de la distancia, ellos son generalmente utilizados como detectores de posición.

1.4.1 Principio de funcionamiento

Está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un fotoemisor, que se proyecta bien sobre un fotorreceptor, o bien sobre un dispositivo reflectante. La

8

http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_I/contenido_menu/Unidad_III/Contenido/pagina7/pagina7.htm

interrupción o reflexión del haz por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado de la salida de la fotocélula. (Figura 1.10)



Figura 1.10 Sensor Fotoeléctrico

Existen cuatro tipos de sensores fotoeléctricos, los cuales se agrupan según el tipo de detección, estos son: de barrera, reflex, autoreflex, y de fibra óptica.

Sensores de Barrera: Cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro. Tiene este método el más alto rango de detección (hasta 60 m).



Figura 1.11 Sensor de barrera

Sensores Reflex: Cuando la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe (9 m de alcance).



Figura 1.12 Sensor reflex

Sensores Auto Reflex: Son prácticamente iguales a los del tipo anterior, excepto que, el emisor tiene un lente que polariza la luz en sentido y el receptor otro que la recibe mediante un lente con polarización a 90° del primero. Con esto, el control no responde a objetos muy brillantes que pueden reflejar la señal emitida (5m de alcance)



Figura 1.13 Sensor auto reflex

Sensores de Fibra Óptica: En este tipo, el emisor y receptor están interconstruïdos en una caja que puede estar a varios metros del objeto a sensar. Para la detección emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el pequeño volumen o espacio ocupado en el área de detección.

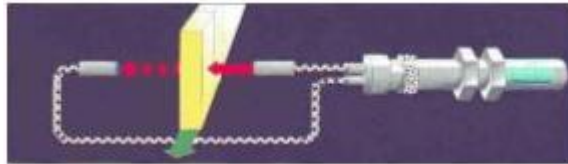


Figura 1.14 Sensor de fibra óptica

Las ventajas y desventajas de los sensores fotoeléctricos varían de acuerdo a su configuración:

Sistema barrera:

VENTAJAS

- Elevado margen para ambientes contaminados.
- Largo alcance.
- No se ve afectado por reflejos de segunda superficie.
- Detección muy precisa y reproducibilidad elevada.
- Quizá el más adecuado al usar objetos muy reflectivos.

DESVENTAJAS

- Más costoso ya que requiere que el Emisor y el Receptor estén separados, además del cableado adicional.
- No es capaz de detectar objetos transparentes, solo objetos opacos.
- La alineación es importante.

Sistema Reflex:

VENTAJAS

- Distancia de detección moderada.
- Más económico que el Sistema Barrera, ya que el cableado es más sencillo.
- Fácil instalación.

DESVENTAJAS

- Menor alcance de detección que el sistema barrera.
- Menor margen.
- Es capaz de detectar reflejos. indeseables de objetos brillantes.

Sistema Auto reflex:

VENTAJAS

- No es necesario un reflector.
- Fácil alineación.
- Detección de todo tipo de objetos (opacos, brillantes o transparentes).

DESVENTAJAS

- Difícil de aplicar si el fondo que hay detrás del objeto es suficientemente reflectivo y está cerca del objeto.
- Corto alcance, que depende de ciertas características del objeto.

Fibra óptica

VENTAJAS

- Poco espacio ocupado en el área de detección.
- Distancia de detección elevada

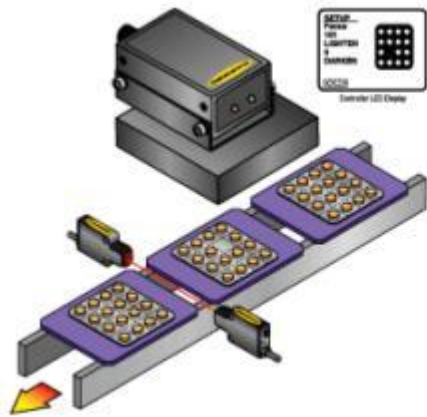
DESVENTAJAS

- Costo elevado
- Instalación debe realizarse por personal capacitado

1.4.2 Aplicaciones

Detección de piezas, detección de nivel, detección de objetos pequeños, conteo de piezas, detección de objetos brillantes, detección de objetos oscuros, detección de personas. Las figuras 1.15 – 1.18 indican algunas aplicaciones de este tipo de sensores.

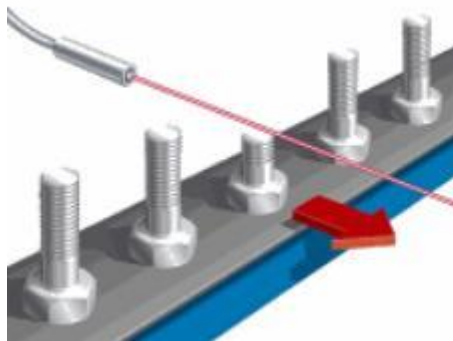
Sistema de Barrera:



Industria Farmacéutica / embalaje:
Ausencia de pastillas en el blister

Figura 1.15 Aplicación sistema de barrera

Sistema Reflex:



Industria metalúrgica / producción:
detección de piezas defectuosas

Figura 1.16 Aplicación sistema reflex

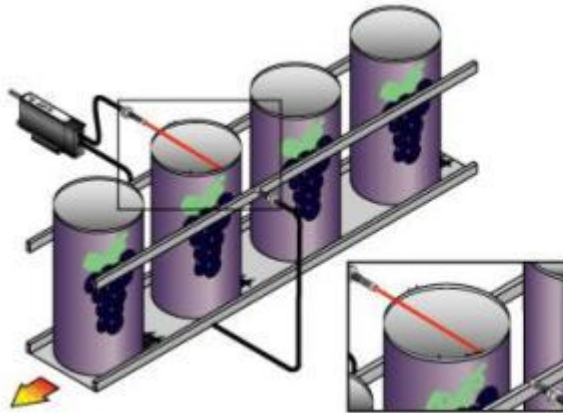
Sistema Autoreflex:



Alimentación / envase-embalaje:
detección estable de botellas
transparentes

Figura 1.17 Aplicación sistema autoreflex

Sistema de fibra óptica:



Alimentación / envase-embalaje:
detección de impurezas dentro
de los envases.

Figura 1.18 Aplicación sistema de fibra óptica

1.5 MOTOREDUCTORES⁹

El problema básico en la industria es reducir la alta velocidad de los motores a una velocidad utilizable por las máquinas. Además de reducir se deben contemplar las posiciones de los ejes de entrada y salida y la potencia mecánica a transmitir.

Para potencias altas se utilizan equipos reductores separados del motor (Figura 1.19).



Figura 1.19 Motoreductor

Los reductores consisten en pares de engranajes con gran diferencia de diámetros, de esta forma el engrane de menor diámetro debe dar muchas vueltas para que el de diámetro mayor de una vuelta, de esta forma se reduce la velocidad de giro. Para obtener grandes reducciones se repite este proceso colocando varios pares de engranes conectados uno a continuación del otro.

⁹ <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/engrana/crema.html>

Las ventajas de usar Motoreductores son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido.

1.5.1 Características del motoreductor

- Potencia, en HP, de entrada y de salida.
- Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- PAR, a la salida del mismo, en Kg. m.
- Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

1.5.2 Características del trabajo a realizar

- Tipo de máquina motriz.
- Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.
- Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.
- Duración de servicio: horas/día.
- Nº de Arranques/hora.

1.6 SISTEMAS HMI (Interfaz Hombre Máquina)¹⁰

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

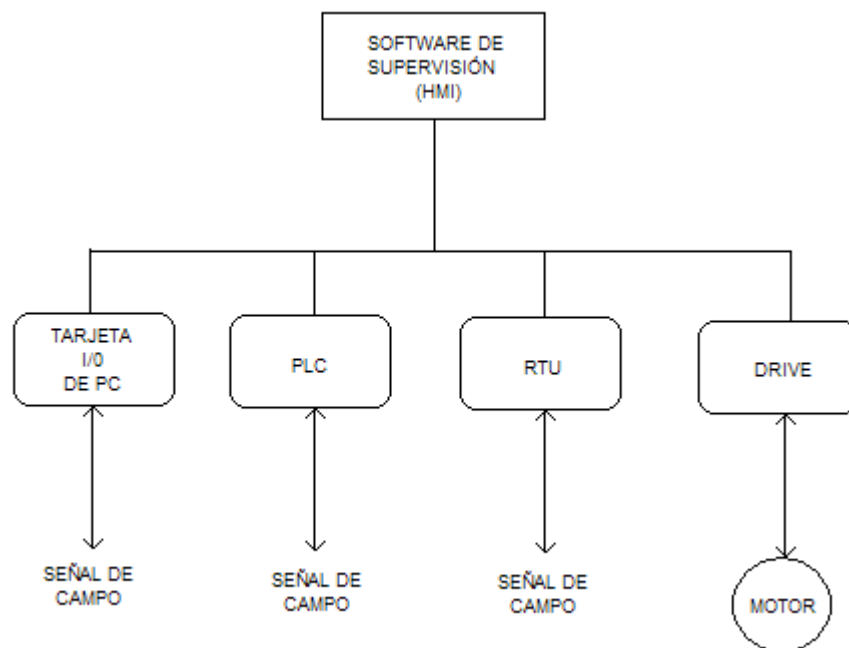


Figura 1.20 Diagrama de un HMI

¹⁰ <http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez/ii2/index.htm>

1.6.1 Características de un HMI

- Desarrollos a medida. Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++ Visual Basic, Delphi, etc.
- Paquetes comprados de HMI. Son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc.
- Incorporan protocolos para comunicarse con los dispositivos de campo más conocidos.
- Tienen herramientas para crear bases de datos dinámicas
- Permiten crear y animar pantallas en forma sencilla,
- Incluyen gran cantidad de librería de objetos para representar dispositivos de uso en la industria como: motores, tanques, indicadores, interruptores, etc.

1.6.2 Funciones de un Software HMI

Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.

Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores al proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas allá de la supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

Históricos. Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

1.6.3 Tareas de un Software de Supervisión y Control

Permitir una comunicación con dispositivos de campo.

Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.

Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados.

Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el “mouse” o teclado.

Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.

Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.

Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

1.6.3.1 Estructura general del software HMI

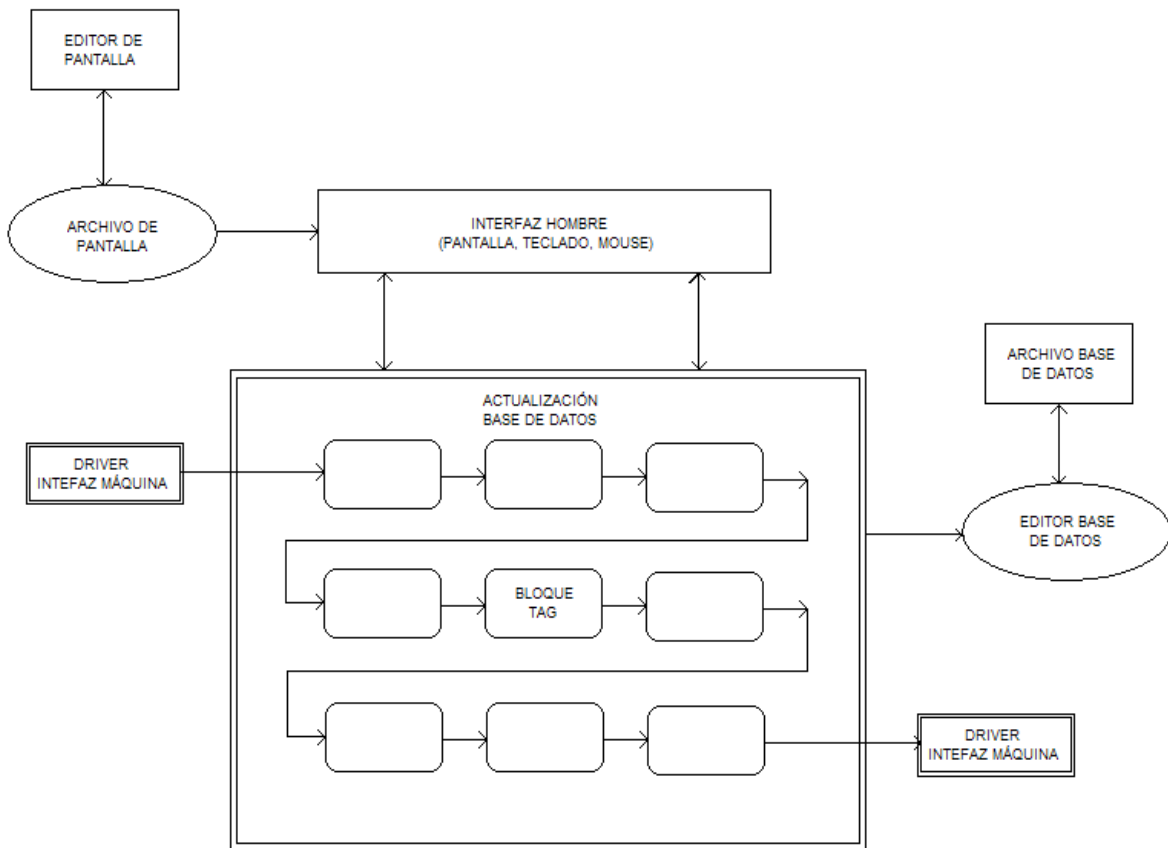


Figura 1.21 Estructura de un HMI

Los software HMI están compuestos por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema. En la Fig. 1.21 se muestra como funcionan algunos de los programas y archivos más importantes. Los rectángulos de la figura representan programas y las elipses representan archivos. Los programas que están con recuadro simple representan programas de diseño o configuración del sistema; los que tienen doble recuadro representan programas que son el motor del HMI.

Con los programas de diseño, como el "editor de pantallas" se crea moldes de pantallas para visualización de datos del proceso. Estos moldes son guardados en archivos "Archivo de pantalla" y almacenan la forma como serán visualizados los datos en las pantallas.

Interfaz Hombre: Es un programa que se encarga de refrescar las variables de la base de datos en la pantalla, y actualizarla, si corresponde, por entradas del teclado o el mouse. Este programa realiza la interfaz entre la base de datos y el hombre. El diseño de esta interfaz esta establecido en el archivo molde "Archivo de pantalla" que debe estar previamente creado.

Base de datos: Es un lugar de la memoria de la computadora donde se almacenan los datos requeridos del proceso. Estos datos varían en el tiempo según cambien los datos del proceso, por esta razón se denomina "base de datos dinámica". La base de datos esta formada por bloques que pueden estar interconectados. La creación de la base de datos, sus bloques y la relación entre ellos se realiza a través de "editor de base de datos".

Drivers: La conexión entre los bloques de la base de datos y las señales del proceso se realiza por medio de drivers. Estos drivers manejan los protocolos de comunicación entre el HMI y los distintos dispositivos de campo. Los drivers son entonces la interfaz hacia la máquina.

Bloques (tags): Como ya mencionamos, la base de datos esta compuesta por bloques. Para agregar o modificar las características de cada bloque se utiliza el editor de la base de datos. Los bloques pueden recibir información de los drivers u otros bloques y enviar información hacia los drivers u otros bloques.

Las funciones principales de los bloques son:

- Recibir datos de otros bloques o al driver.
- Enviar datos a otros bloques o al driver.
- Establecer enlaces (links) a la pantalla (visualización, teclado o mouse)
- Realizar cálculos de acuerdo a instrucciones del bloque.
- Comparar los valores con umbrales de alarmas
- Escalar los datos del driver a unidades de ingeniería.

Los bloques pueden estructurarse en cadenas para procesar una señal como se puede ver en la figura 1.22.

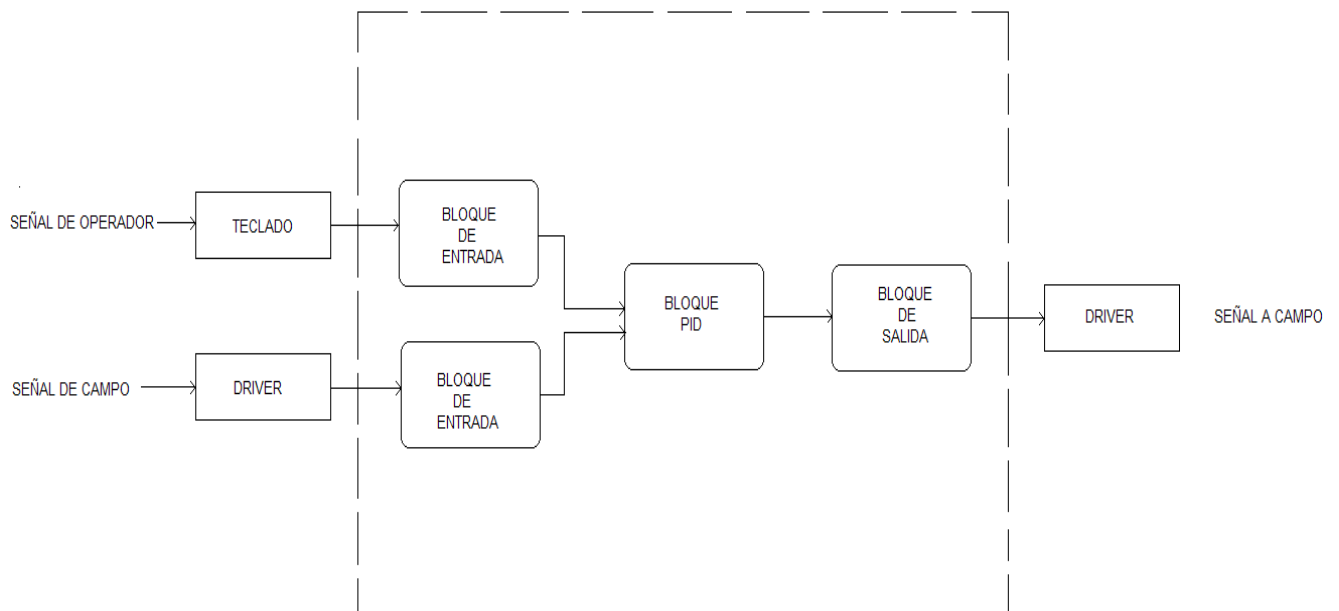


Figura 1.22 Bloques de un HMI

1.6.1 Paneles de Operador

1.6.1.2 Panel View 1000



Figura 1.23 Panel View 1000

Este panel view posee teclado y pantalla táctil de colores, su profundidad es reducida, y tiene varias opciones de comunicación

Todas las configuraciones se pueden conectar en red con la familia de controladores Allen-Bradley y PLC de otras marcas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PANEL VIEW 1000¹¹

PANTALLA	
Tipo	Matriz activa de colores de transistores de película delgada (TFT)
Tamaño	8.3" x 6.2" (211 mm x 158 mm)
Luz de retroiluminación reemplazable	Luz de retroiluminación reemplazable en el campo
Entrada de operador	Teclado o pantalla táctil
Celdas táctiles	384
Teclas de función	16 (F1 – F16)
Reloj en tiempo real	Reloj con batería de respaldo para poner sello de hora a datos críticos
Memoria de aplicación	310 K para tiempo de ejecución de la aplicación; 1008 K Flash (objetos de aplicación + texto + mapas de bits)
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS	
Puerto de comunicación	EtherNet/IP, DeviceNet, ControlNet, DH+, Remote I/O, DH-485, RS-232 (protocolo DH-485), DF1
Puerto de impresora RS-232	Velocidad en baudios 1200, 2400, 9600, 19200
Requisitos de alimentación eléctrica	CA: 85 – 264 VCA CC: 18 – 32 VCC 47 – 63 Hz
Consumo de potencia	CA: 70 VA máx. CC: 27 watts máx. (2ª a 24 Vcc)
Programación	Panel Builder32 (para Windows)
ESPECIFICACIONES AMBIENTALES	
Temperatura de funcionamiento	0 – 55 °C (32 – 131 °F)
Temperatura de almacenamiento	-25 – 70 °C (-13 – 158 °F)
Humedad	5 – 95% sin condensación entre 0 – 55 °C
Clasificaciones	NEMA Tipo 12, 13, 4x (ambientes interiores solamente), IP54, IP65
Certificaciones	Certificación cUL; en lista de UL; Clase 1, Div 2, Grupos A, B, C, D; Clase 1 Zona 2; Clase 2, Div 2; Clase 3, Div 1; distintivo CE; C-Tick
PESO	

¹¹ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, “The View” Selecting Your Visualization
Publicación VIEW-BR004D-ES-P – Noviembre de 2005

Teclado	8.2 lb (3.7 kg)
Pantalla táctil	7.9 lb (3.6 kg)
DIMENSIONES	
Teclado (alto x ancho x profundidad)	11.1" x 16.6" x 4.4" (282 x 423 x 112 mm)
Pantalla táctil (alto x ancho x profundidad)	11.1" x 14.6" x 4.4" (282 x 370 x 112 mm)

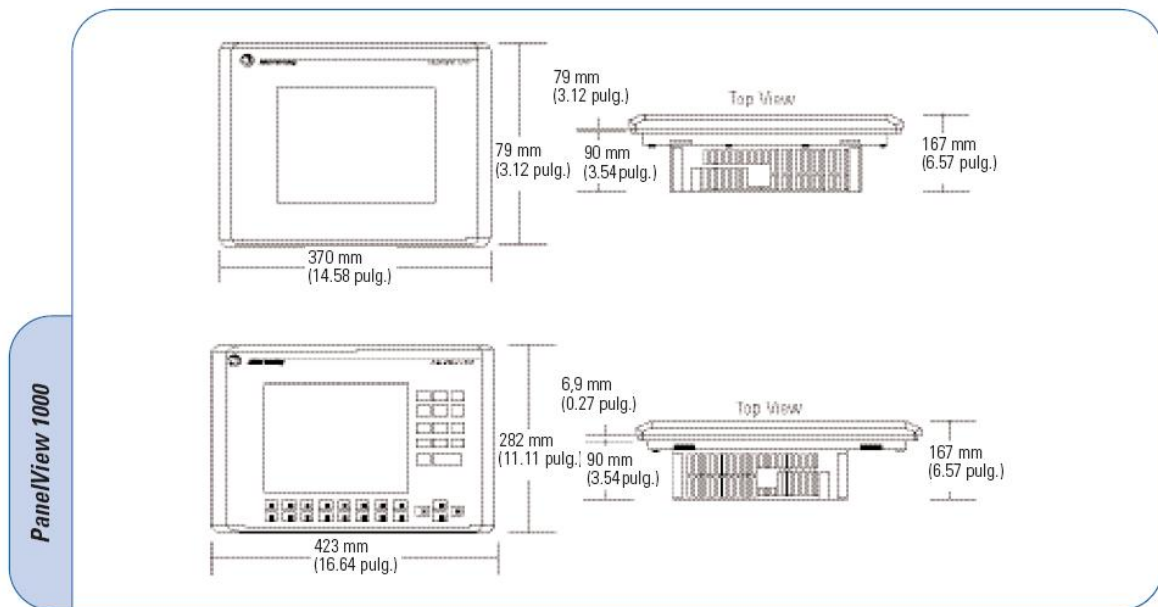


Figura 1.24 Dimensiones Panel View 1000

1.7 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

1.7.1 RSLogix 500

RSLogix 500 es el software destinado a la creación de los programas del autómeta SLC 5 en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógica de escalera (Ladder). Incluye editor de Ladder y verificador de proyectos (creación de una lista de errores) entre otras opciones. Este producto se ha desarrollado para funcionar en los sistemas operativos Windows. Existen diferentes menús de trabajo (figura 1.25) en el entorno de RSLogix 500, a continuación se hace una pequeña explicación de los mismos:

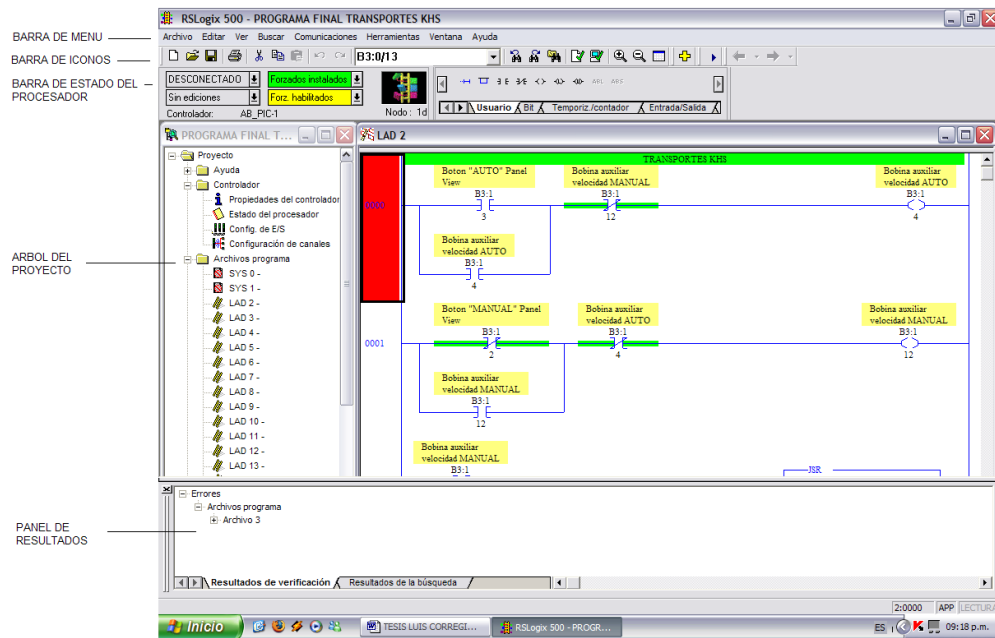


Figura 1.25 Pantalla principal del RSLogix 500

Barra de menú: permite realizar diferentes funciones como recuperar o guardar programas, opciones de ayuda, etc. Es decir, las funciones elementales de cualquier software actual.

Barra de iconos: engloba las funciones de uso más repetido en el desarrollo de los programas.

Barra de estado del procesador: Nos permite visualizar y modificar el modo de trabajo del procesador (en línea, fuera de línea, programa, remoto), cargar y/o descargar programas (cargar/descargar programa), así como visualizar el controlador utilizado (AB_PIC - 1). Los modos de trabajo más usuales son:

- **Fuera de línea:** Consiste en realizar el programa sobre un ordenador, sin necesidad alguna de acceder al PLC para posteriormente una vez acabado y verificado el programa descargarlo en el procesador. Este hecho dota al programador de gran independencia a la hora de realizar el trabajo.
- **En línea:** La programación se realiza directamente sobre la memoria del PLC, de manera que cualquier cambio que se realice sobre el programa afectará directamente al procesador, y con ello a la planta que controla. Este método es de gran utilidad para el programador experto y el personal de mantenimiento ya que permite realizar modificaciones en tiempo real y sin necesidad de parar la producción.

Árbol del proyecto: Contiene todos las carpetas y archivos generados en el proyecto, estos se organizan en carpetas (Figura 1.26). Las más interesantes para el tipo de prácticas que se realizará son:

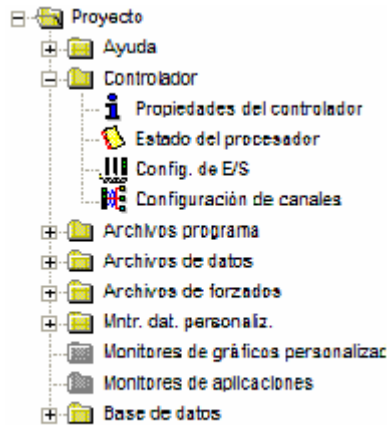


Figura 1.26 Árbol del proyecto

Propiedades del controlador: contiene las prestaciones del procesador que se está utilizando, las opciones de seguridad que se quieren establecer para el proyecto y las comunicaciones.

Estado del procesador: se accede al archivo de estado del procesador

Configuración de E/S: Se podrán establecer y/o leer las tarjetas que conforman el sistema.

Configuración de canales: Permite configurar los canales de comunicación del procesador

Archivos de programa (Figura 1.27) contiene las distintas rutinas Ladder creadas para el proyecto.

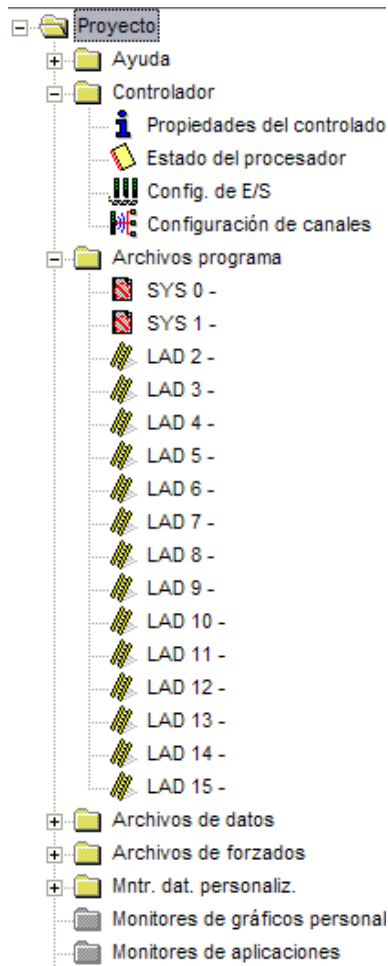


Figura 1.27 Archivos de programa

Archivos de datos (Figura 1.28); da acceso a los datos de programa que se van a utilizar así como a las referencias cruzadas. Podemos configurar y consultar salidas, entradas, variables binarias (binario), temporizadores, contadores, entre otros.

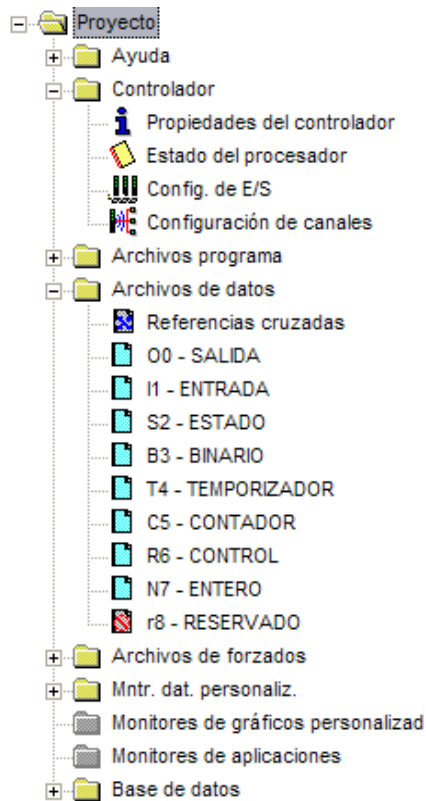



Figura 1.28 Archivos de datos

Panel de resultados: aparecen los errores de programación que surgen al verificar la corrección del programa realizado  (situados en la barra de iconos). Efectuando doble clic sobre el error, automáticamente el cursor se situará sobre la ventana de programa Ladder en la posición donde se ha producido tal error. También es posible validar el archivo mediante Editar > Verificar archivo o el proyecto completo, Editar > Verificar Proyecto.

Barra de instrucciones: Esta barra le permitirá, a través de pestañas y botones, acceder de forma rápida a las instrucciones más habituales del lenguaje Ladder. Presionando sobre cada instrucción, ésta se introducirá en el programa Ladder.

Ventana del programa Ladder: Contiene todos los programas y subrutinas Ladder relacionados con el proyecto que se esté realizando. Se puede interaccionar sobre

esta ventana escribiendo el programa directamente desde el teclado o ayudándose con el ratón (ya sea arrastrando objetos procedentes de otras ventanas ó seleccionando opciones con el botón derecho del ratón).

1.7.2 RSLinx

El software RSLinx es un paquete de servidor de comunicaciones que proporciona conectividad de dispositivos de la planta, para una amplia variedad de aplicaciones. RSLinx es compatible con múltiples aplicaciones de software que se comunican simultáneamente con una gran variedad de dispositivos en muchas redes diferentes. RSLinx proporciona una interface gráfica de fácil manejo para navegar por la red. Se proporciona un conjunto de drivers de comunicación completo para las necesidades de comunicación en red, incluidas las redes Allen-Bradley.

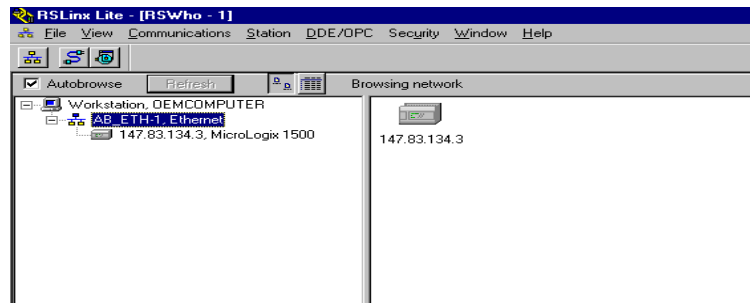


Figura 1.29 Pantalla principal de RSLinx

1.7.3 Panel Builder 32¹²

El Panel Builder es un paquete basado en Windows de Microsoft que le permite diseñar las aplicaciones del panel de control para el terminal Panel View 1000. Para simplificar el diseño de aplicación, el Panel Builder usa menús, cuadros de diálogo y herramientas que son estándares en Windows. (Figura 1.30)

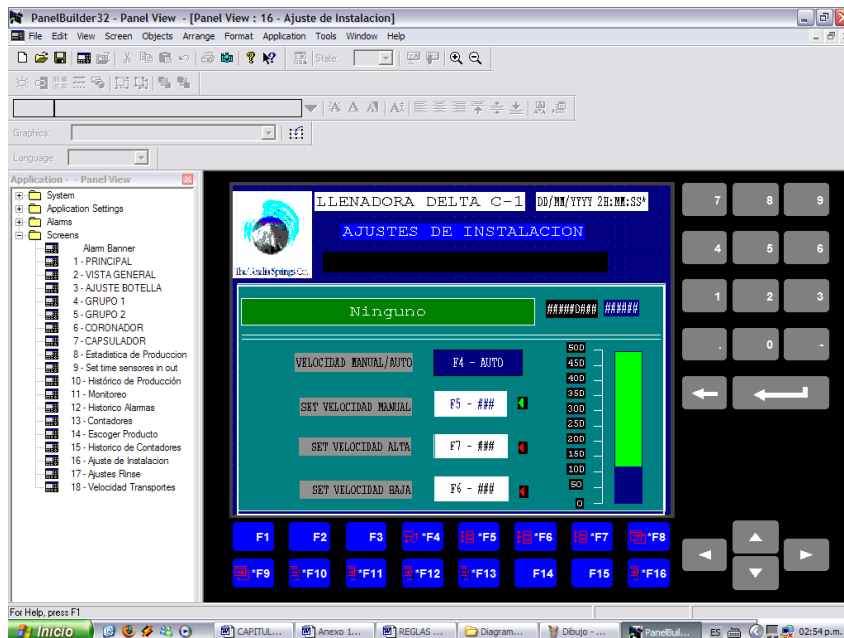


Figura 1.30 Pantalla principal del software Panel Builder 32

Una aplicación de Panel Builder es una serie de pantallas que contiene objetos tales como pulsadores, indicadores, listas del control y gráficos de barra. El operador

¹² ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Manual de usuario Software PanelBuilder (Números de catálogo 2711-ND3ES)* Publicación 2711-6.0ES

actúa recíprocamente con estos objetos en el terminal pulsando las teclas de función o tocando la pantalla del terminal. Las aplicaciones se transfieren entre la computadora y el terminal Panel View, usando una conexión de serie, Pass Through, o una tarjeta de memoria. Las aplicaciones de Panel Builder comunican datos a controladores lógicos en una variedad de redes inclusive: DH 485, DH+, DF1, Remoto de E/S, DeviceNet y ControlNet. Los puertos en el terminal Panel View determinan el protocolo de comunicaciones usadas. Cada aplicación de Panel Builder (archivo .PBA) se asocia con un proyecto. El proyecto identifica: direcciones de controlador a las que los objetos de Panel Builder escriben a, o leen de las etiquetas que se definen en el Editor de Etiquetas y tiempo de ejecución de parámetros de comunicación para el terminal Panel View y controlador. (Los dispositivos se definen en Configuración del Terminal.)

Aplicaciones diferentes pueden compartir etiquetas en un proyecto si las aplicaciones son del mismo protocolo de comunicación.

CAPITULO II

ESTUDIO DEL SISTEMA MANUAL DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN LA PLANTA DE ENVASE

2.1 DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS CON LAS QUE SE TRABAJA ACTUALMENTE EN LA LÍNEA DE ENVASE

2.1.1 La máquina crítica¹³

Una de las máquinas de la línea es considerada como “máquina crítica”, cuando toda la línea está dimensionada considerando las características de esa máquina. Para saber cual será la máquina crítica de una línea, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- proceso y calidad;
- consideraciones mecánicas;
- productividad y confiabilidad;
- velocidad

¹³ <http://www.khsbrasil.com.br/news/2006/marzo/>

2.1.2 Producción de la línea

Establecer la máquina crítica es fijar la producción de la línea. Por ejemplo, en nuestro caso la máquina crítica es una Llenadora, cuya producción es 500 bpm, entonces la producción máxima de la línea va a ser 500 bpm.

Dado que la producción de la línea es limitada por la producción de la máquina crítica, el objetivo será minimizar el número de paros de esa máquina y para evitarlos son necesarias dos condiciones: tener siempre producto en la entrada y espacio en la salida para “liberarlo”.

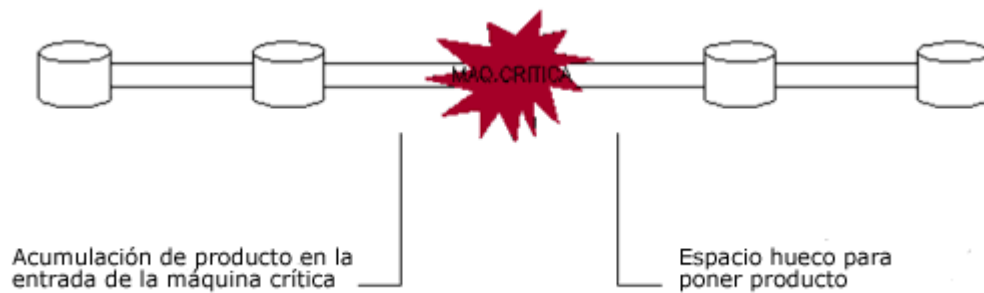


Figura 2.1 Máquina crítica

2.1.3 El concepto de “Gráfica-V”

Existe la necesidad de una sobre velocidad, para crear una acumulación necesaria entre las máquinas. Ese principio es verdadero para cada máquina. O sea, la velocidad de las máquinas crece a medida que la distancia aumenta hasta la máquina crítica.

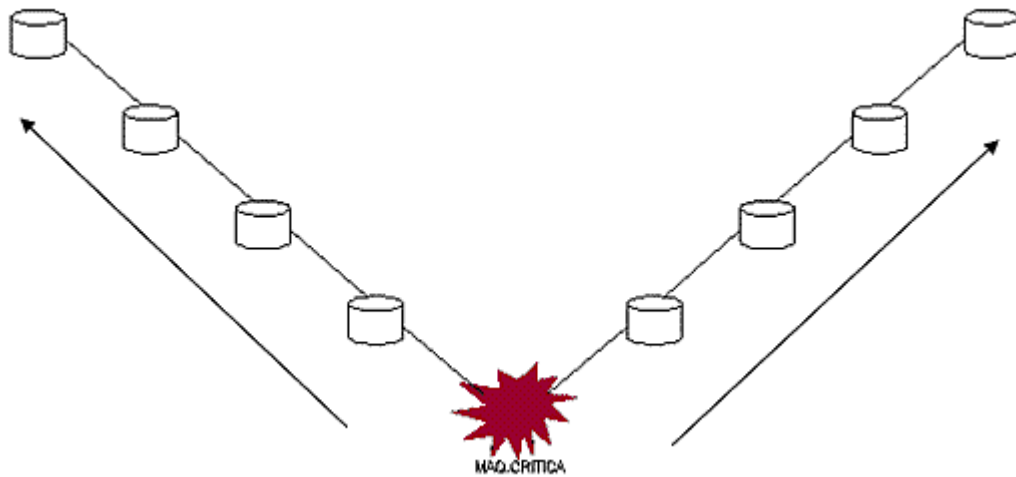


Figura 2.2 Gráfica en "V"

2.1.4 Tabulación de velocidades reguladas en forma manual en los transportes de la línea de envase.

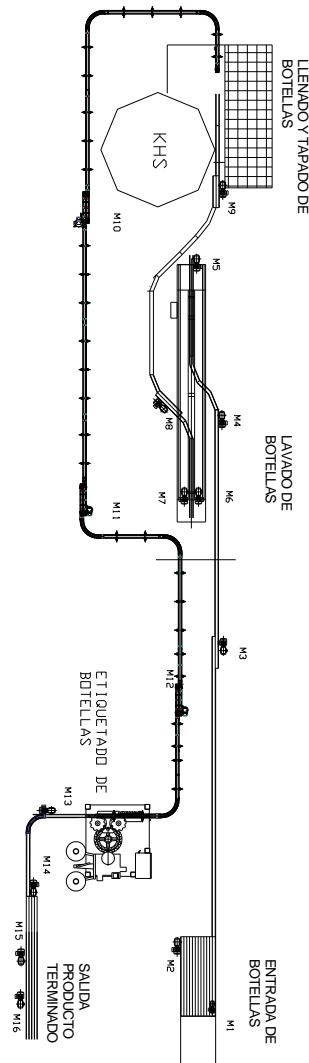


Figura 2.3 Vista superior planta envase

Para determinar los valores de las frecuencias con las que se trabaja actualmente se realizaron lecturas en cada uno de los variadores de frecuencia que controlan los motoredutores de toda la línea de envase. Los datos obtenidos se indican en las tablas 2.1, 2.2, 2.3.

Fecha	15/03/2007	22/03/2007	26/03/2007
N. de Motor	FRECUENCIA (Hz)		
M1	34.1	26	28.4
M2	26.1	22.5	26.5
M3	23	23	28
M4	34.5	27.7	34.8
M5	40	37.3	40.6
M6	40	37.3	40.6
M7	34.9	28.1	35.4
M8	40.2	38.2	44.5
M9	30.8	25.8	29
M10	30.8	21.9	29
M11	35.9	25.6	30.5
M12	32.4	30.1	33.5
M13	39.4	37.4	34.2
M14	18.6	19	18.5
M15	19	19.1	19.7
M16	18	17	18.5

Tabla 2.1 Lecturas tomadas en el envasado de Guitig 3L

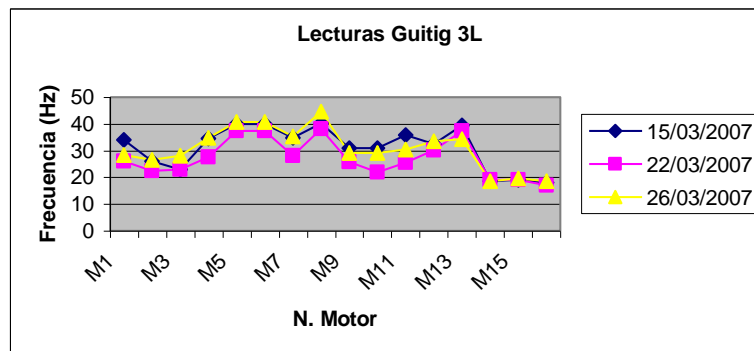


Figura 2.4 Lecturas tomadas en el envasado de Guitig 3L

Fecha	27/03/2007	28/03/2007	29/03/2007
N. de Motor	FRECUENCIA (Hz)		
M1	26	26	28.4
M2	22.5	22.5	26.5
M3	20.5	23	28
M4	28.2	27	34.8
M5	37.2	37.3	40.6
M6	37.2	37.3	40.6
M7	27.7	28.1	30.4
M8	35.8	38.2	41.5
M9	29.2	25.8	29
M10	27.8	21.9	27
M11	28	25.6	30.5
M12	29	30.1	30
M13	30.1	37.4	35
M14	20	19	18.5
M15	21.3	20	19.7
M16	20	19	19.3

Tabla 2.2 Lecturas tomadas en el envasado de Quintuple Piña 3L

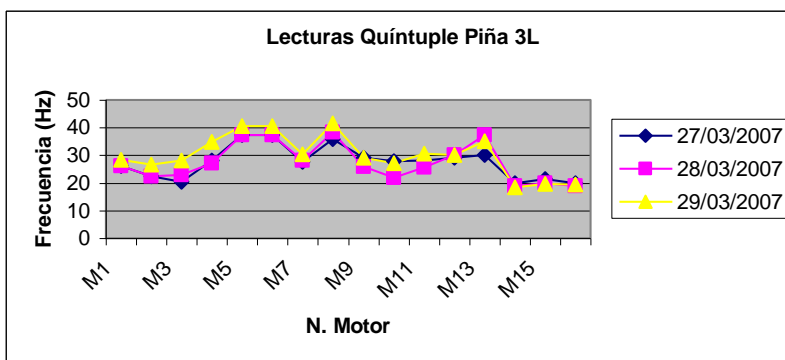


Figura 2.5 Lecturas tomadas en el envasado de Quintuple Piña 3L

Fecha	30/03/2007	31/03/2007	02/04/2007
N. Motor	FRECUENCIA (Hz)		
M1	29.5	26.5	28.7
M2	27.5	20.5	24.5
M3	25.3	25	28
M4	33	27	34.8
M5	43.1	37.3	40.6
M6	43.1	37.3	40.6
M7	33.3	28.1	30.4
M8	42.3	38.2	41.5
M9	27.7	25.8	29
M10	27.7	21.9	27.6
M11	28.9	25.6	31.6
M12	32.8	30.1	29
M13	32.1	37.4	36
M14	18.9	20	18.5
M15	21.5	20	19.2
M16	21	19.7	20

Tabla 2.3 Lecturas tomadas en el envasado de Tesalia 500cc

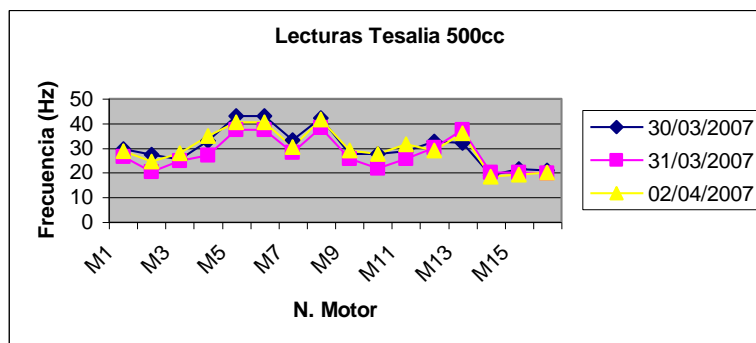


Figura 2.6 Lecturas tomadas en el envasado de Tesalia 500cc

2.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SENSORES NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El tipo de sensores ha utilizar es del tipo reflex, la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe. Este tipo de sensor puede trabajar con objetos transparentes, como es el caso de las botellas de PET.

2.2.1 Características técnicas del sensor¹⁴

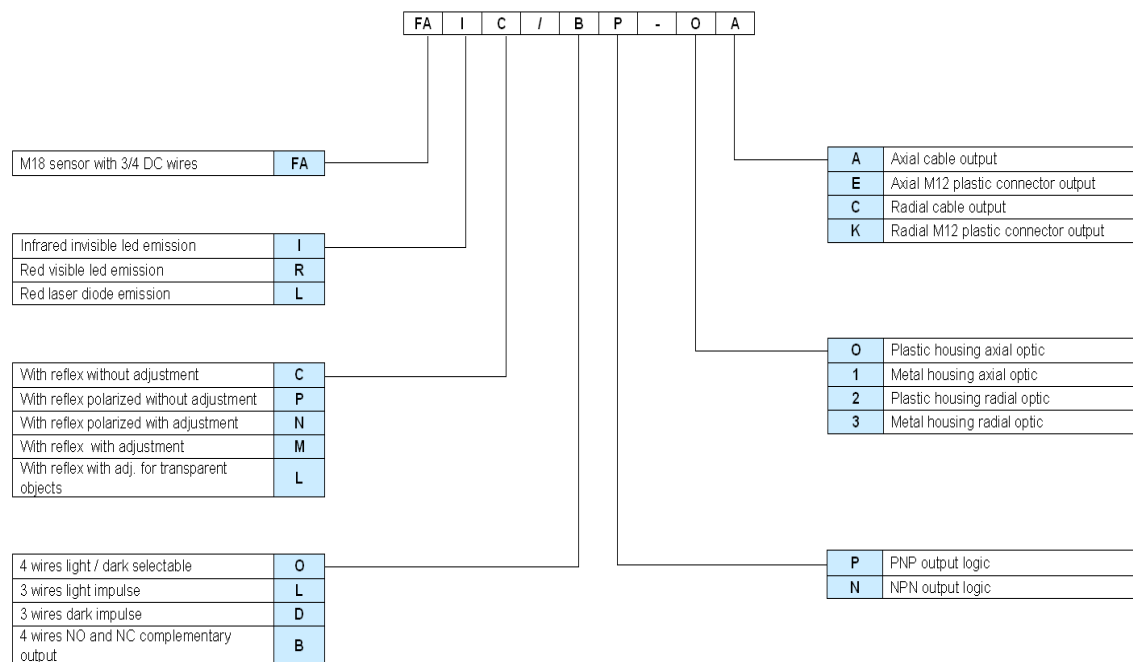


Figura 2.7 Características para escoger el tipo de sensor.

¹⁴ http://www.diell.com/inglese/prodotti/scheda_serie.asp?type=InterFotoelettrici&id=36

Los sensores son de la marca comercial Micro Detectors de Italia, debido a que la empresa trabaja con este proveedor.

El tipo de sensor es el FARL/BP – 1A que por la figura 2.7 se puede determinar que es:

FA: Sensor M18 a $\frac{3}{4}$

R: Emisión de led visible rojo

L: Sistema reflex para objetos transparentes

B: Salidas NO y NC

P: Lógica de salida PNP

1: Alojamiento metálico con óptica axial

A: Cable de salida axial

El voltaje que soporta es de 10-30 Vcc

Corriente de carga: 30mA

2.3 SELECCIÓN DEL PLC

2.3.1 Justificación

Como se observa en la figura 2.8 para unir cada etapa del proceso de envasado, están de por medio las cintas transportadoras, es en lugares específicos de las cintas donde se colocarán los sensores anteriormente descritos. Estos sensores enviarán su señal al PLC SLC 500 por medio de un módulo de entradas 1746-IB 16, el PLC a su vez controlará a los variadores de frecuencia que determinan las velocidades de las cintas transportadoras por medio de un módulo de 4 salidas analógicas 1746-NO 4I.

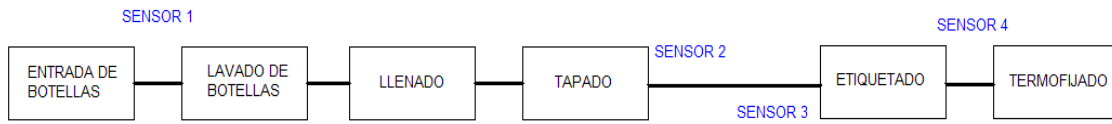


Figura 2.8 Diagrama del proceso de envasado

2.3.2 Tipo y características del controlador utilizado¹⁵

Por exigencias de la empresa Tesalia el sistema debe basarse en un autómatas Allen Bradley SLC 5/03 de Rockwell debido a que se usará el mismo PLC que controla la llenadora del proceso actualmente.

Los productos SLC 500 de Allen-Bradley constituyen la familia modular creada por Rockwell Automation de controladores programables (PLC) compactos basados en chasis y E/S (entradas/salidas) basadas en chasis. Está formada por procesadores, E/S y dispositivos periféricos. Esta familia de procesadores proporciona eficacia y flexibilidad a través de una amplia gama de configuraciones de comunicaciones, características y opciones de memoria.

Las principales características de este tipo de controladores son:

- Procesadores veloces y eficaces con un tamaño de memoria de hasta 64 K.
- Cientos de estilos y opciones de E/S locales y remotas con módulos de E/S 1746, 1771, bloque de E/S y Flex I/O.

¹⁵ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Modular Hardware Style, SLC 500 (Cat. Nos. 1747-L511, 1747-L514, 1747-L524, 1747-L531, 1747-L532, 1747-L541, 1747-L542, 1747-L543, 1747-L551, 1747-L552, and 1747-L553)*) Publicación 1746-6.2

- Comunicaciones de Ethernet incorporadas, así como opciones para DeviceNet, Control Net y otras redes.
- Modularidad y flexibilidad que permiten desarrollar una eficaz aplicación comprando exactamente lo que necesita.
- Capacidad de E/S discreta de alta velocidad con E/S especiales.
- Potencia de control de proceso: una amplia gama de E/S analógicas así como instrucciones matemáticas y PID avanzadas.
- Diseño y fabricación para entornos industriales, capacidad de soportar una amplia gama de temperaturas y condiciones de humedad, así como los más altos niveles de vibraciones y choque.
- Procesadores sencillos y económicos con grandes capacidades para una amplia gama de aplicaciones, incluidos el manejo de materiales, control de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, operaciones de montaje de alta velocidad, control de procesos pequeños y SCADA.
- Mejoras en las comunicaciones que permiten que los 5/03, 5/04 y 5/05 proporcionen control maestro de redes SCADA.
- Funciones eficaces que incluyen direccionamiento indirecto, capacidad matemática de alto nivel e instrucciones de cálculo.
- Amplia gama de tamaños de memoria, desde 1 K hasta 64 K.

El procesador SLC 5/03 ofrece:

- Tamaños de memoria de programación de 8K o 16K
- Control de hasta 4096 puntos de entrada y salida.
- Programación en línea (incluye edición de tiempo de ejecución).
- Canal DH-485 incorporado
- Canal RS-232 incorporado, compatible con:
 - ✓ DF1 Full-Duplex para la comunicación punto a punto; remotamente vía módem, o conexión directa para programar o dispositivos de la interface de operador. (Use un cable 1747-CP3 para conexión directa.)

- ✓ DF1 Half-Duplex Master/Slave para SCADA comunicación punto o multipunto
 - ✓ DH-485 usando un 1761-NET-AIC con cable 1747-CP3 para conectar a la red DH-485
-
- Función de paso "passthrough" de E/S remota
 - Reloj/calendario en tiempo real incorporado.
 - Interrupción temporizada seleccionable (STI) de 2 ms.
 - Interrupción de entrada discreta (DII) de 0.50 ms.
 - Funciones matemáticas avanzadas: trigonométricas, PID, exponenciales, punto flotante (coma flotante) y las instrucciones de cálculo.
 - Direccionamiento indirecto
 - El PROM de la memoria flash proporciona actualizaciones de firmware sin cambiar EPROMS físicamente.
 - Opcional, módulo de memoria flash EPROM disponible
 - Interruptor de llave: RUN, Remote, Program (borrado de fallos).
 - RAM con batería de respaldo

2.3.3 Selección de módulos para la conexión de señales al PLC¹⁶

Para el autómatas utilizado existen racks o chasis de 4, 7, 10 o 13 slots o ranuras. En este caso el PLC cuenta con un chasis de 13 slots. El número total de señales con las que se va trabajar es el siguiente:

4 señales de entrada DI (Digital Input, Modulo 1746 IB16) para los 4 sensores.

4 señales AO (Analog output, módulo 1746 NO4I) salidas a los variadores de frecuencia.

¹⁶ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Módulos de E/S analógicas SLC 500 (Números de catálogo 1746-NI4, NIO4I, NIO4I, NO4I, NO4V)* Publicación 1746-6.4ES – Enero de 1996

La fuente del PLC se alimentará de 220V, pero se transformará mediante un transformador interno a 24Vcc, con esta tensión se alimentan todos los elementos que de él formarán parte. A partir de estos condicionantes, se escoge el módulo apropiado para el sistema que vamos a controlar.

Señales DI: Como se justificó anteriormente las cuatro entradas digitales de los sensores entraran al PLC por medio de un módulo 1746 IB16, el hecho de escoger este módulo que contiene 16 entradas es debido a que las entradas que sobran podrán utilizarse en una ampliación o mejora del sistema, en el futuro.

Todas las características de este módulo están el Anexo A1.

Señales AO: Como sucede en el caso de señales de entrada, se trabaja en campo para las analógicas con corriente eléctrica. Al requerirse una tarjeta para cuatro señales analógicas es suficiente con un único módulo de 4 salidas analógicas 1746-NO4I. El módulo analógico de salida 1746-NO4I proporciona 4 canales analógicos de salida, con 4 salidas de corriente.

Todas las características de este módulo están el Anexo A2.

2.3.4 Red DH 485¹⁷

Para realizar la comunicación entre el PLC y el Panel View 1000 quienes controlarán el proceso de regulación de velocidad en los transportes, se hará uso de la red industrial de la planta que es una RED DH 485.

¹⁷ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, Manual de usuario, Cable Data Highway/Data Highway Plus/Data Highway II/Data Highway_485,

DH 485 es una red de área local (LAN) diseñada para aplicaciones del área de fabricación. DH 485 permite conectar hasta 32 dispositivos, entre ellos los controladores SLC, dispositivos de HMI y computadoras personales. Tiene capacidad para un máximo de 32 nodos.

La red DH-485 pasa información entre dispositivos en la planta. La red supervisa los parámetros del proceso, los parámetros de los dispositivos, el estado de los dispositivos, el estado del proceso y los programas de aplicación, proporcionando soporte en la adquisición de datos, control de datos, carga/descarga de programa y control supervisor.

En la figura 2.9 podemos ver un ejemplo de una red DH 485.

Cable troncal

Los nodos en el cable troncal están interconectados en cadena. La longitud de su cable troncal depende de la ubicación de los nodos en su red, sin embargo, la longitud máxima es 4,000 pies (1220 metros). Su sistema de cable tiene capacidad de interconectar hasta 32 dispositivos.

El cable troncal está hecho de cable Belden 9842. Este cable tiene funda y blindaje y consta de dos pares de hilos trenzados y un cable de tierra. Un par de los cables trenzados proporciona una línea de señal balanceada, y un hilo del otro par sirve como línea de referencia común entre todos los nodos de la red. El blindaje reduce el efecto del ruido electromagnético del entorno industrial en las comunicaciones de la red. El cable de tierra proporciona un punto de conexión del blindaje.

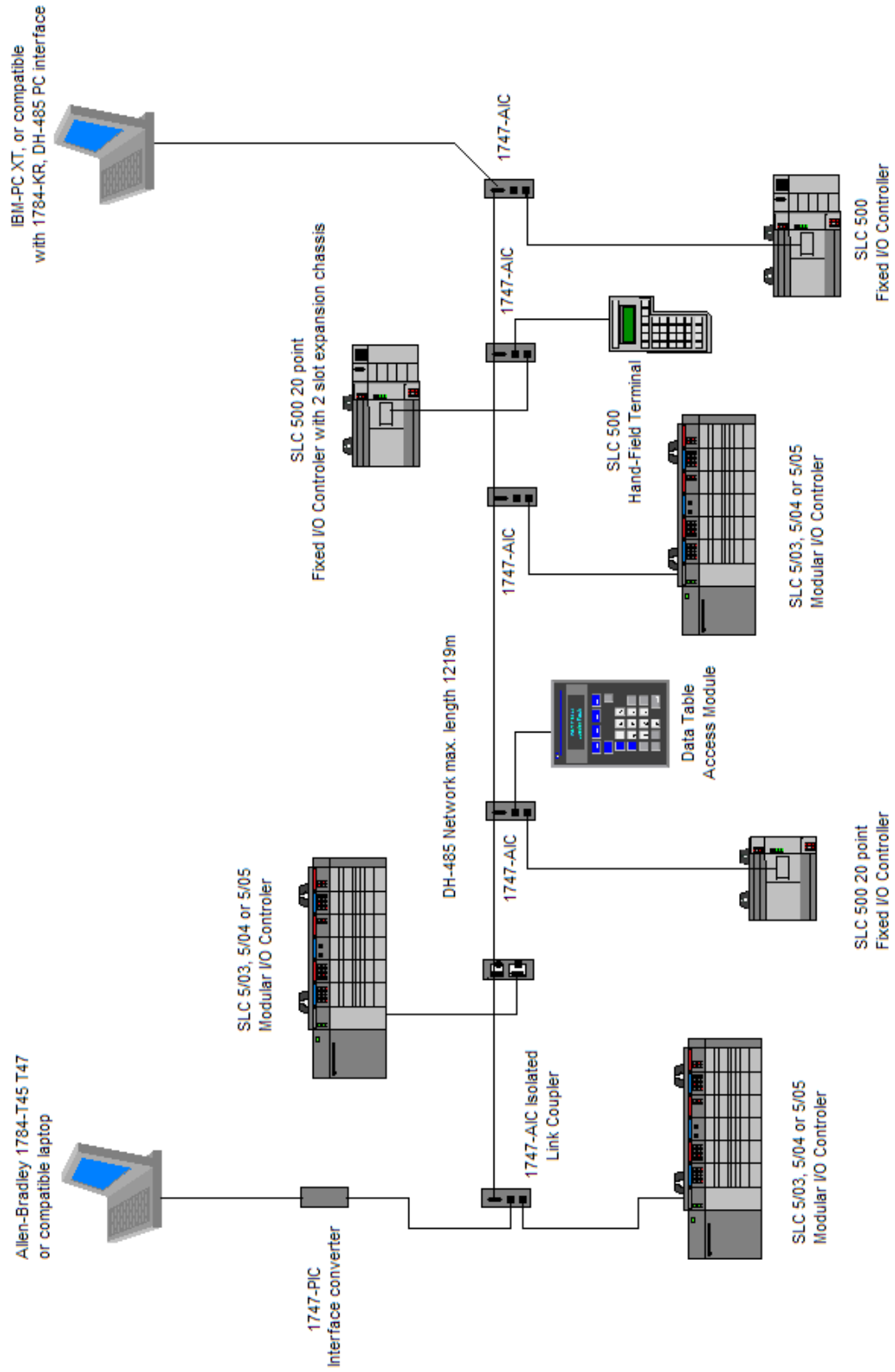


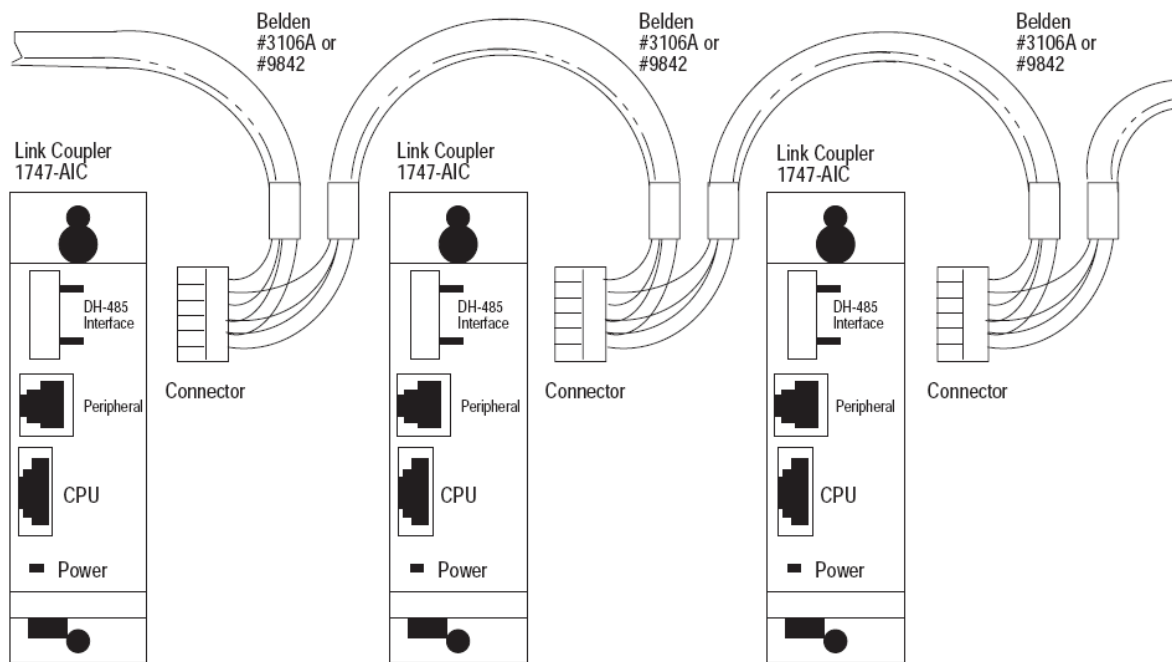
Figura 2.9 Red DH 485 Allen Bradley

Acopladores de enlace

Los acopladores de enlace conectan dispositivos en la red DH-485. Se debe instalar un acoplador de enlace para cada nodo no aislado en la red. El tipo de acoplador depende del dispositivo que esté conectando a la red DH-485. En este caso el acoplador utilizado es el 1747-AIC (Ver figura 2.10).

En condiciones normales de funcionamiento con el controlador programable conectado al acoplador de enlace, el procesador proporciona alimentación eléctrica tanto al acoplador de enlace como al dispositivo periférico (DTAM, PIC, HHT), si está conectado, a través del cable 1747-C11. No es necesaria una fuente de alimentación eléctrica externa.

Si no conecta el procesador al acoplador de enlace, utilice una fuente de alimentación de 24 VCC de clase 2 para la alimentación del acoplador de vínculo y del dispositivo periférico.



NOTA: Una red en "margarita" es recomendada como se muestra en la figura

Figura 2.10 Acopladores de enlace en cadena

Selección del número de acopladores de enlace

Debe instalar un acoplador de enlace para cada nodo no aislado en la red DH-485. Si se va a añadir nodos no aislados posteriormente, hay que proporcionar acopladores de enlace adicionales cuando instale el sistema de cable inicial. Esto ayudará a evitar la interrupción por recableado después que la red esté en operación.

Preparación del cable

1. Corte el cable Belden 9842 a una longitud suficientemente larga para hacer la instalación de un nodo al siguiente.

2. Retire 1 pulgada (2.5 cm.) de la funda de PVC de ambos extremos del segmento del cable.

Nota importante: En el siguiente paso, no corte el cable de tierra.

3. Retire 1 pulgada (2.5 cm.) del blindaje trenzado que se encuentra debajo de la funda de PVC.
4. Retire el blindaje que rodea los pares de cables trenzados y el aislamiento.
5. Corte los dos cordones de aislamiento blanco.
6. Corte la franja blanca–azul del par con franja azul–blanca/franja blanca–azul. Esta no tiene conexión. Guarde el cable para un puente.
7. Retire 0.25 pulgadas (6.4 mm) del revestimiento de los cables con franja anaranjada–blanca/franja blanca–anaranjada. No estañe las puntas de los cables.
8. Retire 0.25 pulgadas (6.4 mm) del revestimiento de los cables con franja blanca–azul. No estañe las puntas de los cables.

Conexión del cable al nodo DH 485

1. Conecte el cable con franja anaranjada–blanca del par con franja anaranjada–blanca/franja blanca–anaranjada al terminal 5 (A).
2. Conecte el cable con franja blanca–anaranjada del par con franja anaranjada–blanca/franja blanca–anaranjada al terminal 4 (B).
3. Conecte el cable con franja azul–blanca del par con franja azul–blanca/franja blanca–azul al terminal 3 (COM).
4. Conecte el cable de blindaje/tierra (sin funda) al Terminal 2 (SHLD).

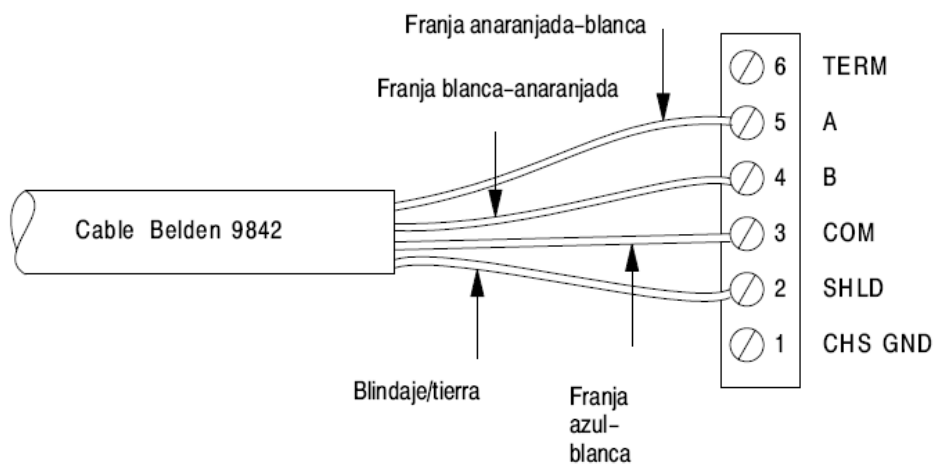


Figura 2.11 Conexión del cable al nodo DH 485

Terminación del blindaje de nodo DH 485

Sólo uno de los dispositivos en la red requiere una conexión de tierra para el blindaje del cable de comunicación. Para proporcionar la terminación del blindaje, conecte en puente el terminal 2 (SHLD) y el terminal 1 (CHS GND).

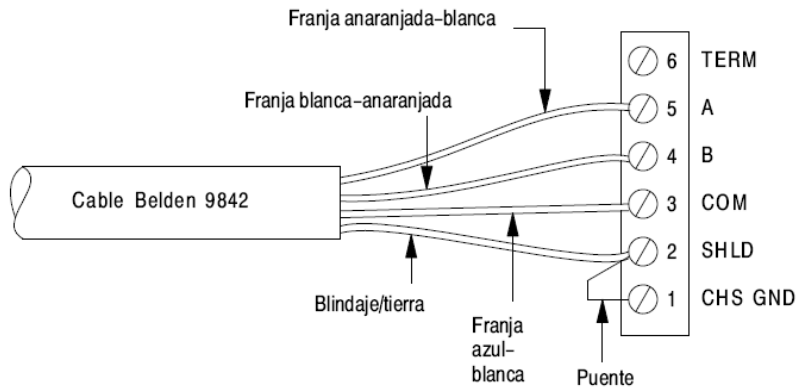


Figura 2.12 Terminación del blindaje de nodo DH 485

Terminación de la red DH 485

Para terminar la red, conecte en puente el terminal de nodo 5 (A) y el terminal 6 (TERM) en cada extremo de la red.

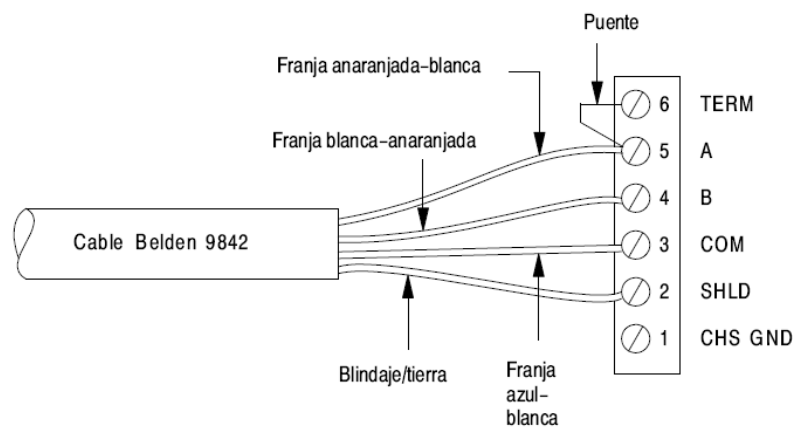


Figura 2.13 Terminación de la red DH 485

CAPITULO III

PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE DE CONTROL

3.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC ALLEN BRADLEY SLC 5/03¹⁸

3.1.1 Configuración del autómatas SLC 500

El software utilizado para llevar a cabo el programa de control es RSLogix 500, de Rockwell Software (como se mencionó en el Capítulo I). Se trata de una programación gráfica, en forma de escalera. Para empezar se ha de configurar el autómatas que se usará, en nuestro caso se trata de un SLC 5/03 Memoria 16K OS300. Para hacerlo nos dirigimos al menú *Archivo>Nuevo* y en el diálogo que aparece seleccionamos el procesador adecuado. Una vez aceptado (*OK*) aparecerá la ventana del proyecto y la ventana del programa Ladder.

¹⁸ www.citcea.upc.edu/projecte/labremot/cap8_RSLogix.pdf

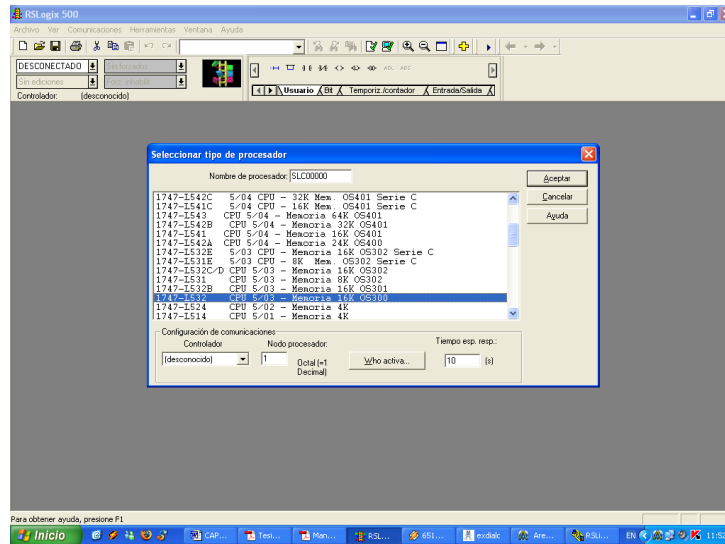


Figura 3.1 Pantalla RSLogix 500 (Selección CPU)

Luego se procede a direccionar los diferentes módulos de entrada y salida del PLC y su ubicación en los diferentes slots del mismo (Ver Figura 3.2), como este PLC está siendo reutilizado, existen otros módulos de entrada y salida que controlan la llenadora de la línea, los cuales no se toman en cuenta en la programación para el control automático de las velocidades de los transportes, pero para que funcione el PLC debemos direccionarlos.

Como se explicó en el Capítulo 2, apartado 2.3.1 se usa un módulo de entrada 1746 IB-16 (Anexo A1) que está conectado en el slot N.5 para recoger las señales de los cuatro sensores usados para la implementación del sistema, y para las salidas analógicas se usa un módulo 1746-NO4I (Anexo A2) que está conectado en el slot N.10.

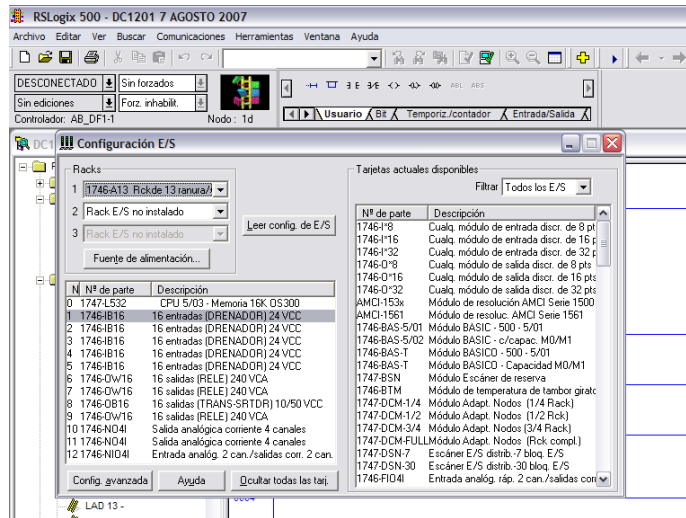


Figura 3.2 Direccionamiento módulos de entrada y salida

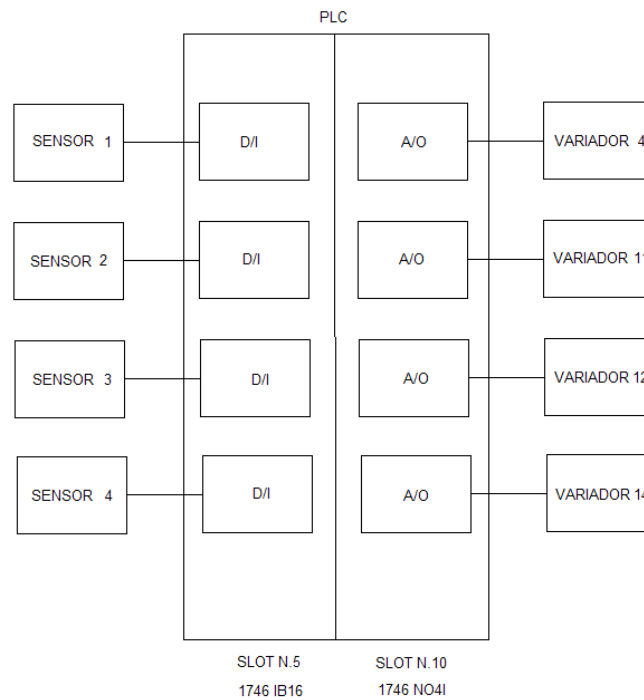
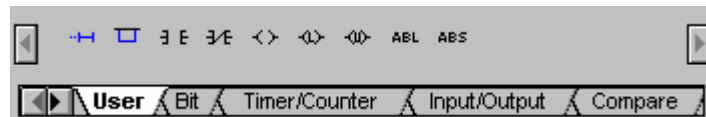


Figura 3.3 Entradas y salidas del PLC

En la figura 3.3 se observa un esquema de la conexión entre los sensores, variadores de frecuencia y PLC.

3.1.2 Edición de un programa Ladder

Las diferentes instrucciones del lenguaje Ladder se encuentran en la barra de instrucciones citada anteriormente (figura 1.25). Al presionar sobre alguno de los elementos de esta barra estos se introducirán directamente en la rama sobre la que nos encontremos.



Añadir una nueva rama al programa



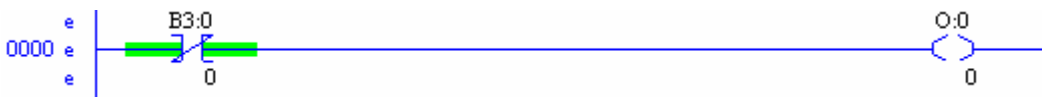
Crear una rama en paralelo a la que ya está creada



Contacto normalmente abierto: examina si la variable binaria está activa (valor = 1), y si lo está permite al paso de la señal al siguiente elemento de la rama. La variable binaria puede ser una variable interna de memoria, una entrada binaria, una salida binaria, la variable de un temporizador, entre otras. En este ejemplo si la variable B3:0/0 es igual a 1 se activará la salida O:0/0.



Contacto normalmente cerrado: examina si la variable binaria está inactiva (valor = 0), y si lo está permite al paso de la señal al siguiente elemento de la rama. En este ejemplo si la variable B3:0/0 es igual a 0 se activará la salida O:0/0.



Activación de salida: si las condiciones previas de la rama son ciertas, se activa la variable. Si dejan de ser ciertas las condiciones o en una rama posterior se vuelve a utilizar la instrucción y la condición es falsa, la variable se desactiva. Para ciertos casos es más seguro utilizar las dos instrucciones siguientes, que son instrucciones retentivas.

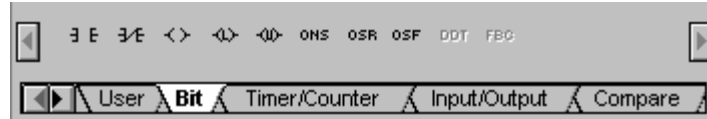


Activación de la variable de manera retentiva: si las condiciones previas de la rama son ciertas, se activa la variable y continúa activada aunque las condiciones dejen de ser ciertas. Una vez establecida esta instrucción solo se desactivará la variable usando la instrucción complementaria que aparece a continuación.



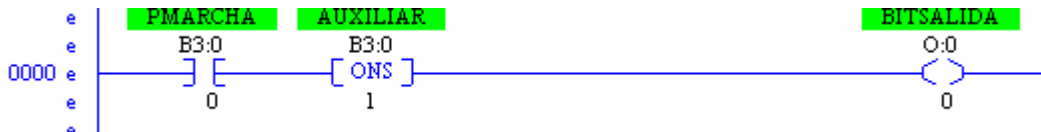
Desactivación de la variable: normalmente esta instrucción se utiliza para anular el efecto de la anterior. Si las condiciones previas de la rama son ciertas, se

desactiva la variable y continúa desactivada aunque las condiciones dejen de ser ciertas.



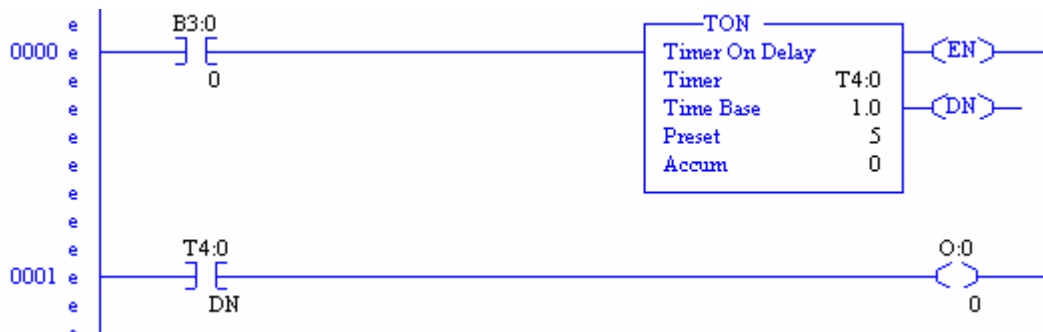
ONS

Flanco ascendente: esta instrucción combinada con el contacto normalmente abierto hace que se active la variable de salida únicamente cuando la variable del contacto haga la transición de 0 a 1 (flanco ascendente). De esta manera se puede simular el comportamiento de un pulsador.



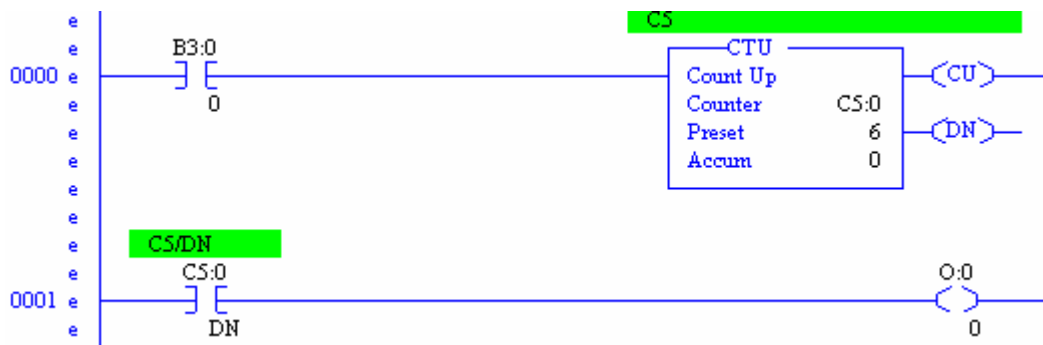
TON

Temporizador (*TON - Timer On-Delay*): La instrucción sirve para retardar una salida, empieza a contar intervalos de tiempo cuando las condiciones del renglón se hacen verdaderas. Siempre que las condiciones del renglón permanezcan verdaderas, el temporizador incrementa su acumulador hasta llegar al valor preseleccionado. El acumulador se restablece (0) cuando las condiciones del renglón se hacen falsas. Es decir, una vez que el contacto (B3:0/0) activa el temporizador empieza a contar el valor seleccionado (Preset = 5) en la base de tiempo especificada (1.0 s.). La base de tiempo puede ser de 0.001 s., 0.01 s. y 1.00 s. Una vez el valor acumulado es igual al preseleccionado se activa el bit llamado T4:0/DN (temporizador efectuado). Este lo podemos utilizar como condición en la rama siguiente.



CTU

Contador (CTU - *Count Up*): se usa para incrementar un contador en cada transición de renglón de falso a verdadero. Por ejemplo, esta instrucción cuenta todas las transiciones de 0 a 1 de la variable colocada en el contacto normalmente abierto. Cuando ese número sea igual al preseleccionado (6 en este caso) el bit C5:0/DN se activa. Este bit se puede usar posteriormente como condición en otro renglón del programa.



3.1.3 Diseño del programa de control

La idea principal del diseño del programa consiste en un escalamiento de valores, dependiendo del número de botellas que se estén llenando en la máquina crítica (llenadora), se aumentará o disminuirá la velocidad en los transportes. (Fig. 3.6)

Los cuatro sensores ubicados en la línea hacen que el programa reduzca la velocidad en los transportes si existe una acumulación de botellas en los mismos, la conexión de los sensores al PLC se ve en la figura. 3.5.

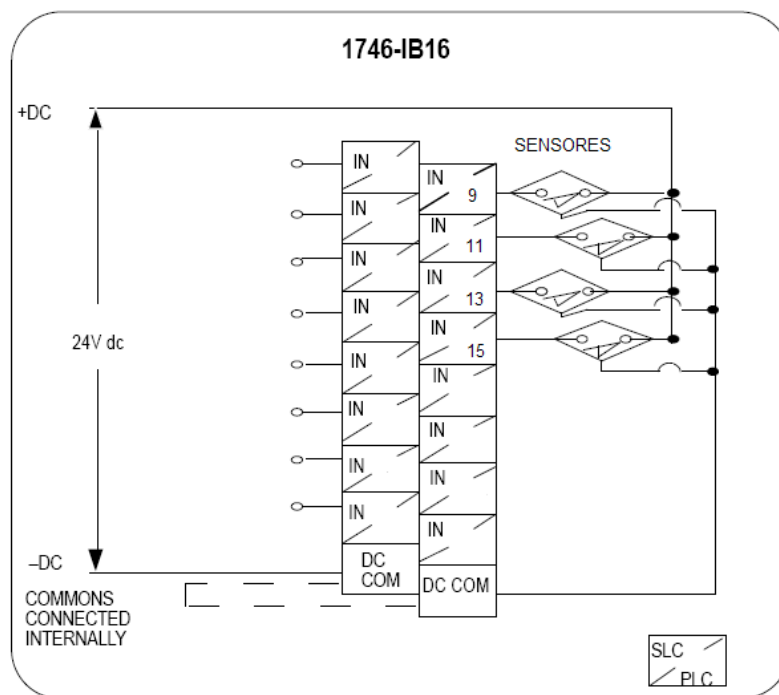


Figura 3.5 Entrada sensores al PLC

A continuación se explica el proceso de escalado para una salida analógica del módulo 1746 NO4I. El módulo analógico de 4 salidas de corriente está colocado en el slot número 10 del chasis del PLC, cada salida puede entregar un rango de corriente de 4mA hasta 20 mA, esta salida está conectada a uno de los cuatro variadores de frecuencia “maestros” que controlan todo el proceso y que dos de estos variadores tienen a sus variadores esclavos correspondientes (Tabla 3.1).

VARIADOR MAESTRO	PROCESO	NÚMERO DE VARIADOR ESCLAVO			
			PROCESO		PROCESO
4	ENTRADA PET	2		3	
			ENTRADA CARGA PET 1		MESA DE CARGA
11	SALIDA LLENADORA	-	-	-	-
12	ENTRADA ETIQUETADORA	-	-	-	-
14	SALIDA ETIQUETADORA	15	ENTRADA TERMOFIJADORA 1	16	ENTRADA TERMOFIJADORA 2

Tabla 3.1 Variadores maestros con sus respectivos esclavos

La tabla 3.2 identifica los límites de salida de corriente para los canales de salida, el número de bits significativos para aplicaciones que usan límites de salida menores que la escala completa, y su resolución, para el módulo analógico 1746 NO4I.

LÍMITES DE CORRIENTE	REPRESENTACIÓN DECIMAL PARA LA PALABRA DE SALIDA	NÚMERO DE BITS SIGNIFICATIVOS
4 a +20 mA	6242 a +31208	12.6 bits

Tabla 3.2 Conversión de salida analógica para el módulo 1746 NO4I

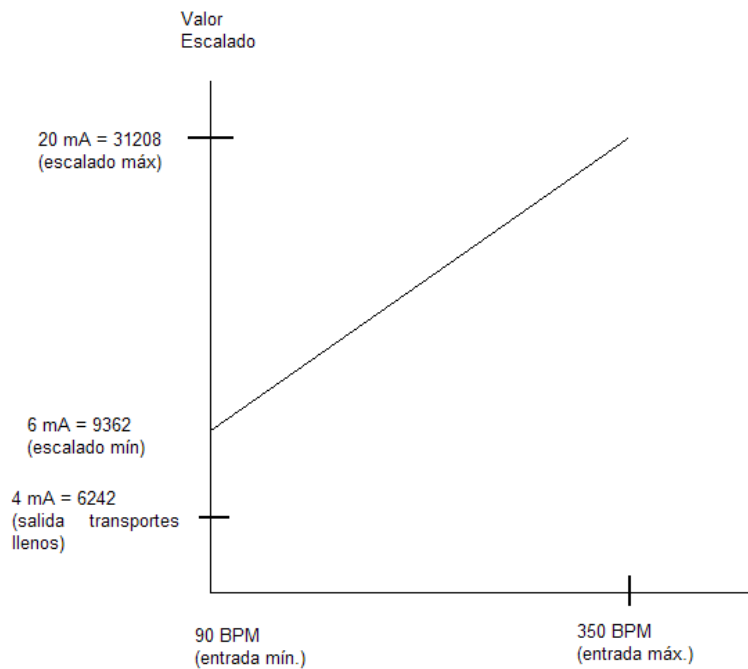


Figura 3.6 Escalamiento de valores¹⁹

¹⁹ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Módulos de E/S analógicas, SLC 500 (Cat. Nos. 1746-N4I, -NIO4I, -NIO4V, -NO4I, -NO4V)* Publicación 1746-6.4ES – Enero 1996

El valor de salida de corriente seguirá una ecuación lineal (figura 3.6), dependiendo del valor de entrada, este valor de entrada corresponde al número de botellas por minuto (BPM), con el que esté trabajando la llenadora (máquina crítica) de la línea de envase, y será ingresado por el operador de la llenadora mediante el Panel View 1000 cada vez que se cambie de producto a envasar, ya que el número de botellas por minuto es diferente para cada producto, como se observa en la figura 3.6 el valor de entrada mínimo es 90 BPM y el valor máximo es de 350 BPM, estos valores son los límites mínimo y máximo respectivamente con los que se trabaja actualmente en la llenadora. Para obtener los valores de corriente con estos números de botellas por minuto se hace una regla de tres simple.

El programa cargado en el PLC hace que las salidas analógicas entreguen un valor de corriente dependiendo del número de botellas por minuto con que se este trabajando en la llenadora.

$$y = mx + b$$

Donde:

y = valor escalado

m = pendiente

x = valor de entrada

b = offset (cruce con el eje y)

Y de donde podemos hacer las siguientes deducciones:

$$m = \frac{(\text{escalado_máximo} - \text{escalado_mínimo})}{(\text{entrada_máxima} - \text{entrada_mínima})}$$

$$m = \frac{(31208 - 9362)}{(350 - 90)} = \frac{21846}{260}$$

$$\text{Offset} = \text{escalado_min} - (\text{entrada_min} * \text{pendiente})$$

$$\text{Offset} = 9362$$

Luego queda:

$$y = (\text{valor_de_entrada} - 90) \left(\frac{21846}{260} \right) + 9362$$

Por lo que podemos ver que a mayor número de BPM la salida de corriente será mayor y lo contrario a un número menor de BPM, esto hará que el variador de frecuencia conectado a esta salida analógica funcione en un rango de velocidades que están programadas en el variador, esto se menciona en el apartado 3.2.

3.1.4 Estructura del programa de control

El programa global creado se subdivide en varios archivos de programa. Como se va a reutilizar un PLC que actualmente controla la llenadora de la línea de envase KHS,

se aumentarán varios “lads” al programa original del PLC, los cuales controlará los transportes.

En la figura 3.7 se ve el flujograma del programa de control.

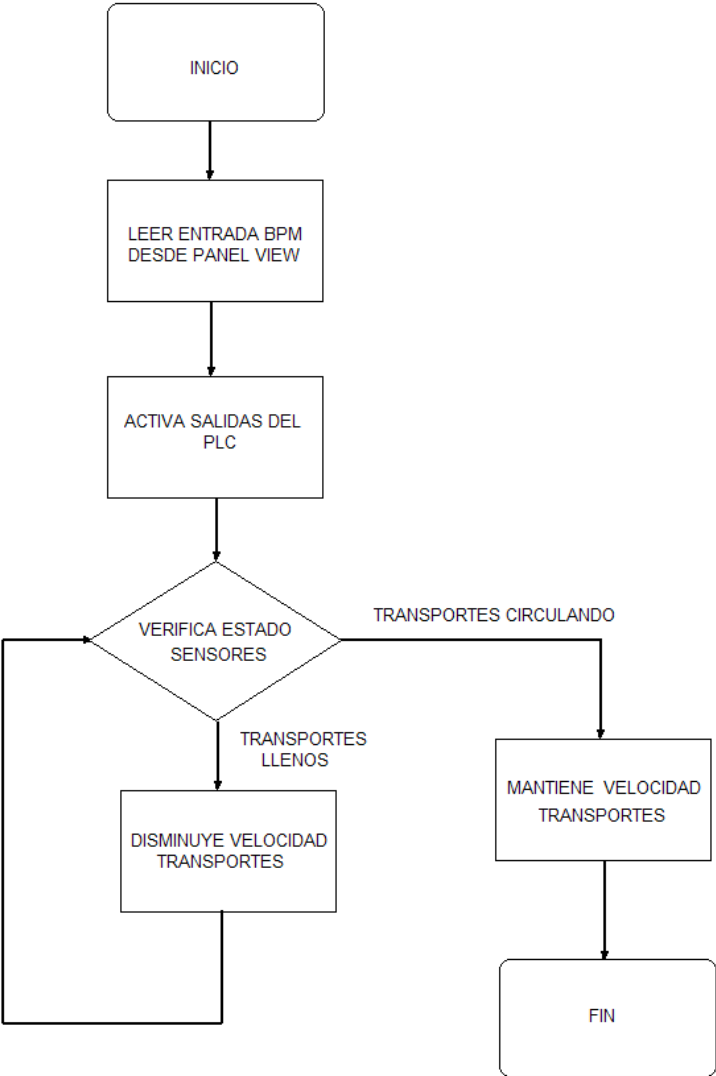


Figura 3.7 Estructura del programa de control

A continuación se detalla brevemente la función de cada uno de los “lads” creados en el desarrollo del programa (Anexo A3).

1) LAD 2 – PRINCIPAL

Aquí se encuentran las rutas a las subrutinas que controlan la llenadora (“lads” 2 a 42) y los transportes de la línea (“lads” 43 a 47)

2) LAD 2-42 CONTROL DE LA LLENADORA

En estos “lads” se encuentra la programación que controla la llenadora de la línea de envase.

3) LAD 43 RUTAS SUBRUTINAS CONTROL TRANSPORTES

Aquí están las instrucciones para ir a las 4 subrutinas creadas para controlar todo el sistema.

4) LAD 44 - 47 SALIDAS ANALÓGICAS

Aquí están las instrucciones para controlar las cuatro salidas analógicas que controlan todo el proceso de regulación automática de velocidad, dependiendo del número de botellas con los que se trabaja en la llenadora.

En el Anexo A3 se adjunta el programa ladder para este proceso.

3.2 PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Todos los motoredutores serán controlados por cuatro variadores de frecuencia “maestros”, y estos controlaran a otros variadores esclavos como se observa en la tabla 3.1. Para los dos tipos de variadores que están instalados en la línea de envasado que son Danfoss VLT 2800 y VLT 3000, la programación es la misma, por lo que se hará una explicación que corresponde a un solo variador. Para ver un diagrama completo de la conexión de los variadores de frecuencia vea el Anexo B3.

Como se explicó en el apartado 3.1.3 la salida analógica del módulo 1746 NO4I entrega de 4 a 20 mA, dependiendo del número de botellas con que se este trabajando en la llenadora, esta salida se conecta al terminal 60 de los bornes del variador de frecuencia (Figura 3.8) y este debe estar configurado para recibir esta señal y adaptarla a valores de salida de frecuencia, por ejemplo una variador puede estar configurado para que cuando reciba una señal de 6mA este funcione a 30Hz y cuando reciba una señal de 20mA este funcione a 40Hz, igual el rango de frecuencias intermedias seguirá una escala lineal como en el caso de la corriente.

En caso de existir una acumulación o falta de botellas por más de 10 segundos será detectado por uno de los sensores, si esto sucede el PLC hace que el módulo analógico entregue una salida de 4 mA haciendo que el variador de frecuencia reduzca la velocidad a un mínimo, hasta que nuevamente el sensor detecte que ya existe circulación de botellas haciendo que vuelva a condiciones normales de trabajo.

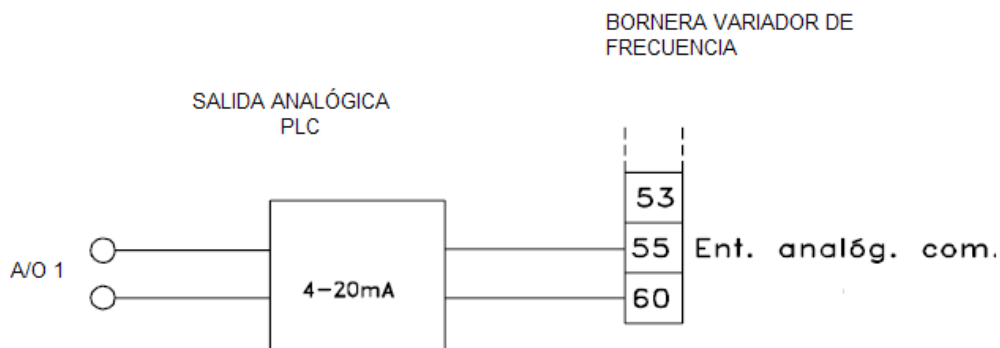


Figura 3.8 Bornera variador frecuencia

Un variador maestro una vez que reciba la señal del PLC trabajará a una frecuencia establecida previamente, este a su vez está programado para que entregue una señal analógica de corriente de salida que corresponda a un valor de 4 a 20 mA, y este valor está relacionado con la frecuencia con la que está trabajando dicho variador. Por ejemplo si la frecuencia mínima de funcionamiento programada es 30 Hz la salida analógica del variador dará un valor de 4mA y si la frecuencia máxima es de 40Hz la salida analógica nos dará un valor de 20 mA, y lo mismo sucederá con los valores intermedios.

Ahora esta señal de salida analógica (terminal 42 en la bornera del variador) figura 3.9, será conectada a un variador esclavo (terminal 60), y este a su vez a otro y así como resultado tenemos una cadena de variadores (Figura 3.10b).

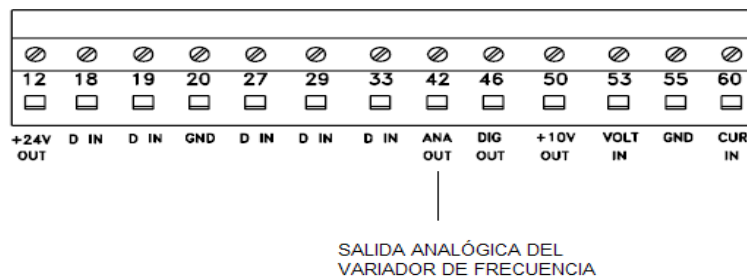


Figura 3.9 Bornera de control del variador de frecuencia

En la figura 3.10a, se muestra un esquema de la conexión de todos los elementos que conformaban el sistema, y en la figura 3.10b los elementos que se implementó para la regulación de velocidad, (en el anexo 4 se puede ver el diagrama completo de la ubicación de todos los motoredutores en la línea de envase).

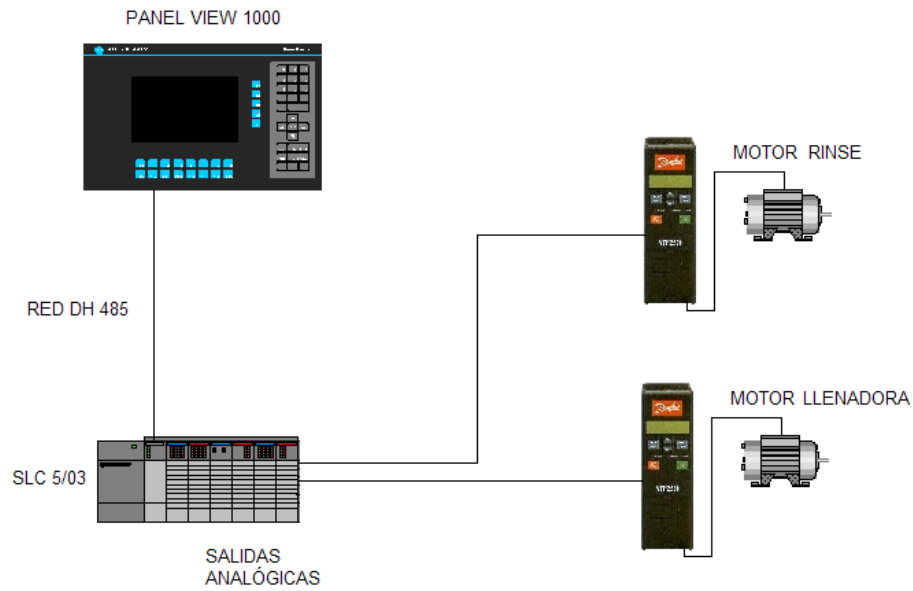


Figura 3.10a Esquema original del PLC

Como se observa en la figura 3.10a el plc estaba sobredimensionado para las aplicaciones que tenía, la diferencia es muy notoria comparada con el sistema que se implementó en la línea de envase.

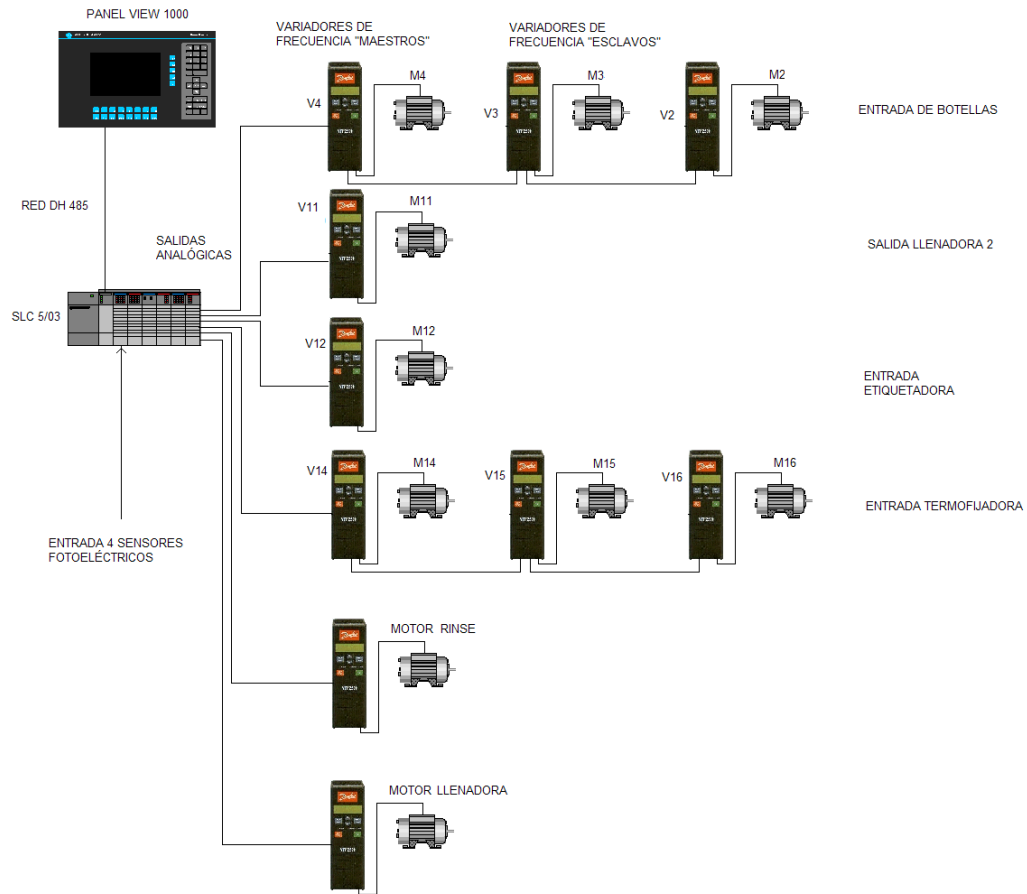


Figura 3.10b Esquema de la conexión de los variadores de frecuencia

3.3 PROGRAMACIÓN PANEL VIEW 1000

El software para la programación del Panel View 1000 es el Panel Builder 32, como se menciona en el apartado 1.7.3. Cada aplicación de Panel Builder (archivo .PBA) se asocia con un proyecto. El proyecto identifica:

- Direcciones de controlador a las que los objetos de Panel Builder escriben a, o leen de. (Las etiquetas se definen en el Editor de Etiquetas (tags).)
- Tiempo de ejecución de parámetros de comunicación para el terminal Panel View y controlador. (Los dispositivos se definen en Configuración del Terminal.)

Aplicaciones diferentes pueden compartir etiquetas en un proyecto si las aplicaciones son del mismo protocolo de comunicación.

Para realizar la descarga del programa desde una PC hasta el Panel View se utiliza un convertidor de interfase 1747PIC, el terminal Panel View 1000 se comunica con el PLC mediante el puerto de comunicaciones DH-485, en la figura 3.11 se ve un esquema completo de lo mencionado anteriormente.

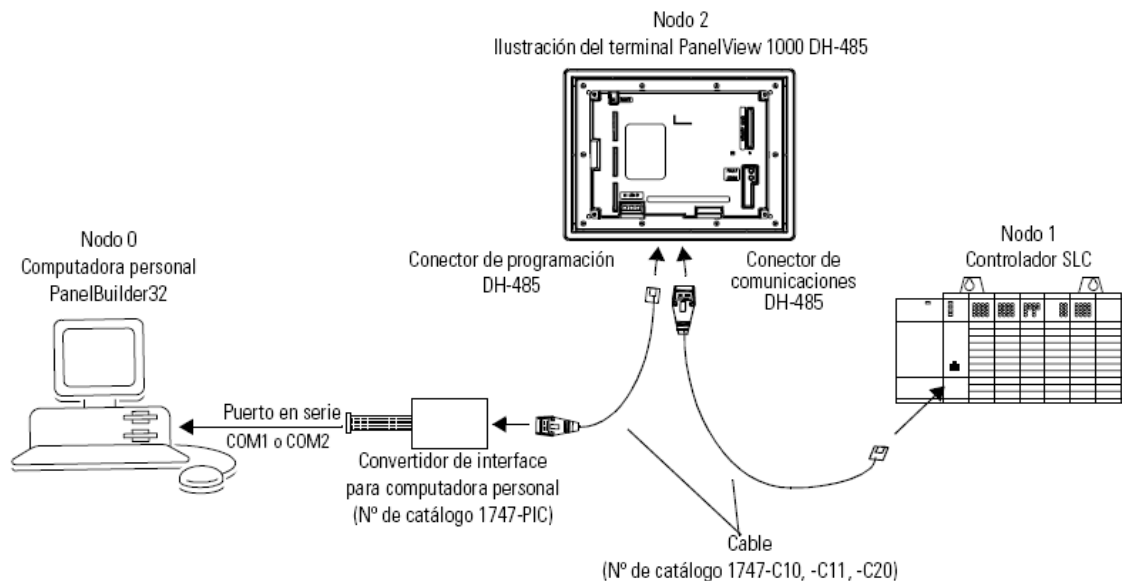
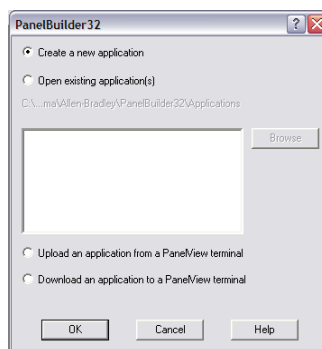


Figura 3.11 Red de comunicaciones DH 485

3.3.1 Creación de una nueva aplicación²⁰

En los siguientes párrafos se hace una breve explicación para crear una pantalla en el software Panel Builder 32. Se va a crear una pantalla para el control de la velocidad de los transportes en el panel de operador que controla la llenadora.

Al abrir el programa Panel Builder 32 aparece le diálogo crear una nueva aplicación o abrir una existente, en nuestro caso estamos modificando una aplicación existente así que seleccionamos abrir.



La pantalla principal del programa a modificar se muestra en la figura 3.12

²⁰ ALLEN BRADLEY – ROCKWELL AUTOMATION, *Software PanelBuilder (Cat. Nos. 2711-ND3ES)*
Publicación 2711-6.0ES

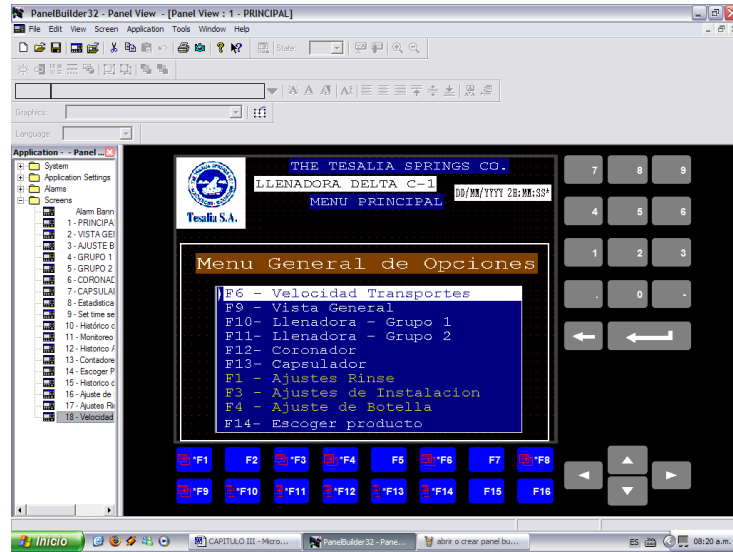


Figura 3.12 Pantalla principal del programa

En la parte izquierda de la figura anterior se ve el árbol del proyecto, en la parte superior en el menú principal está la pestaña SCREEN en la cual hacemos clic y creamos una nueva pantalla, la cual aparece en el árbol del proyecto en este caso la pantalla creada es “Velocidad Transportes”.

En esta pantalla creamos los botones para la selección del producto a envasar los cuales activarán en el PLC las subrutinas de regulación de velocidades, estos serán accionados al presionar las teclas F1 a F5, en el panel de operador respectivamente, para esto debemos crear y asignar “tags” (etiquetas) que son direcciones las cuales interactúan entre el plc y panel de operador y viceversa.

Para crear estos nuevos “tags” en el menú principal seleccionamos Tools/Tag editor y se abre la pantalla que se muestra en la figura 3.13.

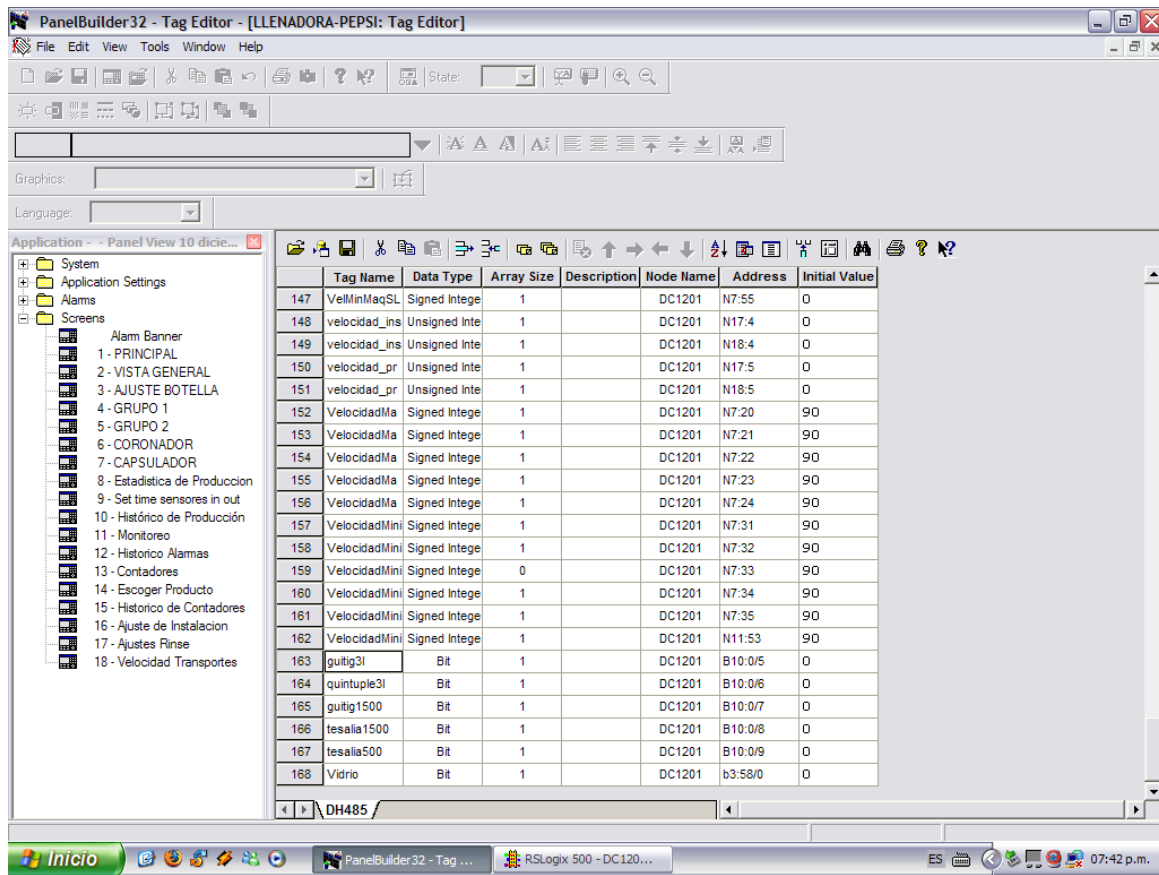


Figura 3.13 Pantalla editor de tags

En esta pantalla creamos los tags que vamos a utilizar en la implementación del proyecto, estos son “3lquintuple”, “3lguitig”, “guitig1500”, “guitig500” y “tesalia1500”, estos tags no interfieren con el funcionamiento de los tags que controlan la llenadora. A estos “tags” además debemos darles la dirección del nodo con el cual deben comunicarse, en este caso el PLC que controla el proceso esta nombrado como DC1201, además se debe especificar que tipo de variable es y la dirección de esa variable en el PLC en nuestro caso son variables del tipo BIT que son desde B10:0/5 a (B10:0/9) respectivamente. Estos tags son los que activarán o desactivarán las subrutinas del PLC para el control de los transportes.

Además se crearon unos displays para ver la velocidad con la que está trabajando la llenadora (Figura 3.14).

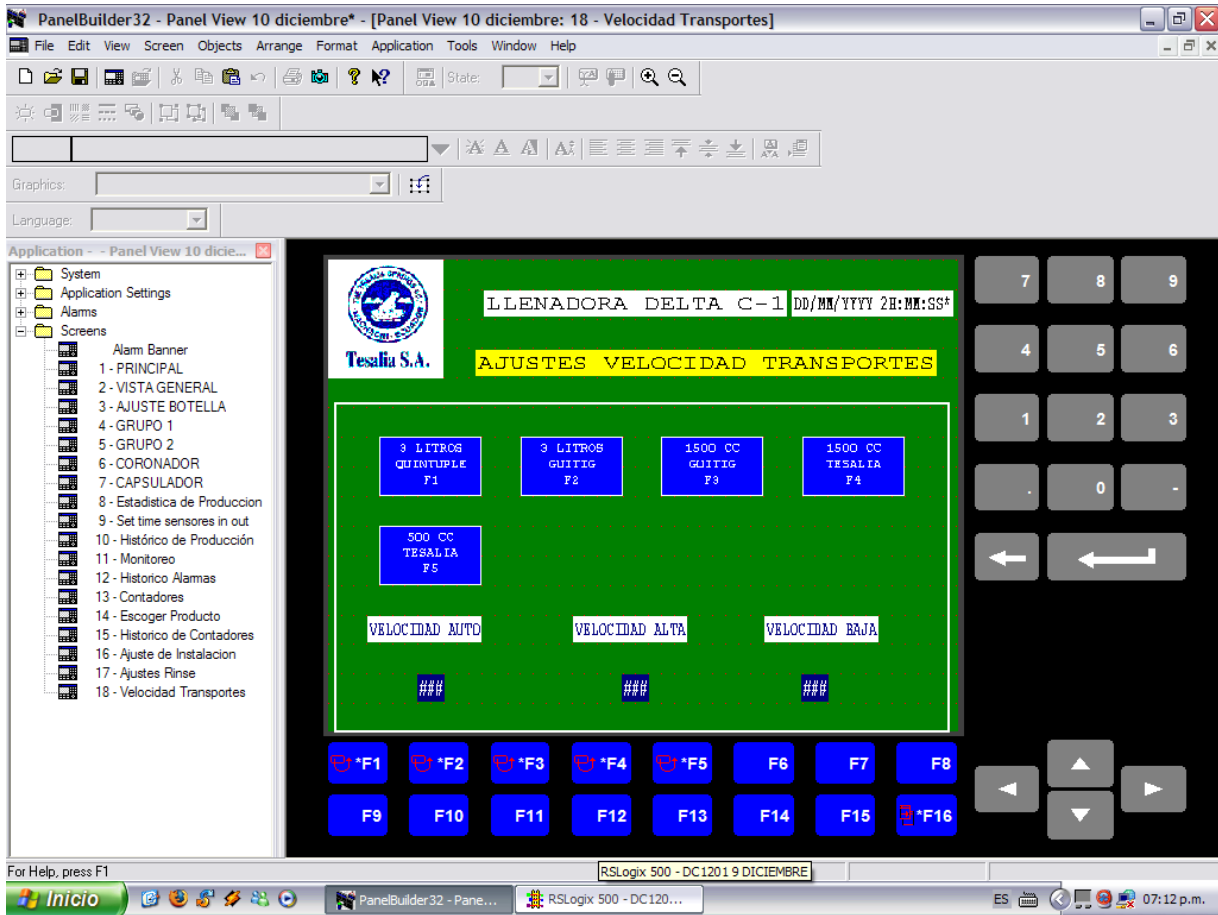


Figura 3.14 Pantalla para el control de los transportes

A esta pantalla creada se accede desde la ventana principal (Figura 3.12) pulsando desde el teclado del Panel View la tecla F6, esta ventana se comunica con el PLC mediante la Red DH 485, y le ordena al PLC activar o desactivar las subrutinas que controlan la velocidad en los transportes, desde aquí se envía la velocidad con la que está trabajando la llenadora almacenada en una variable, N7:1 (como se puede ver en el programa del PLC (ANEXO A3), y dependiendo de este valor de entrada los valores de corriente de salida del módulo NO4I del PLC van a variar.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EN LA LÍNEA DE ENVASE

4.1.1 Establecer la comunicación con el PLC mediante el software RSLinx

Para empezar se debe realizar la comunicación entre el PLC el Panel View 1000 y la PC desde donde vamos a descargar los programas elaborados, para eso utilizamos el dispositivo PIC 1747 PIC/AIC (Figura 4.1a) el cual debemos escoger en el software RSLinx (Figura 4.2), este dispositivo se conecta entre el puerto serial de la PC y el módulo de comunicaciones 1747 AIC que está conectado al PLC SLC 5/03 (Figura 4.1b) el cual controla el sistema implementado en los transportes, una vez realizado esto verificamos que en la pantalla del software RSLinx aparezcan los dos dispositivos a los que descargaremos los programas elaborados (Figura 4.3).



Figura 4.1a Dispositivo 1747 PIC/AIC

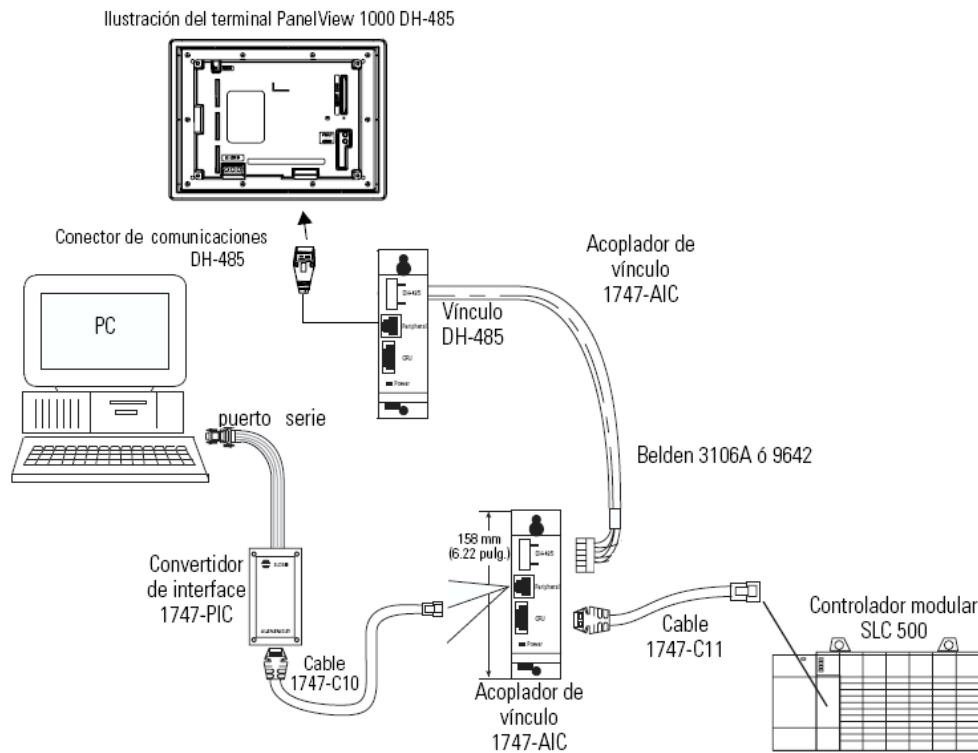


Figura 4.1b Descarga programa al PLC y Panel View

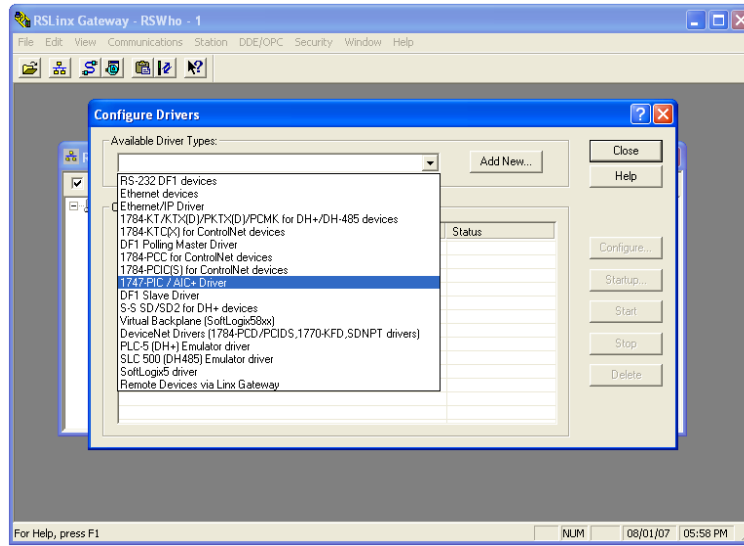


Figura 4.2 Selección del driver para el dispositivo 1747 PIC/AIC

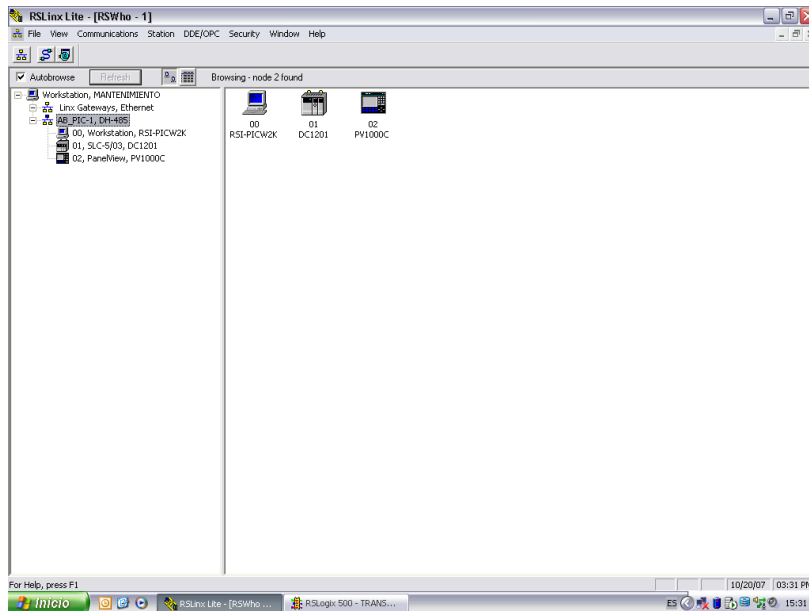


Figura 4.3 Pantalla principal RSLinx

4.1.2 Descarga del programa al PLC y Panel View 1000

El PLC que se utiliza para el control del sistema de transportes ha sido asignado al nodo 1(DC 1201) y se encuentra en red con el Panel View 1000 (nodo 2, Llenadora Pepsi) mediante una red DH 485.

El programa se descarga a la CPU (en modo Programa) del PLC, comprobando mediante RSLinx que se detecta el PLC (nodo 1) figura 4.3, y realizando un “Descargar” a este PLC desde RSLogix 500 figura 4.4.

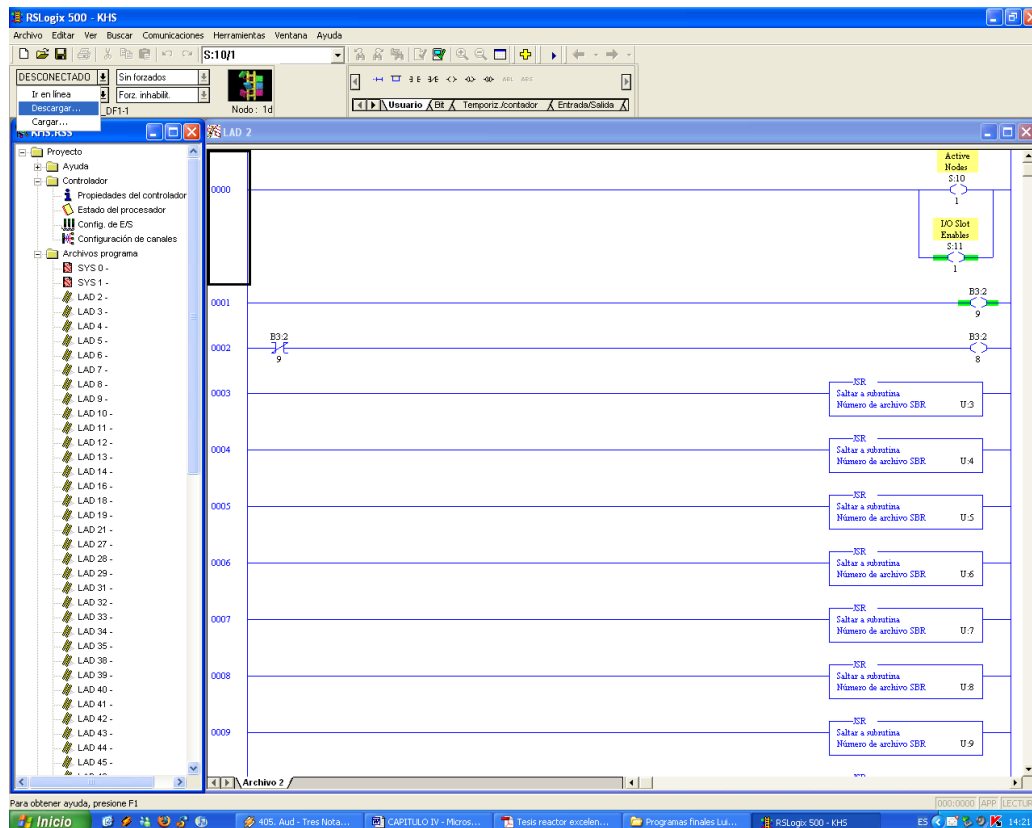


Figura 4.4 Pantalla principal RSLogix 500

Luego para descargar el programa para el Panel View 1000, abrimos el software Panel Builder 32, y luego seleccionamos File > download > RSLinx Network, y seleccionamos el dispositivo al cual se va a descargar el programa (Figura 4.5).

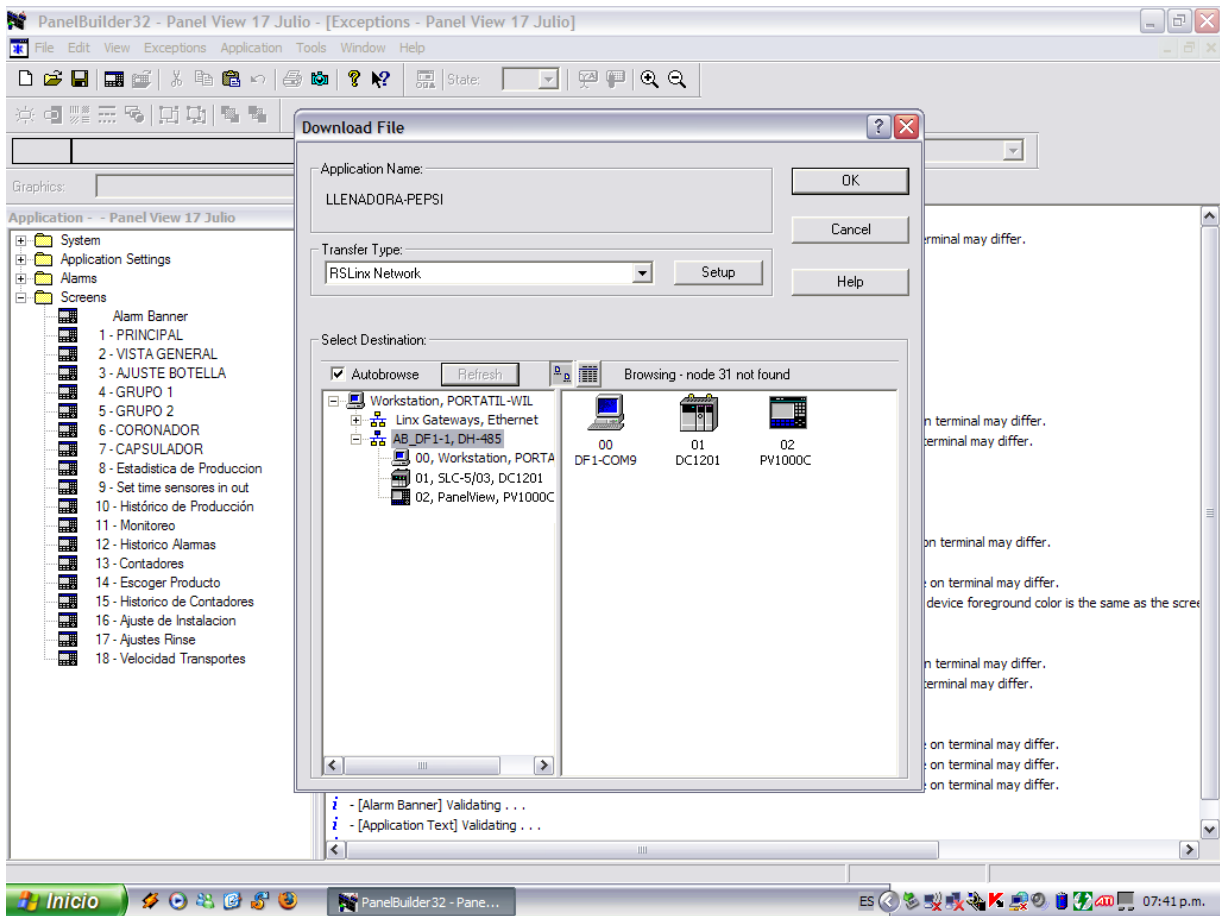


Figura 4.5 Pantalla principal Panel Builder 32

4.1.3 Colocación y verificación de los elementos del sistema

Para los cuatro sensores y sus espejos se construyeron unas bases en acero inoxidable para su posterior empotramiento en los diferentes lugares de la línea de envase. Luego se realizó el cableado desde los sensores hacia la fuente de alimentación (Anexo B1), y hacia la entrada del PLC (módulo 1746 IB16).

Una vez hecho esto se cableó desde las salidas analógicas del PLC (módulo 1746 NO4I) a los 4 variadores de frecuencia maestros y de éstos a sus respectivos variadores esclavos. Vea un diagrama completo de la línea de envase en el Anexo B3.

Después de haber realizado todas las operaciones nombradas anteriormente se verifica que los 4 sensores ubicados en diferentes partes de la línea de envase funcionen correctamente, para eso el PLC debe estar recibiendo estas cuatro señales en el módulo 1746 IB16 (slot N. 5).

Luego se comprueba que existe variación en las salidas de corriente en el módulo 1746 NO4I (slot N. 10), al variar la entrada de número de botellas (BPM) en el Panel View 1000. Seguido se ve si los variadores de frecuencia funcionan correctamente, dependiendo del número de botellas ingresadas desde el Panel View.

4.1.4 Calibración y pruebas del sistema

Para realizar la primera prueba habilitamos solo la subrutina que se encuentra en el "lad" 44 que corresponde al tramo de entrada de botellas (pet), forzando un contacto auxiliar B10:1/4 que fue colocado temporalmente en el programa figura 4.6.

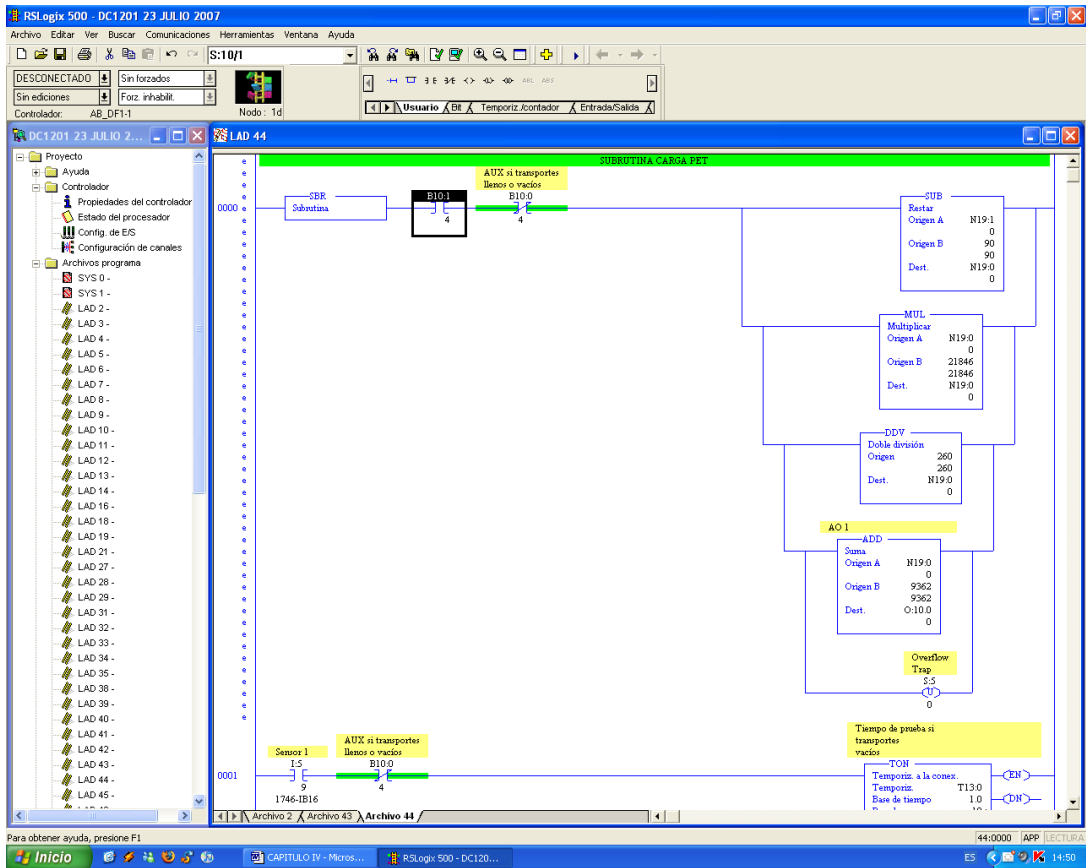


Figura 4.6 Programa transportes

La primera prueba fue en vacío es decir sin botellas en los transportes, empezando con unos rangos de frecuencia muy altos como se puede ver en la tabla 4.1, luego al verificar que la velocidad en los transportes variaba en forma correspondiente al número de botellas (BPM) ingresadas desde el Panel View, se realizaron pruebas ya con botellas en los transportes.

VARIADOR N.	FRECUENCIA LÍMITE INFERIOR (Hz) (Entrada analógica 6 mA) 90 BPM	FRECUENCIA LÍMITE SUPERIOR (Hz) (Entrada analógica 20mA) 350 BPM
4	14	75
3	12	73
2	10	70

Tabla 4.1 Rangos de frecuencia iniciales

Al ingresar al Panel View el valor de 350 BPM la velocidad en los transportes fue muy alta y esto ocasionaba la caída de botellas en los transportes, de igual forma al ingresar el valor de 90 BPM, las botellas se acumulaban demasiado por tanto la conclusión fue de reducir este rango de frecuencias. Luego de realizar varias pruebas, se llegó a determinar un rango de frecuencias con los que esta primera etapa de los transportes de la línea funciona correctamente (Tabla 4.2).

VARIADOR N.	FRECUENCIA LÍMITE INFERIOR (Hz) (Entrada analógica 6 mA) 90 BPM	FRECUENCIA LÍMITE SUPERIOR (Hz) (Entrada analógica 20mA) 350 BPM
4	24	30
3	26	35
2	28	40

Tabla 4.2 Rangos de frecuencia finales

Una vez realizada las pruebas en el primer tramo de la línea de envase (Carga de botellas), se realizaron las pruebas los otros tres tramos restantes de la línea, con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el primer tramo se obtuvo un rango de frecuencias más pequeño para empezar a realizar las siguientes pruebas. Igual que con lo sucedido en el primer tramo se habilito las tres subrutinas restantes al forzar el contacto auxiliar B10:1/4, y tras realizar las pruebas igual ocurrieron los mismos problemas como caída y acumulación de botellas y también falta de botellas a la entrada de la máquina etiquetadora y temofijadora debido a velocidades muy bajas. Pero luego de las respectivas calibraciones en los rangos de frecuencia en los variadores se logró un funcionamiento óptimo en los transportes de la línea de envase, estos valores se muestran en la tabla 4.3.

VARIADOR N.	FRECUENCIA LÍMITE INFERIOR (Hz) (Entrada analógica 6 mA) 90 BPM	FRECUENCIA LÍMITE SUPERIOR (Hz) (Entrada analógica 20mA) 350 BPM	FRECUENCIA MÍNIMA (Hz) (Entrada analógica 4mA)
4	24	30	20
3	26	35	20
2	28	40	20
11	25	31	20
12	29	35	20
16	22	26	20
15	22	26	20
14	29	35	20

Tabla 4.3 Frecuencias de funcionamiento

En los valores de la tabla anterior se puede ver claramente el concepto de gráfica en “V”, mencionado en el apartado 2.1.3, que dice que a mayor distancia de la máquina crítica (llenadora), la velocidad en los transportes debe aumentar.

La columna que indica los valores de frecuencia mínima son los valores a los que la velocidad en los transportes baja cuando existe una acumulación o falta de botellas en los mismos, estos valores no pueden reducirse más ya que en ese caso los motores se calienta debido al aumento de corriente en los mismos.

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

En este apartado se realiza un análisis del coste económico del desarrollo y ejecución del proyecto presentado en este trabajo.

El coste total para el proyecto en cuestión engloba los siguientes aspectos:

- Costo de materiales y productos de automatización
- Costo de mano de obra y desarrollo del proyecto

Costo de materiales y productos de automatización

Se engloban en este apartado todos los costes, a precio de mercado, de todos los materiales necesarios para la implementación del sistema, así como el cableado y soportes para los sensores.

La tabla 4.4 refleja los costes asociados a todos estos materiales.

CANT.	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
4	Sensor fotoeléctrico reflex M18 para material transparente PNP/NO/NC/ tipo cable	98	392
4	Espejo 50x50mm para sensor fotoeléctrico	12	48
1	Módulo de 4 salidas analógicas para PLC Allen Bradley SLC 503	1300	1300
8	Tubos conduit de ½"	13,59	108,72
2	Rollo cable 4x18 (100m)	120	240
1	Mano de obra y desarrollo del proyecto	2000	2000
Total \$ USD			4088,72

Tabla 4.4 Costos realizados en la implementación del sistema

Con el análisis de costes realizado se llegó a la conclusión de que el dinero invertido en el proyecto es fácilmente recuperable como se muestra a continuación:

Para realizar el cambio de formato (tamaño y tipo de botella), dependiendo del producto a envasar, una vez que arrancaba la línea el tiempo cronometrado que le tomaba al operador de la línea en regular las velocidades en los transportes al manipular los variadores de frecuencia era de dos minutos, estos dos minutos convertidos en dólares se muestran en la tabla 4.5.

PRODUCTO	BPM	VALOR UNITARIO EN EL MERCADO \$ USD	MINUTOS GANADOS POR MES	VALOR TOTAL \$ USD
3L Negrita	120	0.93	2	223.2
3L Manzana	127	0.93	2	223.2
3L Piña	120	0.93	2	223.2
3L Guitig	156	0.75	2	234
Tesalia 500 cc	220	0.20	2	88
Total \$ USD				991

Tabla 4.5 Valores ganados con la implementación del sistema

Los valores que se muestran en la tabla anterior fueron tomados en el lapso de un mes normal de producción, por lo que el valor invertido en la implementación del sistema de regulación de velocidad automática es fácilmente recuperable en aproximadamente cinco meses de producción, si se considera una utilidad del 100%.²¹

²¹ Los costos de producción y utilidad neta son datos confidenciales de la empresa TESALIA.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Como resultado de la implantación del sistema automático de regulación de velocidades en los transportes de la línea de envase KHS, se consigue los objetivos para los cuales fue diseñado como son:
 - Cambiar el sistema de regulación de velocidad manual de las cintas transportadoras de botellas, a un sistema automático de regulación de velocidad.
 - Encontrar un rango de velocidades ideales en las cintas transportadoras, para cada formato (tamaño y tipo de botella) con el que se esté trabajando.
 - Seleccionar los elementos para la implementación del sistema de regulación de velocidad automática.
 - Realizar el montaje de los elementos para la implementación del sistema de regulación de velocidad automática.
- La comunicación entre el PLC y el Panel View 1000 se realiza mediante una red DH 485, mediante acopladores de enlace 1747 AIC.

- Los sensores son fotoeléctricos que detectan objetos transparentes, ya que los envases con los que se trabajan en la línea de embotellado son de plástico PET.
- Las señales analógicas de salida del PLC proporcionan un control más fino a los variadores de frecuencia.
- Se hizo un estudio extensivo del proceso de transportes de botellas de la línea de envase, enfocándose en los lugares donde existe mayor acumulación de botellas para la ubicación de los sensores.
- Las calibraciones y puesta a punto del sistema, siguió un método experimental, es decir se realizaron muchas pruebas con los diferentes tamaños de botellas para regular los límites de frecuencia máximo y mínimo en los respectivos variadores.
- Este proyecto servirá como base para la implementación de este sistema en todas las líneas de envasado de la empresa TESALIA.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al descargar el programa en el PLC debe grabarse en la memoria EPROM ya que si no se hace esto en caso de una pérdida de energía eléctrica y su reinicio, el PLC entra a modo de fallo.
- La ubicación del sensor con respecto a su respectivo espejo no debe ser paralela ya que no detecta el paso de las botellas por los transportes.
- Para el uso de los diferentes módulos usados en el PLC, se deben seguir todos los pasos indicados en el manual de usuario, para evitar un mal funcionamiento.
- Para las salidas de corriente del módulo analógico se debe usar cable apantallado para la conexión con los variadores de frecuencia, ya que en los tableros donde está ubicado el PLC existe mucho ruido y las señales pueden variar.
- Se deben colocar las respectivas protecciones eléctricas para los diferentes elementos de control usados en la implementación del sistema.
- No se deben mezclar distintos tipos de acopladores de enlace inclusive de la misma marca, ya que no son compatibles, y la comunicación entre dispositivos de la red DH 485 no será posible.
- Antes de realizar cualquier proyecto en los que se utilice un PLC o variadores de frecuencia, tener muy en cuenta los factores ambientales en los que estos dispositivos trabajaran, debido a que no todos los dispositivos soportan ciertas condiciones ambientales como son, contaminación del aire por CO₂, humedad entre otros.