



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE LLENADO VOLUMÉTRICO,
UTILIZANDO ESTÁNDAR ASi, BAJO NORMA IEC 61131-3, PARA EL LABORATORIO DE
EIECRI”

TÉSIS DE GRADO

**Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Presentado por:

**ORTIZ MOREANO JESSICA SOFÍA
DUCHICELA GOYES FRANCISCO ALEJANDRO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

Ante todo agradecemos a Dios por permitirnos llegar a esta fase de nuestras vidas, a los maestros que hemos encontrado en el trayecto de nuestros estudios puesto que ellos nos brindaron sus conocimientos y sabiduría.

En Especial a Ing. Diego Barba, Ing. Franklin Moreno, Ing. Marco Viteri; los cuales nos colaboraron con la realización de nuestra tesis.

Sin dejar a un lado agradecemos a todos nuestros amigos que de una u otra forma nos hicieron notar su apoyo incondicional

Jessica Ortiz, Alejandro Duchicela

A mi amados padres Marcelo Ortiz y Emma Moreano, por su amor, comprensión y sabiduría, por no darse por vencidos los Amo mis papitos. A mi Hermanita Pau por todas las veces que me hizo sentir que todo lo malo tiene solución. A mi Hermano Fede por siempre estar pendiente de su pequeña, sin su presencia todo hubiese sido imposible. Por último, pero no menos importante a mi cosita, por ser quien me impulsó para seguir en mi último escalón como estudiante.

Son la perfecta combinación para mi vida.
Los Amo

Jessica

A mi familia por su comprensión y buenos deseos, en especial a mis padres Francisco Duchicela, Jacqueline Goyes, ya que sin su apoyo incondicional durante todo este tiempo no hubiera logrado cumplir este objetivo, a mis amigos quienes me brindaron su compañía y me apoyaron en lo que necesitaba, a mis maestros por compartir sus conocimientos.

Alejandro

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Paúl Romero

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Ing. Diego Barba

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Franklin Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DEL DPTO
DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE LA TESIS

“Nosotros **JESSICA SOFÍA ORTIZ MOREANO Y FRANCISCO ALEJANDRO DUCHICELA GOYES**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Jessica Sofía Ortiz Moreano.

Francisco Alejandro Duchicela Goyes.

INDICE DE ABREVIATURAS

A	Amperios
APM	Alternating Pulse Modulation (Alternar modulación de pulso)
ASIC	Application-specific integrated circuit (Circuito integrado de aplicación específica)
AS-i	Actuador Sensor Interface
BUS	Canal de datos
CAN	Controller Area Network (Controlador de área de red)
CB	Control bit (Bit de control)
CC	Centímetros Cúbicos
CDI	Imagen de datos de configuración
Click-and-Go	Instalar y en marcha
CM³	Centímetro Cúbico
CPU	Unidad central de proceso
DBMS	Sistema Administrador de Base de Datos
E/S	Entrada / Salida
EB	End Bit (Bit final)

EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM programable y borrada eléctricamente)
FIP	Factory Instrumentation Protocol (Protocolo de Instrumentación de fábricas)
Flag offline	bandera de desconexión
GATEWAY	Puerta de enlace
HMI	Human Machine Interface (Interface humano máquina)
IDI	imagen de datos de entrada
IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional)
In	Corriente nominal
IP	International Protection (Protección internacional)
LAS	Lista de esclavos activos
LDR	Light Dependent Resistor, (Resistor Dependiente de la Luz)
LDS	Lista de esclavos detectados
m	metros
mm	milímetros
ms	mili segundos
N	Newton

NTC	Negative Temperature Coefficient (Coeficiente de temperatura negativa)
ODI	imagen de datos de salida
Offline	Desconexión
PB	Bit de paridad
PC	Computadora personal
PI	ParameterImage (Imagen de los parámetros)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable)
Power Extender	Extensión de energía
PROFIBUS	Estándar de red de campo abierto
PTC	Positive Temperature Coefficient (Coeficiente de temperatura positivo)
Re	Reynolds
RTU	Unidades remotas de I/O
SB	Start bit (Bit de inicio)
Start – up	inicialización
V	voltios
Vac	Voltaje de corriente alterna
Vcc	Voltaje de corriente continúa

Vdc Voltaje de corriente directa

Ω Ohmios

μ s microsegundos

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Problematicación	19
1.3. Justificación.....	20
1.3.1. Justificación Teórica.....	20
1.3.2. Justificación Pedagógica.....	21
1.4. Objetivos.....	21
1.4.1. Objetivo General	21
1.4.2. Objetivo Especifico.....	21
1.5. Hipótesis.....	22

CAPITULO II

AS-i (Actuador Sensor Interface)

2.1. Introducción	23
2.2. Historia y evolución	25
2.3. Red AS-i.....	26
2.3.1. Conexión de la Red AS-i.....	27
2.3.2. Redundancia	28
2.3.3. Modulación	28
2.3.4. Acceso al Medio.....	30
2.3.5. Tratamiento de errores	34
2.3.6. Etapa de Transmisión.....	35
2.3.7. Inicialización.....	35
2.3.8. Puesta en marcha Start-Up	36
2.4. Características Principales.....	39
2.5. Limitaciones de la red AS-i.....	41
2.6. Componentes de la red AS-i.....	42
2.6.1. Maestro AS-i.....	42
2.6.1.1. Nivel de Transferencia Física.....	44
2.6.1.2. Nivel de Control de la Transmisión.....	45
2.6.1.3. Nivel de Control de Ejecución.....	45
2.6.1.3.1. Grupo de datos.....	46
2.6.1.3.2. Funciones del Maestro.....	47
2.6.2. Esclavos	47
2.6.3. Cable AS-i.....	50
2.6.3.1. Cables Auxiliares	51
2.6.4. Fuente de Alimentación.....	53
2.6.4.1. Características	54
2.6.5. Componentes Adicionales	55
2.6.5.1. Repetidores	55
2.6.5.2. Pasarelas	57
2.6.5.3. Dispositivo direccionador	58

2.7. Topología de Red	59
CAPITULO III	
DOSIFICACIÓN DE LIQUIDOS	
3.1. Introducción	61
3.1.1. Dosificado volumétrico.....	62
3.1.2. Dosificado por gravedad a nivel	62
3.2. Clasificación de Fluidos	62
3.2.1. Newtonianos.....	63
3.2.2. No Newtonianos	63
3.3. Propiedades de los Fluidos.....	64
3.3.1. Densidad.....	64
3.3.1.1. Densidad absoluta	64
3.3.1.2. Densidad relativa	64
3.3.2. Peso Especifico.....	65
3.3.3. Viscosidad	65
3.3.3.1. Flujo Laminar	65
3.3.3.2. Flujo Turbulento.....	66
3.3.4. Presión.....	67
3.3.5. Tensión superficial	68
3.3.6. Capilaridad	68
3.4. Numero de Reynolds	69
3.4.1. Cálculos del Numero de Reynolds.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5. Bombas.....	70
3.5.1. Como seleccionar una bomba	71
3.5.2. Curva característica de una bomba	72
3.5.3. Tipos de bombas.....	73
3.6. Caudal.....	73
CAPITULO IV	
SISTEMAS DEL MÓDULO	
4.1. Sistema Eléctrico	75
4.1.1. Sensores.....	76
4.1.1.1. Características	76
4.1.1.1.1. Características Estáticas	76
4.1.1.1.2. Características Dinámicas.....	78
4.1.1.2. Clasificación.....	78
4.1.1.2.1. Según el tipo de señal	78
4.1.1.2.2. Según la naturaleza de la señal.....	79
4.1.1.3. Tipos	81
4.1.1.3.1. Posición, proximidad o presencia	81
4.1.1.3.1.1. Posición.....	81
4.1.1.3.1.2. Proximidad o presencia.....	82
4.1.1.3.2. Desplazamiento o movimiento	85
4.1.1.3.3. Velocidad	87
4.1.1.3.4. Presión y/o fuerza.-	90
4.1.1.3.5. Temperatura:	91
4.1.1.3.6. Luz.-	93
4.1.2. Conductores Eléctricos	96
4.1.2.1. Clasificación.....	97
4.1.2.2. Tipos	98

4.2.	Sistema Neumático	99
4.2.1.	Cilindros Neumáticos	99
4.2.1.1.	Clasificación.....	100
4.2.1.1.1.	Cilindros Lineales	101
4.2.1.1.2.	Cilindros de Giro	101
4.2.1.1.3.	Cilindros Especiales	102
4.3.	Sistema Informático.....	102
4.3.1.	PLC.....	102
4.3.1.1.	Componentes del PLC.....	103
4.3.2.	Norma IEC 61131-3.....	104
4.3.2.1.	Elementos Comunes.....	105
4.3.2.1.1.	Tipos de Datos	105
4.3.2.1.2.	Variables	106
4.3.2.1.3.	Configuración, recursos, tareas.....	106
4.3.2.2.	Lenguajes de Programación	106
4.3.3.	Interfaz grafica	108
4.3.3.1.	Tipos de HMI.....	109
4.3.3.2.	Funciones del HMI	109
CAPITULO V		
DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE LLENADO VOLUMÉTRICO		
5.1	Introducción	112
5.2	Diseño e Implementación de la Estructura del Sistema.....	113
5.2.1	Introducción	113
5.2.2	Elaboración de Estructura en SolidWork	114
5.3	Selección de Sensores y Actuadores.....	115
5.3.1	Calculo y elección de Cilindros	115
5.3.1.1	Cálculo teórico.....	115
5.3.1.2	Cálculo Simulación	118
5.4	Sistema anti retorno de succión y descarga.....	123
5.4.1	Válvula de proceso neumática.....	123
5.4.2	Electroválvula.....	124
5.4.3	Válvula Check.....	125
5.5	Control de Proceso	125
5.5.1	Sensor Magnético	126
5.5.2	Sensor Capacitivo.....	126
5.5.3	Sensor Óptico	127
5.5.4	Flotador	128
5.6	Diseño e Implementación de Red AS-i	128
5.6.1	Cálculo de Red AS-i.....	128
5.6.2	Maestro AS-i.....	129
5.6.3	Esclavo AS-i	130
5.6.4	Fuente de Red AS-i	130
5.6.5	Conectores macho E/S	131
5.6.6	PLC (Telemecanique) TWIDO TWDLCDE 40DRF	132
5.7	Programación.....	133
5.7.1	Diseño de Grafcet	133
5.7.2	Diseño Ladder	134
5.7.2.1	TwidoSuite	134
5.7.2.2	Implementación	136

5.7.3	Diseño HMI	141
5.7.3.1	Lookout 2.20	141
5.7.3.2	Implementación	142
5.7.4	Modbus	146
5.8	Demostración de la Hipótesis.	147
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
RESÚMEN		
ABSTRACT		
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

INDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Nivel AS-i.....	18
Figura II.1 Distribución de la red AS-i.....	24
Figura II.2 Conectividad Red AS-i.....	26
Figura II.3 Grafica de Modulación de red AS-i.....	29
Figura II.4 Respuestas de los esclavos.....	30
Figura II.5 Transacción y tiempo usado.....	31
Figura II.6 Pirámide de control.....	40
Figura II.7 Maestro AS-i.....	43
Figura II.8 Esclavo AS-i.....	47
Figura II.9 Cable AS-i.....	50
Figura II.10 Cables auxiliares.....	52
Figura II.11 Conexión del cable.....	53
Figura II.12 Fuente de alimentación.....	54
Figura II.13 Repetidor de Red AS-i.....	56
Figura II.14 Pasarela AS-i.....	57
Figura II.15 AS-i Terv 2.....	58
Figura II.16 Tipos de Topología.....	59
Figura III.1 Flujo laminar.....	65
Figura III.2 Flujo turbulento.....	66
Figura III.3 Tensión Superficial.....	67
Figura III.4 Capilaridad.....	68
Figura III.5 Bomba.....	70
Figura III.6 Curva de una bomba.....	71
Figura III.7 Tipos de bombas.....	72
Figura III.8 Caudal de líquido.....	73
Figura IV.1 Clasificación de pasivos.....	79
Figura IV.2 Clasificación de activos.....	80
Figura IV.3 Finales de carrera mecánicos.....	81
Figura IV.4 Sensores Inductivos.....	82
Figura IV.5 Sensor Capacitivo.....	83
Figura IV.6 Sensor Óptico.....	84
Figura IV.7 Encoder.....	86
Figura IV.8 Tacómetro Eléctrico.....	87
Figura IV.9 Tacómetro mecánico con tornillo sinfín.....	88
Figura IV.10 Tacómetro centrifugo.....	89
Figura IV.11 Termo resistencias.....	91
Figura IV.12 Funcionamiento de los termopares.....	92
Figura IV.13 Fotorresistencia.....	93
Figura IV.14 Fotodiodos.....	94
Figura IV.15 Fototransistor.....	94
Figura IV.16 Conductores Eléctricos.....	95
Figura IV.17 Cilindros Neumáticos.....	99
Figura IV.18 PLC Telemecanique.....	102
Figura IV.19 División de Estándar.....	104
Figura IV.20 Tipos de Lenguajes de programación.....	107
Figura IV.21 Diagrama de bloques.....	110
Figura IV.22 Diagrama de funcionamiento de los bloques.....	111
Figura V.1 Solidwork.....	113
Figura V.2 Estructura.....	114
Figura V.3 Pantalla de Selección del cilindro.....	119

Figura V.4 Pantalla de ingreso de parámetros.....	120
Figura V.5 Pantalla de elección de cilindro.....	120
Figura V.6 Pantalla de obtención de datos.....	121
Figura V.7 Pantalla de diagrama de simulación.....	121
Figura V.8 Acople de cilindros.....	122
Figura V.9 Válvula de proceso neumática.....	123
Figura V.10 Electroválvula.....	124
Figura V.11 Válvula Check.....	125
Figura V.12 Sensor Magnético.....	126
Figura V.13 Sensor Capacitivo.....	127
Figura V.14 Sensor Óptico.....	127
Figura V.15 Flotador.....	128
Figura V.16 Maestro AS-i TWDNOI 10M3.....	129
Figura V.17 Esclavos ASI 67FMP44D.....	130
Figura V.18 Fuente de alimentación ASI ABLM 3024.....	131
Figura V.19 Conector macho XZCP1564L05.....	131
Figura V.20 PLC TWIDO TWDLCDE 40DRF.....	132
Figura V.21 Elementos del Grafcet.....	133
Figura V.22 Pantalla inicio Twido Suite.....	135
Figura V.23 Pantalla elección PLC.....	136
Figura V.24 Pantalla elección Maestro AS-i.....	137
Figura V.25 Pantalla colocación de esclavos.....	138
Figura V.26 Pantalla ingreso de Entradas y Salidas.....	138
Figura V.27 Pantalla de verificación de conexión de esclavos.....	139
Figura V.28 Pantalla de selección de puerto de comunicación.....	140
Figura V.29 Pantalla de transferencia de datos.....	140
Figura V.30 Pantalla inicio de lookout.....	141
Figura V.31 Pantalla de creación de panel.....	142
Figura V.32 Pantalla de comunicación Modbus.....	143
Figura V.33 Pantalla de configuración Modbus.....	143
Figura V.34 Pantalla de elección de elemento.....	144
Figura V.35 Pantalla de selección de animaciones.....	145
Figura V.36 Pantalla de conexión Ladder-animacion.....	145
Figura V.37 Pantalla HMI.....	146
Figura V.38 Cableado tradicional del Proceso en PLC.....	147
Figura V.39 Cableado del Prototipo con red AS-i.....	148
Figura V.40 Conexión con Red AS-i de entradas y salida.....	149

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial con los años se ha incrementado, puesto que brinda una mayor producción a las distintas fábricas existentes a nivel nacional como internacional.

En la implementación convencional de sistemas de control mediante autómatas programables, debido al número de entradas y salidas, el mantenimiento preventivo y correctivo se dificulta, lo que ocasiona un retardo en el tiempo de la realización de los correctivos y más aún si con los años la demanda sube y el proceso requiere extenderse incrementando el número de entradas, salidas y como consecuencia directa el cableado

Debido a esto existen nuevas alternativas para dar solución a los problemas anteriormente mencionados, entre las distintas soluciones se encuentra la implementación de la Red AS-interface, la misma que brinda una mayor flexibilidad al momento de la conexión de E/S, debido a que el cableado extenso es reemplazado por un solo cable encargado de transferir los datos desde el esclavo AS-i hacia el Maestro AS-i.

Los módulos de expansión del PLC son sustituidos por un solo Maestro AS-i ya que este permite la conexión de 31 esclavos disminuyendo completamente el extenso cableado en el área de trabajo, facilitando la ubicación de cada sensor y actuador conectados en los esclavos AS-i.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes.

La red AS-i (Actuador Sensor Interface), fue desarrollada en 1990, en Alemania, por un consorcio de empresas exitosas; para complementar los demás sistemas y hacer más simples y rápidas las conexiones entre sensores y actuadores así como sus respectivos controladores.

AS-i es un estándar a nivel mundial de campo orientado a bits de la automatización industrial, dentro de la categoría Sensor Bus. Los beneficios de la utilización de una red AS-i van desde ahorros de hardware hasta el condicionamiento de una red AS-i propiamente dicha.

Los sistemas AS-i son eficientes y muy rápidos, haciéndolos capaces de sustituir los sistemas grandes y con altos costos. Existen maestros AS-i, especialmente, desarrollados para comunicarse con los sistemas de control y proporcionan una integración perfecta entre las tecnologías existentes.

La red AS-i, puede adoptar cualquier tipo de topología: estructura en bus, en árbol, en estrella o en anillo. Permite la interconexión de un máximo de 31 esclavos, con una longitud máxima entre cada segmento de 100 metros. Además permite una conexión libre de error puesto que está conformado por un único cable mediante el cual se realiza la transmisión de datos y alimentación de los dispositivos conectados a la red. El bus AS-i se adapta de manera única al módulo de acoplamiento evitando de esta manera una conexión inadecuada.

IEC 61131-3 pretende ser la base real para estandarizar los lenguajes de programación en la automatización industrial, haciendo el trabajo independiente de cualquier compañía. Las cuales brindan las especificaciones de la sintaxis y semántica de un lenguaje de programación, incluyendo el modelo de software y la estructura del lenguaje.

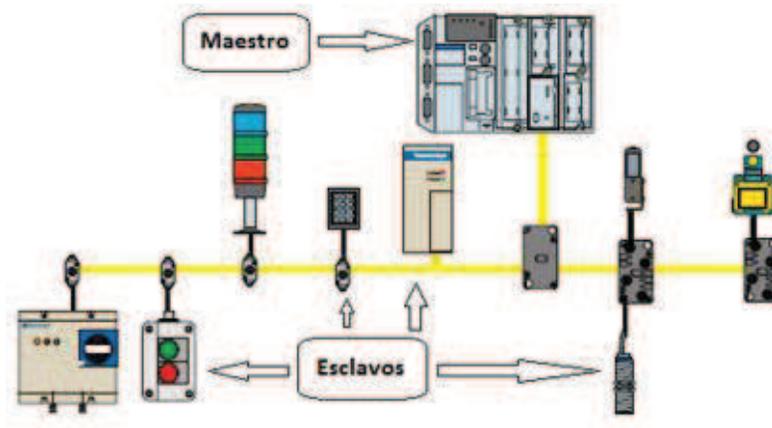


Figura I.1 Nivel de AS-i¹

1.2. Problematización

Los mazos de cable que abarrotan los canales pasa cables se ven considerablemente reducidos, o incluso eliminados. La interconexión de equipos, ya sea elementos de campo (sensores, actuadores) o elementos de control (PLC, reguladores) se realiza mediante el mismo cable de bus.

Los elementos pueden situarse fácilmente en cualquier ubicación y conectarse mediante el cable de bus, proporcionando una estructura de comunicaciones ideal para aplicar los conceptos de racionalización y competitividad actuales.

¹<http://i.imgur.com/CEBrR.jpg>

La etapa de diseño y planificación también se beneficia del bus de campo; la identificación de elementos es más simple, no es necesario identificar tantos componentes dentro de un esquema (mangueras, hilos, borneros, elementos de interconexión, convertidores de señales), y además se reducen las dimensiones de los armarios y cajas de conexión.

Las tareas de autodiagnóstico pueden mostrarse de manera amigable para el operador, reduciendo el tiempo de mantenimiento o parada.

Los protocolos de transmisión tienen rutinas de detección y corrección de errores, aumentando la fiabilidad y eficiencia de las comunicaciones.

La estandarización permite que un integrador pueda escoger dispositivos de múltiples fabricantes.

1.3. Justificación.

1.3.1. Justificación Teórica.

Investigar acerca de las redes AS-i, puesto que nos permite una mayor flexibilidad en la automatización industrial. La información adquirida nos permitirá entender su correcto funcionamiento, perfiles de aplicación, ventajas que brinda la red.

Conocer el estándar IEC 61131-3, para los autómatas programables puesto que brinda la estandarización de los lenguajes de programación utilizados para la automatización industrial con su soporte mundial.

1.3.2. Justificación Pedagógica.

Las conexiones tradicionales de los dispositivos, suelen ser confuso por la gran cantidad de cables que se utilizan y la detección de errores físicos se puede considerar complicada.

Para demostrar las ventajas se pretende construir un prototipo de llenado volumétrico que ayudara a los estudiantes a comprender de una mejor manera el funcionamiento de las redes AS-i y comenzar a inmiscuirse en el estándar IEC 61131-3 para los distintos autómatas programables y sus periféricos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar e Implementar sistema de llenado volumétrico, utilizando estándar AS-i bajo norma IEC 61131-3, para el laboratorio de EIECRI

1.4.2. Objetivo Especifico

- Estudiar las características, componentes, normas y topología de las redes industriales basadas en el estándar AS-i.
- Investigar el estándar IEC 61131-3 para los Autómatas Programables y sus periféricos
- Construir el módulo de llenado volumétrico automático

- Programar el control en un Lenguaje bajo el Estándar IEC 611 31-3
- Diseñar y Construir la Interfaz de usuario para el control de la producción.

1.5. Hipótesis

Las normas del estándar AS-i e IEC 61131-3 permiten una optimización en el cableado, con respecto a otros protocolos de comunicación.

CAPITULO II

AS-i (Actuador Sensor Interface)

2.1. Introducción

En la sociedad y el mundo de hoy, la tecnología y la automatización son muy importantes para la fabricación de los componentes. Los principales componentes del sistema de automatización son sensores y actuadores. En la comunicación entre los dispositivos existe una unidad de control principal, conocida como el controlador maestro el cual es necesario para la comunicación con los esclavos. Un sistema como tal requiere alta integridad en intercambios de datos, mantenimiento simple y rentable. Las redes AS-i son una solución cumpliendo con las características que se requieren.

El objetivo del desarrollo para AS-Interface era obtener un bus de campo universal para todos los aspectos de la automatización, pero con un sistema económicamente razonable para el nivel de campo inferior. AS-Interface fue desarrollado para interconectar sensores y actuadores binarios mediante el uso de una tecnología de instalación simple, y luego para conectarlos a un nivel de control superior. Los inventores de AS-Interface han alcanzado su meta. Hasta el día de hoy, el sistema se destaca debido a las ventajas que se detallan a continuación:

AS-Interface utiliza un único cable de dos conductores plana para suministrar energía a los componentes y permitir la transferencia de datos. Los árboles de cables complejos necesarios para el cableado paralelo se omiten, y por lo tanto representa un ahorro considerable en términos de material y los costos de instalación.

AS-Interface se instala mediante una tecnología de perforación simple. El principio de Click-and-Go permite al instalador montar los componentes de forma segura y libre de errores.

AS-Interface se puede utilizar con cualquier topología de red.

AS-Interface impresiona por sus opciones de configuración fáciles. Esto no sólo reduce los gastos durante el arranque, sino que también permite una rápida resolución de problemas y por lo tanto reduce los tiempos de instalación.

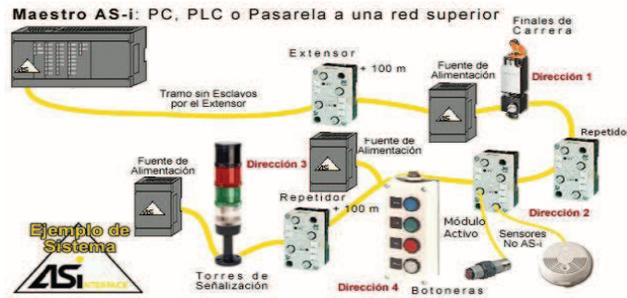


Figura II.1 Distribución de la Red AS-i²

2.2. Historia y evolución

AS-i es un producto de un proyecto iniciado en 1991 por un consorcio compuesto por 11 empresas fabricantes de sensores y actuadores. El objetivo del grupo fue hacer de la red AS-i un estándar a nivel mundial de campo orientado a bits de la automatización industrial, dentro de la categoría Sensor Bus.

La red AS-i se convirtió en un sistema estandarizado, independiente del fabricante, sin bus específico de una marca, compatible con el campo gracias a su máxima resistencia a interferencias eléctricas, este bus permite acoplamientos de los elementos en lugares indistintos mediante uniones mecánicas.

El sistema AS-i se ha creado como un sistema maestro simple, utilizando la técnica de poleo cíclico, la velocidad de lectura es de 5 ms. Esto quiere decir que

²<http://www.uhu.es/antonio.barragan/content/funcionamiento>

sólo existe un maestro en toda la red. Este maestro consulta y actualiza los datos de todos los esclavos de la red, empleando para ello un tiempo fijo.

A diferencia con otros sistemas de bus más complejos, la red AS-i se configura de forma automática, el usuario no necesita realizar ningún ajuste, como por ejemplo, derechos de acceso, velocidad de red, tipo de telegrama, entre otros, con AS-i se pueden conectar señales de proceso digitales y analógicas, representa la interface universal entre el nivel de control superior (PLC) y el nivel de control inferior (actuadores y sensores).

2.3. Red AS-i

La red AS-i puede ser conectada al nivel de control principal de dos formas. La primera forma es la conexión directa. En este caso, el maestro es parte de un PLC o PC siendo ejecutado dentro de los tiempos de ciclos determinados por estos dispositivos. Un maestro AS-i puede ser construido por cualquier fabricante cuando se trata de un estándar abierto.

La segunda manera de conectarse es a través de un acoplador (gateway) entre una red de más alto nivel y la red AS-i. Existen otros acopladores para otras redes de campo, tales como: Profibus, Interbus, FIP, DeviceNet, CAN, entre otras.

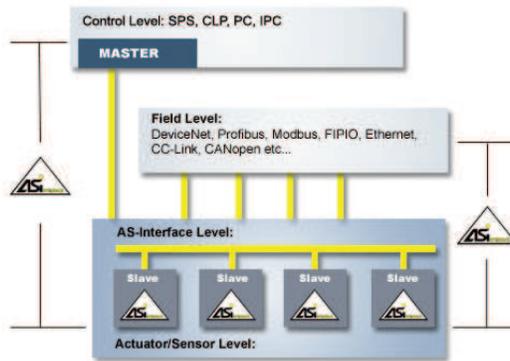


Figura II.2 Conectividad Red AS-i³

2.3.1. Conexión de la Red AS-i

Las conexiones en la red AS-i deben respetar cierto tipo de requerimientos:

- Resistencia de contacto no máximo de 6 mΩ;
- Corriente mínima permitida de 1,5 Inom. (mínimo de 3A para red AS-i en general);
- Rango de tensión de contacto de 10V a 70 Vdc.

Si una abrazadera o terminales de conexiones de tornillos se utiliza, su espesor debe ser como mínimo 2 x 2 x 1.5 mm².

³<http://www.smar.com/espanol/asi.asp>

2.3.2. Redundancia

La redundancia en las redes de comunicación es común, pero en las redes AS-i no se encuentra esta propiedad con mucha frecuencia, debido a que la comunicación es discreta y también debido a su robusto determinismo y simplicidad. La redundancia en este tipo de redes se puede observar a nivel de maestro y fuentes de alimentación. No se ha presenciado hasta el momento la redundancia en el cableado a nivel de esclavos.

Se puede tener en una red un maestro redundante. Este maestro permanece en modo de monitoreo y al presentarse una falla o falta de comunicación del maestro activo, tomará el control de la red. En relación a la fuente de alimentación, este también se puede hacer usando un "Power Extender", de esta forma las dos fuentes estarán conectadas en modo redundante.

2.3.3. Modulación

La modulación adecuada para AS-i debe cumplir con una serie de requerimientos hasta cierto punto rigurosos, es debido a esto que se llevó a cabo el desarrollo de un procedimiento de modulación (APM) por sus siglas en Inglés Alternating Pulse Modulation. Estos requerimientos incluyen:

- La señal del mensaje superpuesta a la tensión de alimentación debe ser precisa y libre de componente de corriente continua.

- El transmisor del esclavo, y cuando sea posible, el del maestro, debe ser capaz de generar la señal de una manera simple, que ocupe poco espacio y bajo costo.
- Desde que el cable AS-i tiene una impedancia que aumenta con la frecuencia, la señal de los datos debe tener una banda relativamente estrecha.
- Los niveles altos de radiación de ruido también son inaceptables.

La modulación APM es un procedimiento para la transmisión serial en banda base. La secuencia de bits es inicialmente codificada de manera que un cambio de fase ocurre siempre que la señal se modifica (código Manchester). El resultado es una corriente de envío que en conjunto con un solo inductor en el sistema usa la diferenciación para generar la señal de tensión deseada en los conductores.

El incremento de la corriente de envío da como resultado un pulso de tensión negativa, y resulta un pulso positivo. De esta forma es muy simple generar señales en los esclavos, como tensión superior a la tensión de alimentación. Esto significa que los inductores pueden ser eliminados en los esclavos, lo que mantiene la electrónica integrada pequeña y barata. Del lado del receptor estas señales de tensión son detectadas en la línea y convertirlos nuevamente en la secuencia de bits enviada. El receptor se sincroniza con la detección del primer pulso negativo, que es interpretado como un start bit.

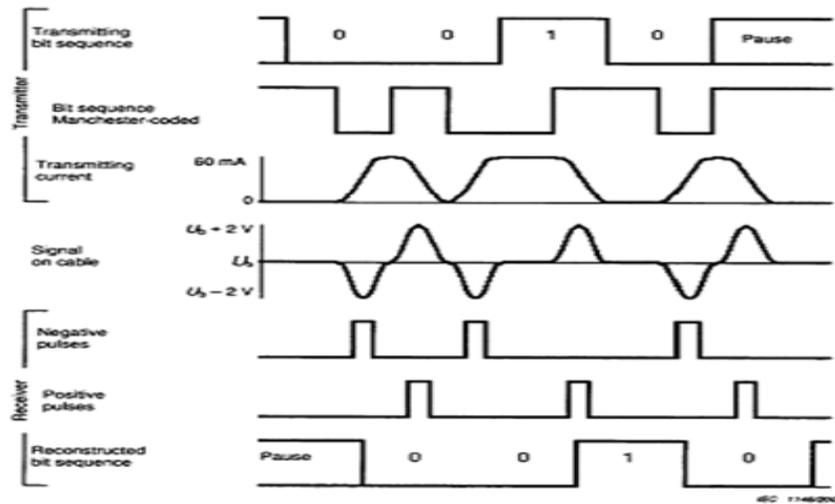


Figura II.3 Grafica de Modulación de red AS-i⁴

2.3.4. Acceso al Medio

A partir de que AS-i fue diseñado para reemplazar las conexiones punto a punto tipo estrella, un procedimiento de acceso al medio que reproduzca esta topología y que garantice un tiempo de respuesta definido fue seleccionado el acceso del tipo maestro-esclavo con sondeo cíclico.

⁴SANCHES, L.B. (2004)

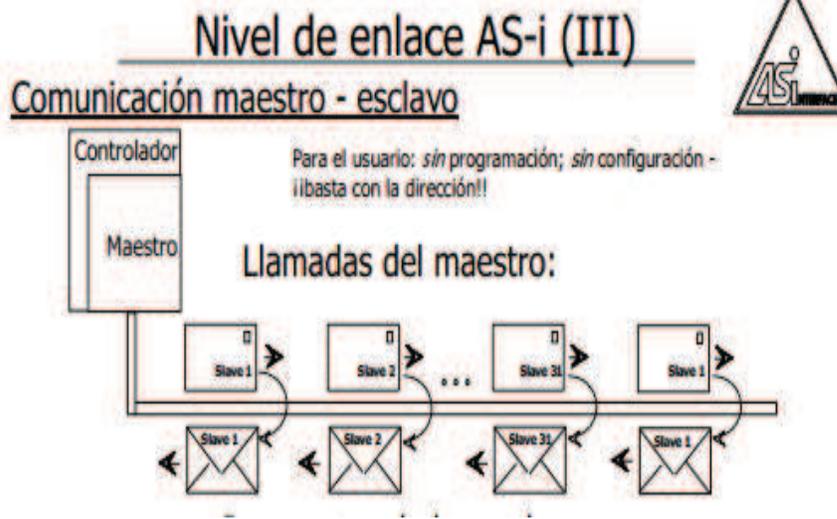


Figura II.4 Respuestas de los esclavos⁵

El maestro envía un telegrama que es recibido por el esclavo en una dirección particular y el esclavo con esta dirección responde dentro del tiempo previsto. Esta operación es designada como una transacción. El sistema de transmisión permite la conexión al bus de un maestro y de hasta 62 esclavos.

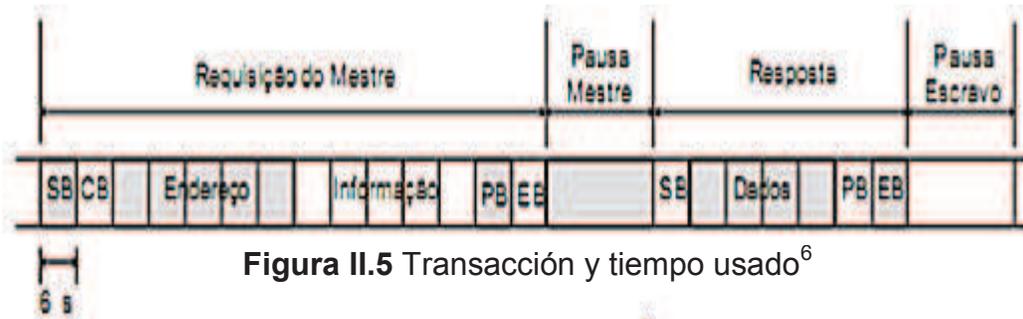
El procedimiento elegido permite la construcción de esclavos mucho más simples y, por lo tanto, de costo efectivo, en cuanto a flexibilidad e integridad. En el caso de las pequeñas perturbaciones en la red, el maestro puede, repetir telegramas a la dirección del cual no recibe respuesta, o respuesta invalida. Los mensajes AS-i, por lo tanto, son de dos tipos: las que son enviadas por el maestro y las

⁵http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Tecnolog%EDas%20de%20Control/Teor%EDa/04%20-%20ASi.pdf

respuestas del esclavo. La **Figura II.5** ilustra una transacción y el tiempo usado.

Está constituida de:

- Una solicitud del maestro,
- una pausa del maestro,
- una respuesta del esclavo y
- una pausa del esclavo.



La solicitud del maestro se extiende siempre a 14 tiempos de bit, y la respuesta del esclavo a 7. Un tiempo de bit corresponde a un intervalo de tiempo uniforme de 6µs. La pausa del maestro debe estar en un intervalo de un mínimo de 2 tiempos de bit y un máximo de 10 tiempos de bit. La pausa entre el final de una respuesta del esclavo es la siguiente solicitud del maestro y debe estar entre 1,5 y 2 tiempos de bit.

⁶http://www.smar.com/images/figura7_14_ASI.png

Una solicitud del maestro consiste de:

- **Start Bit (SB).** Identifica el inicio de una solicitud del maestro en el bus. Su valor siempre es "0".
- **Control Bit (CB).** Identifica el tipo de solicitud: "0" para solicitudes de datos, parámetros o atribuciones de dirección y "1" para los de comando.
- **Address (A4..A0).** Dirección del esclavo solicitado.
- **Información (I4..I0).** Estos 5 bits componen, la solicitud realizada, los datos enviados al esclavo.
- **Bit de Paridad (PB).** El número de bits con valor "1" indicada que una solicitud se está ejecutando y el ultimo bit debe ser par.
- **End Bit (EB).** Identifica el final de una solicitud del maestro. Siempre tiene el valor "1".

Una respuesta de cualquier esclavo consiste de:

- **Start Bit (SB).** Identifica el inicio de una respuesta del esclavo. Siempre tiene el valor "0".
- **Información (I3..I0).** Estos bits componen la información propiamente enviada al maestro.
- **Bit de Paridad (PB).** Así como una solicitud, también una respuesta debe tener paridad par.
- **End Bit (EB).** Siempre de valor "1", asignada al final de una respuesta del esclavo.

2.3.5. Tratamiento de errores

El reconocimiento confiable de errores es de gran importancia para la comunicación sin fallas a través de AS-i, que generalmente no es blindado. Debido a que los telegramas AS-i en las transacciones serían bastante cortos, la detección de errores es diferente de la aplicada en otras redes de campo. La solicitud del maestro tiene solo 11 bits de datos que deben controlar, y la respuesta del esclavo 4 bits. Aumentar bits para verificación de errores en los mensajes disminuiría la velocidad de transmisión. Al contrario, AS-i hace uso del tamaño conocido de los mensajes, dos estándares de bits especificados son de la modulación de pulsos alternados para distinguir los siguientes errores:

- Error de Inicio de Bit;
- Error de alternancia;
- Error de pausa;
- Error de Información;
- Error de paridad;
- Error de Fin de Bit y;
- Error de tamaño del telegrama.

Cada solicitud del maestro y cada respuesta del esclavo son sometidas a una verificación de estos 7 tipos de errores. Si alguno de ellos es detectado, la solicitud (o respuesta) es considerada inválida.

2.3.6. Etapa de Transmisión

Después que la fuente de alimentación ha sido conectada, el maestro transita entre las diferentes fases (estados). El maestro inicia en la etapa *offline*, seguida de la etapa de detección, en que los esclavos conectados al bus son detectados. Después de ser detectados los esclavos son activados en la etapa siguiente, y están listos para entrar en el ciclo de operación normal, compuesto de una etapa de intercambio de datos, de gerenciamiento y de inclusión. Así como el ciclo entre las etapas de intercambio de datos, gerenciamiento e inclusión se identifica por su operación normal, la fase *offline* compone el inicio del maestro, en cuanto a las etapas de detección y activación componen el *start-up* del maestro.

2.3.7. Inicialización

La fase *offline* coloca al maestro en condiciones de iniciar sus operaciones. Durante este el campo "*Imagen de Datos de Entrada*" es puesto en cero (entradas inactivas), y el campo "*Imagen de Datos de Salida*" es puesto con "uno" (salidas inactivas), lo que garantiza un estado inicial conocido para todos los puertos de datos de los esclavos.

El maestro se puede traer a la fase *offline* de cualquier otra fase, por la activación del *flag offline*, que representa, por lo tanto, la función de reiniciar toda la red.

2.3.8. Puesta en marcha Start-Up

En la operación de *start-up* los esclavos son detectados primero y después activados. En la fase de detección el maestro envía solicitudes de lectura de los códigos **IO** e **ID** de los esclavos, uno a uno. Los esclavos que responden correctamente a las solicitudes son considerados detectados, y pasan a ser parte de la Lista de Esclavos Detectados (**LDS**). Los respectivos códigos de **IO** e **ID** son almacenados en el campo de Imagen de Datos de Configuración (**CDI**). En la fase de activación de los Modos de operación del maestro son considerados de la siguiente manera:

1. Configuración
2. Protegido (también llamado proyección).

En el modo de configuración todos los esclavos de la **LDS** son activados, a través del envío de una solicitud "*Parámetro de Solicitud*", en que las salidas de parámetros del esclavo son escritas, y de una "*Solicitud de Datos*", que escribe en los puertos correspondientes de los esclavos. Si el esclavo responde correctamente a estas dos solicitudes entonces está activado, y pasa a ser parte de la **LAS**. En modo de proyección, solamente los esclavos presentes en la **LDS**, que también están en la "*Lista de Esclavos proyectados*" y que tengan la misma configuración **IO** y los mismos códigos **ID** correspondientes de los campos no volátiles y que son activados. El maestro intercambia datos solo con los esclavos pre-configurados. Al final de la fase de activación es realizada una

verificación, y en caso de que la configuración nominal (detectada) y la proyectada estén de acuerdo con el **flag Config_OK** es activado. **Operación**

Normal

El intercambio de datos de entrada y salida del proceso ocurre en la fase de intercambio de Datos o ("**Data Exchange Phase**"). La operación normal incluye a las fases de gerenciamiento ("**Management Phase**") y de Inclusión ("**Inclusion Phase**").

En las condiciones en que los sensores y actuadores están operando normalmente en la planta, conectados al bus AS-i, el maestro circula entre las tres fases que componen la condición de operación normal. En cada ciclo la fase de gerenciamiento viene directo a una transacción AS-i, el mismo ocurriendo con la fase de Inclusión. Este mecanismo permite mantener una alta velocidad de escaneo de todos los esclavos, actualizando sus datos de salida y leyendo los datos de entrada en una misma transacción, sin perjudicar las operaciones de gerenciamiento de la red que ocurren en las otras dos fases, y que pueden ser completadas en varios ciclos. El comportamiento del maestro durante la fase del Intercambio de Datos, la comunicación con un esclavo precisa fallar a través de 3 ciclos para que sea retirado de las listas de esclavos detectados (**LDS**) y de activados (**LAS**).

Esto garantiza un funcionamiento adecuado de la red en situaciones más sujetas a ruidos causantes de fallas. En este último caso el **flag Config_OK** es desactivado.

Después de que la fase del Intercambio de Datos está completa, el maestro entra en la fase de gerenciamiento. En esta fase se envían telegramas a cíclicos a los esclavos. A diferencia de la fase de Intercambio de Datos, en que los esclavos activados son ingresados antes de la siguiente fase, aquí apenas un telegrama es enviado, y por lo tanto las funciones necesitan de más de un telegrama para ser completadas son ejecutadas a través de varios ciclos.

En la fase de gerenciamiento el maestro hace uso de las diversas solicitudes posibles para ejecutar tareas solicitadas por el *host*. En caso de no haber ejecutado funciones, el maestro puede enviar telegramas de lectura de status, telegramas "burros" o hasta no enviar el mismo telegrama en esa fase.

Después de la fase de gerenciamiento, sigue la fase de Inclusión, en el cual los esclavos nuevos se buscan al final de cada ciclo. Durante cada ciclo un esclavo es solicitado. Esta solicitud es realizada por el control de transmisión sin repetición en caso de error, porque el error no es crítico. Si un esclavo que ya está activado responde, o no responde, el próximo esclavo es solicitado, en la siguiente fase de activación. Si un esclavo que no fue activado hasta el momento responde, sus códigos **ID** son solicitados en las siguientes fases, y el **LDS** es actualizad.

En la siguiente fase, dependiendo del modo de operación del maestro o esclavo es activado, entrando en **LAS**. La activación es realizada enviando una solicitud de parámetros al esclavo, que son actualizados de acuerdo con el campo

PI ("*Parameter Image*"). En la última etapa el maestro hace una solicitud de datos, enviando datos de entrada de acuerdo con una "*Input Data Image*".

Así mismo la inclusión de un esclavo ocurre de la misma manera que los procedimientos de puesta en marcha. Si un esclavo con dirección 0 es detectado durante la fase de inclusión, incluso si un esclavo proyectado no está presente, el direccionamiento automático es bloqueado, desactivando el flag "*Auto_Address_Available*". Lo mismo ocurre cuando un esclavo encontrado no está proyectado. El flag *Config_OK* es activado al fin de cada fase de inclusión. Luego de un nuevo ciclo comienza con la fase de Intercambio de Datos.

Cabe notar que cada fase del ciclo de operación normal alterna entre el grupo de esclavos de tipo A y del tipo B. Antes del surgimiento del direccionamiento extendido, esto no ocurría, pues no había los tipos de esclavos.

2.4. Características Principales

La red AS-i poseen un gran número de particularidades, entre ellas tenemos las siguientes:

- Ideal para la interconexión de sensores y actuadores binarios.
- A través del cable AS-i se transmiten datos y alimentación.
- Cableado sencillo y económico.
- El cable específico para AS-i, es amarillo, auto cicatrizante y está codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta.

- Gran flexibilidad de topologías, que facilita el cableado de la instalación.
- Gran flexibilidad de topologías, que facilita el cableado de la instalación.
- Ciclo del bus rápido. Máximo tiempo de ciclo 5 ms con direccionamiento estándar y 10 ms con direccionamiento extendido.
- Hasta 124 sensores y actuadores binarios con módulos AS-i estándar.
- Longitud máxima de cable de 100 m uniendo todos los tramos, o hasta 300m con repetidores.
- Detección de errores en la transmisión y supervisión del correcto funcionamiento de los esclavos por parte del maestro de la red.
- Cables auxiliares para la transmisión de energía: Cable Negro (24 V DC) y Rojo (220 V AC).
- Grado de Protección IP-65/67 para ambientes exigentes.
- Temperaturas de funcionamiento entre -25°C y +85°C.

Una de las características más importantes, se puede considerar la ubicación de la red AS-i, la misma que se encuentra situada en la parte más baja de la pirámide de control, conectando los sensores y actuadores con el maestro del nivel de campo. Los maestros pueden ser autómatas o PCs situados en los niveles bajos de control, o pasarelas que comuniquen la red AS-i con otras redes de nivel superior, como Profibus o DeviceNet.

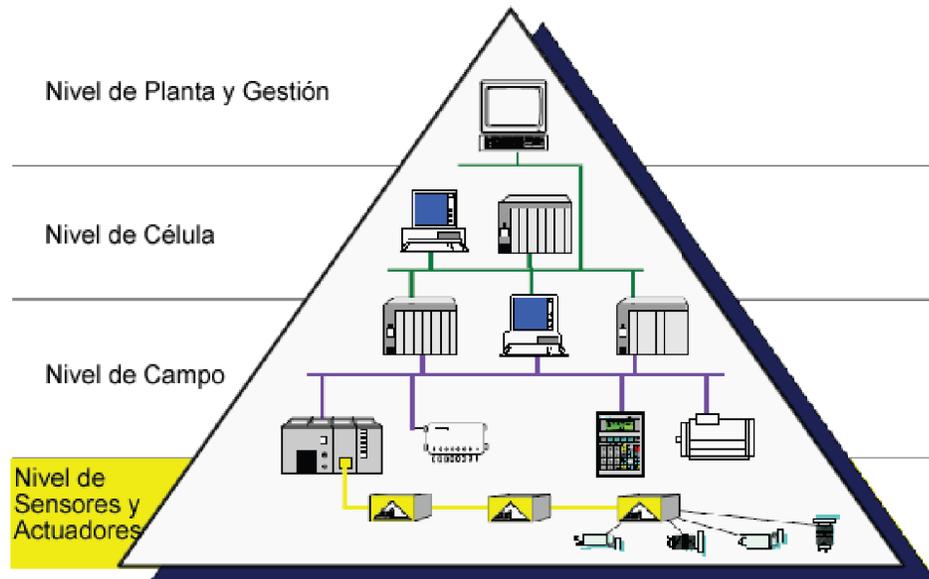


Figura II.6 Pirámide de control⁷

2.5. Limitaciones de la red AS-i

Se desarrolló la red AS-i, para utilizarla en aplicaciones debajo de los buses de campo, sin embargo se encuentran algunas características en los buses de campo de alto nivel, que no pueden ser realizadas en AS-i. Por lo que algunas limitaciones se llegaron a conocer entre ellas tenemos las siguientes:

Los datos transmitidos en AS-i son limitados a 4 bits por esclavos que pueden ser cambiados a cada ciclo. Los Mensajes largos pueden ser transmitidos dividiéndolas en varios ciclos. Esto puede ser usado en procesos dinámicos lentos, como presión o temperatura (valores analógicos).

⁷<http://sistemasdecontrolindustrial.com/control%20y%20automatizacion.html>

AS-i es estrictamente maestro-esclavo, con exploración cíclica por esclavos. Esto impide la transmisión asíncrona por los sensores y actuadores. Los esclavos deben esperar 10 ms (en caso de una red con 62 esclavos) hasta ser llamado nuevamente.

La transferencia de datos de esclavo a esclavo sólo es posible a través del maestro.

La limitación de longitud del cable es de 100m sin el uso de repetidores. Esta limitación física se debe al mantenimiento de otros criterios como el tiempo de ciclo de la red, tipo de topología libre y sin exigencia de resistores de terminación.

2.6. Componentes de la red AS-i

En una red AS-i encontramos los siguientes elementos que la conforman.

- Maestro AS-i
- Esclavos
- Cable AS-i
- Fuente de alimentación

2.6.1. Maestro AS-i

El maestro de AS-i es el que se encarga de recoger los datos de la red y enviárselos al PLC correspondiente, y viceversa. Él mismo organiza el tráfico de

datos en el cable AS-i y, en caso de ser necesario, pone los datos de los sensores y actuadores a disposición del PLC o de un sistema de bus superior, a través de las denominadas pasarelas DP/AS-Interface. También transmite parámetros de configuración a los esclavos, supervisa la red constantemente y suministrar datos de diagnóstico.

El maestro ejecuta todas sus funciones de manera automática. Además se encarga de realizar el diagnóstico de todo el sistema, reconoce las fallas en cualquier punto de la red, indica el tipo de fallo y determina qué esclavo lo originó.



Figura II.7 Maestro AS-i⁸

⁸http://instrumentacionycontrol.net/Descargas/Descargas/SIEMENS/Comunicaciones/lyCnet_Siemens_01_ASi_S7_300.pdf

2.6.1.1. Nivel de Transferencia Física

En esta tecnología la conexión es usando cables paralelos, cada contacto individual de un equipo es conectado separadamente por las terminales y bornes de sensores y actuadores. La red AS-i sustituye múltiples cables, cajas de paso, canaletas, ductos de cables por un simple cable especialmente desarrollado para la red AS-i.

La red AS-i se caracteriza por ser solamente un par de hilos, que transmite los datos y alimenta a los sensores o actuadores en 24Vcc y la información del estado de los mismos. La configuración máxima de la red es de 62 esclavos que acceden cíclicamente por un maestro en el nivel de control superior. El tiempo de reacción es pequeño, para todos los esclavos conectados, el tiempo de respuesta es de 10ms.

Anteriormente, los sensores y actuadores tenían que ser conectados al controlador a través de terminales, conectores y bloques de terminales. AS-i proporciona una reducción en los costos de instalación y mantenimiento. Ahora, un cable estandarizado con 2 hilos permite el intercambio de información y al mismo tiempo la alimentación de los equipos. Los esclavos son conectados directamente en el bus sin la necesidad de interconexión adicional.

2.6.1.2. Nivel de Control de la Transmisión

Es responsable del intercambio de telegramas con los esclavos:



La función de transferencia de datos ofrece:

Transmisión simple:

- Ausencia de respuesta del esclavo
- La petición del maestro no se repite
- Para la búsqueda de nuevos esclavos

Transmisión múltiple:

- Error en la transmisión o ausencia de respuesta del esclavo
- Se encarga de repetir una sola vez

2.6.1.3. Nivel de Control de Ejecución

El nivel de Control de Ejecución es responsable de la inicialización, arranque e intercambio de datos. Además se encarga de almacenar los datos en varios campos de datos y listas.

2.6.1.3.1. Grupo de datos.

- **Datos de usuario:** Información intercambiada directamente con los esclavos
 - ✓ La Imagen de Datos de Entrada (IDI)
 - ✓ La Imagen de Datos de Salida (ODI)
 - ✓ La Imagen de los Parámetros (PI)

- **Datos de configuración:** Información sobre el estado de los esclavos en el sistema
 - ✓ La Imagen de Datos de Configuración (CDI)
 - ✓ La Lista de Esclavos Detectados (LDS)
 - ✓ La Lista de Esclavos Activos (LAS)

- **Datos de configuración permanente:** Información de configuración de referencia del sistema AS-i.
 - ✓ El campo de Datos de Configuración Permanente
 - ✓ El campo de Parámetros Proyectados
 - ✓ La Lista de Esclavos Proyectados (LPS)

2.6.1.3.2. Funciones del Maestro

El maestro gestiona las siguientes funciones:

- Inicialización de la red
- Identificación de los esclavos
- Transmisión no cíclica de los parámetros de los esclavos
- Transmisión cíclica de los datos
- Diagnóstico de la red (estado de los esclavos, fallo de la alimentación, entre otros)
- Transmisión de información de los fallos al controlador
- Nueva asignación de las direcciones en caso de cambio de configuración (ej., sustitución de un esclavo)

2.6.2. Esclavos

Los esclavos pueden ser módulos de E/S descentralizados, conectados con el programa de control del PLC. El esclavo de AS-Interface reconoce los bits de datos enviados por el maestro y le devuelve sus propios datos. Hay esclavos de AS-Interface de todos los tipos posibles: Módulos normales (módulos digitales, módulos analógicos, módulos neumáticos, entre otros) o módulos inteligentes (arrancadores de motor, columnas de señalización, botoneras).

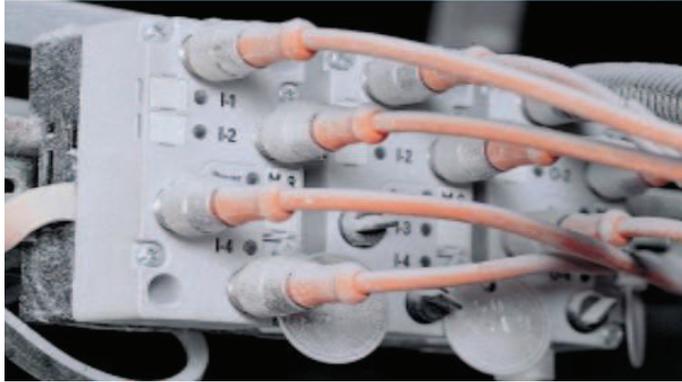


Figura II.8Esclavo AS-i⁹

Los Esclavos contienen la electrónica de AS-Interface y también posibilidades de conexión para sensores y actuadores, y pueden usarse en el campo o en el armario eléctrico. Los esclavos intercambian cíclicamente sus datos con un maestro, el cual será el encargado de gestionar el tráfico de datos a través de la red.

En un bus AS-i pueden conectarse hasta 62 esclavos. Las estructuras compactas y descentralizadas son posibles tanto en armarios eléctricos como a pie de máquina, p. ej., en módulos con un alto grado de protección.

Los esclavos As-i pueden conectarse al bus de tres formas:

Sensores / actuadores convencionales. Se conectan al bus mediante módulos de E/S.

⁹<http://www.etitudela.com/fpm/comind/downloads/06asi.pdf>

Sensores / actuadores convencionales con capacidad de comunicación. Se conectan directamente al bus AS-i mediante una interfaz dedicada.

Sensores / actuadores integrables en AS-i. Se conectan directamente al bus. Pueden contener parámetros configurables desde el maestro.

Existen dos tipos de Módulos:

Sensores / actuadores integrables en AS-i. Se conectan directamente al bus y pueden contener parámetros configurables desde el maestro.

Módulos Activos: Con Chip ASIC. Permiten la conexión de sensores y actuadores convencionales.

Módulos Pasivos: Sin electrónica integrada. Conexión de sensores/actuadores con chip ASIC.

Los Módulos se dividen en dos partes:

Módulo de Acoplamiento: Permite la fijación del módulo en el perfil normalizado, y su conexión con el cable AS-i.

Módulo de Usuario: En él se encuentran las conexiones de E/S, los indicadores de funcionamiento de los sensores/actuadores, el indicador de funcionamiento del módulo, Ejemplos: Módulo compacto 4E/4S, módulo 4E/4S 230VAC, módulos con soporte para 2 o 4 derivaciones a motor, módulos neumáticos 4E/4S,...

Tanto los módulos activos como los sensores y actuadores integrados en AS-i poseen un chip cuyas ventajas son:

- Facilitan el diseño e implementación de sensores y actuadores AS-i por parte de los fabricantes.
- Gestionan todo el proceso de comunicación con el maestro de la red.
- Incluyen una memoria no volátil para el almacenamiento de la dirección de red (EEPROM).
- Son chips de bajo consumo, aptos para ser alimentados a través de la red AS-i.
- Su tamaño es reducido, para que puedan ser integrados en sensores y actuadores.

2.6.3. Cable AS-i

El cable AS-i se ha diseñado como cable bifilar engomado, el perfil especial impide que se puedan conectar estaciones con la polaridad incorrecta. El cable plano amarillo es el estándar, su geometría es fija y asimétrica, se encarga de transmitir los datos de toda la red y la alimentación a los sensores conectados en la misma. Para los actuadores se necesita una alimentación auxiliar (tensión auxiliar de 24 V DC o 230 V AC), para el cable de alimentación auxiliar a 24 V DC se utiliza un cable de color negro, y para el cable de alimentación auxiliar a 230 V AC se utiliza el mismo cable pero en color rojo.

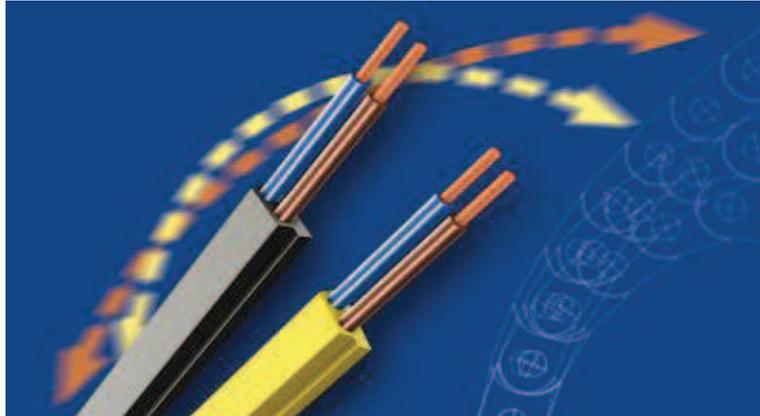


Figura II.9Cable AS-i¹⁰

Para la conexión se dispone de módulos de acoplamiento en técnica de perforación de aislamiento. El cable AS-i es auto cicatrizante. Esto significa que los agujeros producidos por las cuchillas de contacto en el revestimiento de goma del cable se cierran por sí mismos, restableciendo el grado de protección IP67, en el que IP significa Protección Interna, y el 6 se refiere a la protección contra partículas sólidas y el 7 a la protección contra fluidos. En caso de montaje del cable en un módulo AS i, el propio cable hermetiza el orificio de entrada.

2.6.3.1. Cables Auxiliares

- **Cable Negro:** Se utiliza para proporcionar una alimentación auxiliar de 24 V DC a los esclavos AS-i.
- **Cable Rojo:** Función similar al cable negro, pero para una alimentación auxiliar de 220 V AC.

¹⁰<http://www.leoni-industrial-solutions.com/Fit-for-the-long-haul.10126.0.html?&L=1>

- **Cable Amarillo Resistente:** Variante adaptada para resistir materiales hostiles, engrasantes, gasolina, etc. Este cable pierde la cualidad de auto cicatrización por ser de un material distinto al cable amarillo estándar.
- **Cable Redondo:** Es igual que el cable amarillo, pero no tiene su perfil característico.
- **Cable Redondo Apantallado:** Idéntico al anterior, pero los hilos están recubiertos por una malla que añade inmunidad frente al ruido eléctrico.

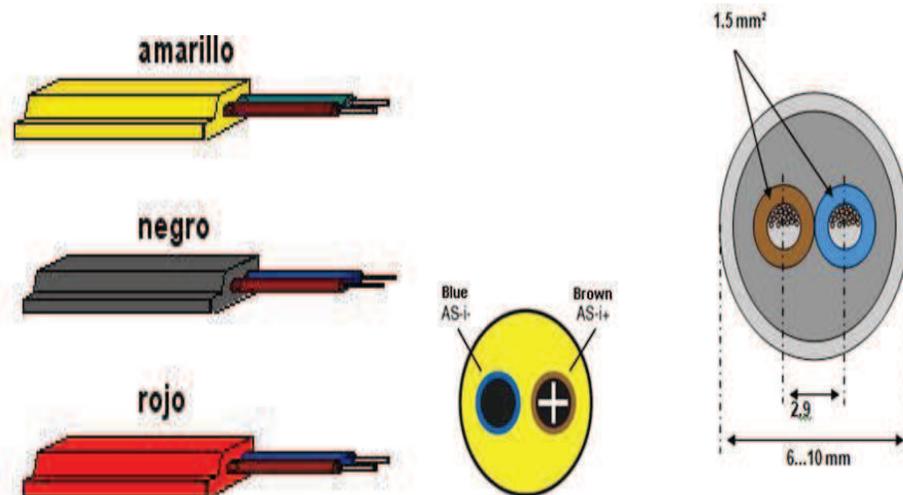


Figura II.10 Cables Auxiliares¹¹

No es necesario cortar, pelar ni atornillar el cable para ser conectado. Esto en general es la causa de caídas de tensión indispensables y son fuentes potenciales

¹¹<http://www.seesa.pue-mx.com/productos.aspx?id=2792>

de mal contacto. Por otro lado, tiene una forma de desinstalación bastante interesante, que contribuye en el ahorro de costos en sus implementaciones.

El principio es simple: el contacto con los conductores internos es realizado por medio de láminas conductoras, que penetran los aislamientos plásticos para llegar a los hilos de cobre internos.

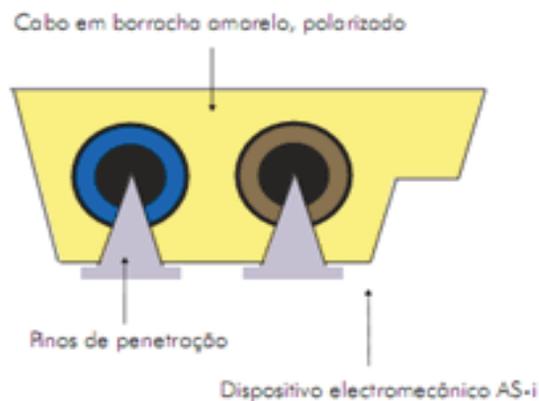


Figura II.11 Conexión del cable¹²

2.6.4. Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación para la red AS-i suministra una tensión entre 29,5 V DC y 31,6 V DC. Utiliza el acoplamiento integrado de datos y alimentación, es decir, permite transmitir datos y suministra energía a los sensores conectados en la red. Para ello, los datos transmitidos en la red AS-i se envían en forma de impulsos, también se encarga de modular la tensión continua en la red. Las salidas de la red

¹²<http://www.seesa.pue-mx.com/productos.aspx?id=2792>

se alimentan a través del cable negro perfilado. Para este cable se puede utilizar una fuente de alimentación normal de 24 V DC que cumpla con la especificación PELV (cable de protección a tierra).



Figura II.12 Fuente de Alimentación¹³

2.6.4.1. Características

- Normalmente son resistentes a cortocircuitos y sobrecargas.
- Cada segmento de la red (si se utilizan repetidores) requiere su propia fuente de alimentación.
- Las salidas de los módulos se alimentan mediante fuentes auxiliares 24 V DC a través del cable negro.
- La potencia máxima que podrán consumir los esclavos de la red dependen de la fuente de alimentación que se escoja para el sistema, por lo que es

¹³<http://www.ifm.com/ifmes/web/news/power-supply-for-stable-as-i-networks.html>

conveniente hacer un estudio de la potencia que será necesaria antes de adquirir la fuente de alimentación del sistema.

- La situación ideal de la fuente es junto al dispositivo o conjunto de dispositivos que mayor potencia consuman, para así limitar la circulación de corriente por el menor trozo de cable posible.
- Si se utiliza un módulo extensor, la fuente deberá conectarse en el extremo del extensor no conectado al maestro, ya que es en ese tramo de la red donde se conectarán los esclavos. El otro extremo, al no poder conectarse esclavos en él, no requiere de fuente de alimentación.

2.6.5. Componentes Adicionales

Existen algunos componentes adicionales en la red AS-i tales como:

- Repetidores
- Pasarelas
- Dispositivo direccionador

2.6.5.1. Repetidores

La red AS-i funciona sin problemas hasta una longitud de 300 metros (sin repetidor hasta 100 metros). En caso de que la instalación necesite más de 100 metros, se puede ampliar la red con 2 repetidores en serie hasta un máximo de 300 metros, 100 metros por cada nuevo segmento. El repetidor trabaja como un amplificador

de señal. Los esclavos se pueden conectar en cada uno de los 3 segmentos de la red AS-i. Cada segmento necesita su propia fuente de alimentación.



Figura II.13Repetidor de Red AS-i¹⁴

Es posible conectar varios repetidores en paralelo o un máximo de 2 en serie, de modo que la extensión máxima de red As-i aumente de los 100m convencionales hasta 500m.

Los beneficios del uso de un Repetidor son:

Mayores posibilidades de aplicación y mayor libertad en la concepción de instalaciones gracias a la posibilidad de prolongar el segmento AS-i.

¹⁴<http://www.uhu.es/antonio.barragan/content/repetidor-y-extensor>

Reducción de los tiempos de parada y servicio técnico en caso de defecto gracias a que se indica por separado la tensión correcta AS-i en cada lado.

Además, para alimentar a los esclavos conectados al segmento de hasta 200 metros de largo no se requiere más que una fuente de alimentación, la cual, se conectará al punto más alejado de la red AS-i.

2.6.5.2. Pasarelas

Nos permiten realizar la conexión entre estructuras de automatización complejas, la red AS-i se puede conectar a un sistema de bus superior (por ejemplo, PROFIBUS).



Figura II.14 Pasarela AS-i¹⁵

¹⁵<http://www.ifm.com/ifmes/web/pmain/050.html>

2.6.5.3. Dispositivo direccionador

Es necesario colocar direcciones en todos los participantes las mismas que serán asignadas antes de poner en servicio la red AS-i. Esto se puede realizar en modo OFFLINE con la ayuda de un dispositivo de programación, o en modo ONLINE por medio del programa del PLC de la CPU del maestro. En algunos esclavos, también se puede realizar después de su montaje en la red, por medio del conector de direccionamiento que llevan integrado.



Figura II.15AS-i Terv 2¹⁶

¹⁶<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/48169793?func=ll&objId=48169793&objAction=csView&nodeid0=10805927&nav0=tree&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content>

Las direcciones de esclavo pueden tener un valor entre 1 y 31 (o entre 1A y 31A, y 1B y 31B). Cualquier esclavo nuevo, tiene por defecto la dirección 0. El maestro reconoce esta dirección y no lo incluye en el proceso de comunicación normal.

La asignación de las direcciones es totalmente libre. Da absolutamente lo mismo si un esclavo posee la dirección 21 o la 28. También es indiferente el orden de los esclavos en la red. Al esclavo con dirección 21 le puede seguir el esclavo con dirección 22 o con dirección 30.

2.7. Topología de Red

La red AS-i tiene una topología que se deja a elección del usuario, la única restricción que se tiene es que no puede sobrepasar el límite máximo de 100m de la longitud del cable. Es importante notar también que no son necesarias las terminales de impedancias, lo que también simplifica la instalación.

Gracias al robusto principio de funcionamiento sobre el que se asienta, no hay limitaciones en cuanto a la estructura de la red. La red AS-i se puede montar en árbol, línea o estrella, como se puede observar.

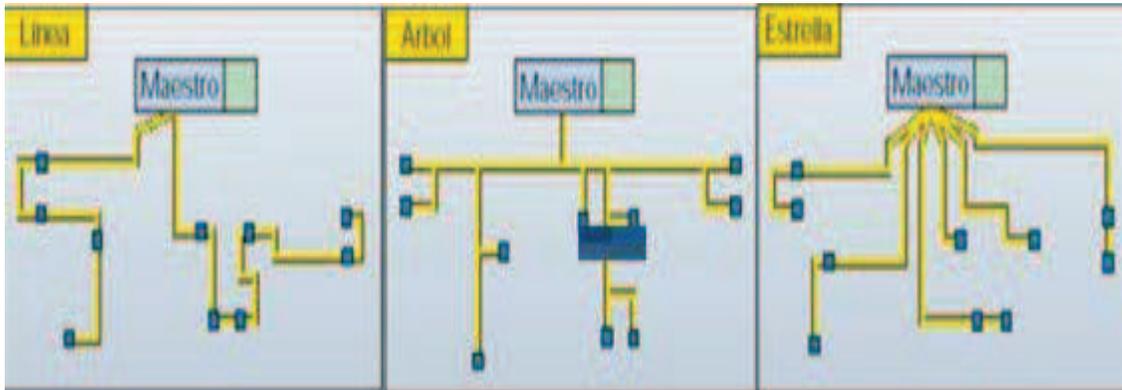


Figura II.16Tipos de Topología¹⁷

¹⁷<http://www.santiagoapostol.net/srca/buses/asi.pdf>

CAPITULO III

DOSIFICACIÓN DE LIQUIDOS

3.1. Introducción

La dosificación nos permite graduar una cantidad exacta de una sustancia, en este caso de un líquido mediante un dosificador el cual entrega o suministra de forma ágil la cantidad de líquido necesario para la realización del sistema.

Los dos sistemas principales de dosificación son:

- Volumétricos
- Por gravedad a nivel

3.1.1. Dosificado volumétrico

La dosificación volumétrica controla la cantidad de líquido que ingresa a la botella, mediante la medida del volumen del material o sustancia a llenar, los sistemas de llenado volumétrico proporciona flexibilidad en la capacidad y condición de trabajo, dependen directamente del líquido a dosificar se utilizar productos con viscosidades variadas como agua, leche, zumos, detergentes, cosméticos y otros productos químicos.

3.1.2. Dosificado por gravedad a nivel

Este sistema de dosificación aprovecha la gravedad para realizar el llenado en su respectivo envase, por tal motivo el depósito se ubica en la parte superior de la llenadora. En función de sus características de dosificación, es apropiado este método cuando el tipo de líquido a llenar son productos con poca viscosidad como el agua, el vino, entre otros.

3.2. Clasificación de Fluidos

Para la realización de la clasificación de los fluidos, se debe tener en cuenta que un fluido es una sustancia que posee pequeña o nula resistencia a fuerzas tangenciales, es decir la forma en la que responde a fuerzas externas.

La clasificación de los Fluidos es la siguiente:

- Newtonianos
- No Newtonianos

3.2.1. Newtonianos

Fluido newtoniano es todo fluido que se comporta según la ley de Newton de la viscosidad. Es decir que la viscosidad es función exclusiva de la condición del fluido. En términos generales son aquellas sustancias que presentan una resistencia muy pequeña o nula a ser deformada. Se encuentran fluidos como el agua, aceite, glicerina, entre otras.

3.2.2. No Newtonianos

Los fluidos no newtonianos son aquellas sustancias que presentan una mayor resistencia, su comportamiento no va de acuerdo a la ley de Newton de la viscosidad. Es decir la viscosidad del fluido no newtoniano depende del gradiente de velocidad, además de la condición del fluido. Entre estos fluidos se encuentra la pintura, mermeladas, mayonesa, manteca, sangre humana entre otras.

Los fluidos No Newtonianos se dividen:

- Independientes del tiempo.
- Dependientes del tiempo.

3.3. Propiedades de los Fluidos

3.3.1. Densidad

La densidad de un fluido no es más que la relación existente entre la masa de un sistema y el volumen que este ocupa. La densidad depende de la temperatura y la presión. Para una presión dada, si la temperatura aumenta la densidad disminuye, mientras que si disminuye, es la densidad la que aumenta. En cambio, para una temperatura dada, si la presión aumenta, la densidad también lo hace, disminuyendo cuando la presión lo hace.

Dentro de la densidad se observa la siguiente división:

- Densidad absoluta
- Densidad relativa

3.3.1.1. Densidad absoluta

Se llama densidad absoluta a la masa contenida en una unidad de volumen de cierta sustancia.

3.3.1.2. Densidad relativa

Se llama densidad relativa a la relación que existe entre la masa de cierto volumen de una sustancia y la masa de igual volumen de agua destilada.

3.3.2. Peso Especifico

El peso específico de una sustancia se define como el peso de esa sustancia por unidad de volumen, esto es el resultado de dividir un peso conocido (N) entre un volumen conocido (cm^3).

3.3.3. Viscosidad

La viscosidad también denominada fricción interna, representa la resistencia a fluir, mientras mayor es la viscosidad más espeso es el fluido, todos los fluidos poseen algo de viscosidad, y esta es independiente de la densidad o gravedad específica de los mismos, la viscosidad depende de la temperatura a la que se encuentre, a mayor temperatura la viscosidad decrece.

3.3.3.1. Flujo Laminar

Se define como flujo laminar al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, las partículas del fluido se mueven en líneas paralelas (en capas), sin que se produzca mezcla de materia entre las distintas capas, de acuerdo con la ecuación de Bernoulli si un fluido ideal viaja a través de una corriente de agua la presión en todos los puntos es la misma, al no existir fluidos ideales quiere decir que existe una caída de presión a medida que se desplaza en la dirección del flujo, esta diferencia de presión es necesaria para lograr la circulación del fluido, ya que existe una fuerza de arrastre o frenado que es ejercida por el tubo sobre la capa de fluido que se encuentra en contacto, y dicha capa ejerce una fuerza sobre la

adyacente, denominadas fuerzas viscosas, y debido a estas fuerzas la velocidad del fluido no es constante siendo mayor cerca de su centro y menor cerca de sus bordes.

El flujo laminar se presenta a baja velocidad, cuando la velocidad del fluido aumenta lo suficiente el flujo cambia de carácter y se vuelve turbulento.

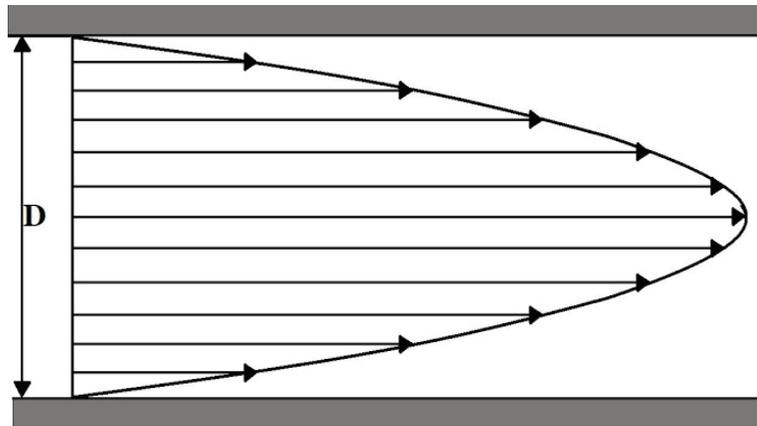


Figura III.1 Flujo Laminar¹⁸

3.3.3.2. Flujo Turbulento

A medida que la velocidad del flujo aumenta y resulta lo suficientemente grande, se rompe el flujo laminar y se establece la turbulencia, las unidades del fluido se mueven en trayectorias erráticas, formando torbellinos y vórtices, resultando en un flujo bien mezclado. Las partículas transfieren energía entre ellas, para determinar

¹⁸<http://3.bp.blogspot.com/wJq7PUHoYoY/TWqq8ry4OfI/AAAAAAAAACY8/KaOsYzuaLBY/s800/Figura%2B2>

si un flujo el laminar o turbulento se utiliza la ecuación de Reynolds si es menor a 2000 el flujo es laminar, y si es mayor a 3000 el flujo es considerado turbulento, la ecuación de Reynolds depende de la densidad, de la viscosidad del fluido y del radio del tubo.

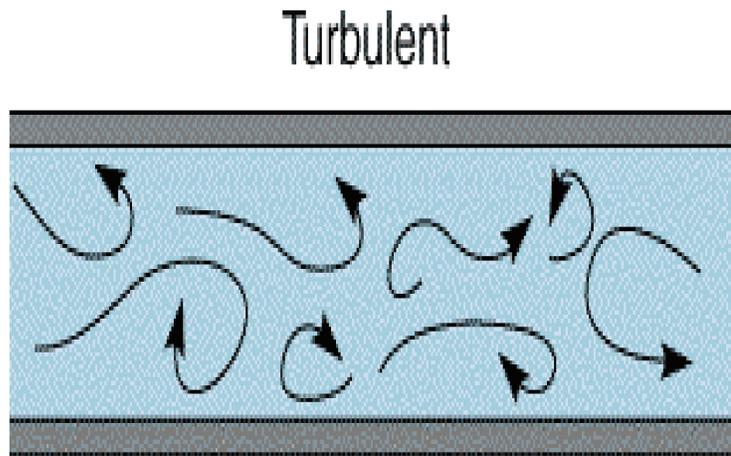


Figura III.2 Flujo Turbulento¹⁹

3.3.4. Presión

La presión de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y actúa normalmente a cualquier superficie plana. La fuerza ejercida por un fluido sobre el objeto es siempre perpendicular a la superficie del objeto.

¹⁹<http://ingesports.files.wordpress.com/2012/12/flujo-laminar-y-turbulento.gif>

3.3.5. Tensión superficial

La tensión superficial de un líquido se define como el trabajo realizado para aumentar en una unidad su superficie libre. Se debe a las fuerzas de atracción que se ejercen entre las moléculas de la superficie libre de un líquido, que son debidas a la cohesión entre sus moléculas y a la adhesión entre moléculas del líquido y las paredes del recipiente.

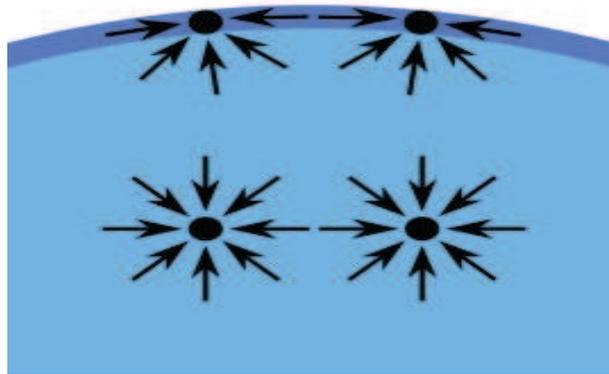


Figura III.3 Tensión Superficial²⁰

3.3.6. Capilaridad

La elevación descenso de un líquido en un tubo capilar viene producida por la tensión superficial, dependiendo de las magnitudes relativas de la cohesión del líquido y de la adhesión del líquido a las paredes del tubo.

²⁰<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Wassermolek%C3%BCleInTr%C3%B6pfchen.svg/269px-Wassermolek%C3%BCleInTr%C3%B6pfchen.svg.png>

La capilaridad tiene importancia en tubos de diámetro aproximadamente menores de 10mm.

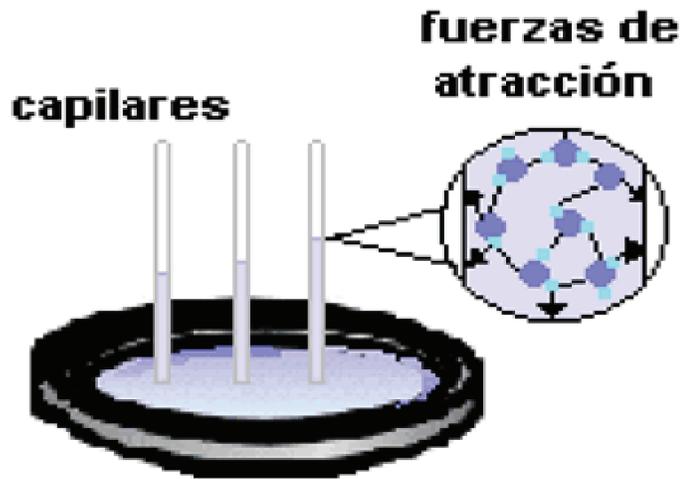


Figura III.4 Capilaridad²¹

3.4. Numero de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional cuyo valor indica si el flujo sigue un modelo laminar o turbulento. Este análisis es importante en el caso de que los fluidos sean transportados de un lugar u otro.

Para la obtención del número de Reynolds se deberá considerar los diferentes parámetros entre ellos se encuentra, la velocidad del fluido, del diámetro de

²¹http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000051/lecciones/cap01/imagenes/06_08_03.gif

tubería, o diámetro equivalente si la conducción no es circular, y de la viscosidad cinemática o en su defecto densidad y viscosidad dinámica.

En una tubería circular se considera:

- $Re < 2300$ El flujo sigue un comportamiento laminar.
- $2300 < Re < 4000$ Zona de transición de laminar a turbulento.
- $Re > 4000$ El fluido es turbulento

3.5. Bombas

Se puede decir que una bomba se encarga de convertir energía mecánica en energía fluida. La bomba es una máquina cuya función es mover el agua. Para ello está provista de un motor, la energía que recibe el motor se transmite al agua, causando su movimiento.

Las bombas no generan presión, esta es debida al propósito de crear caudal, comprimiendo así el fluido y generando la fuerza necesaria para una determinada presión.



Figura III.5 Bomba²²

3.5.1. Como seleccionar una bomba

Para la selección de las bombas, se debe considerar las características del trabajo que se desea realizar entre se encuentran las siguientes:

- Presión máxima de trabajo.
- Rendimiento de la bomba.
- Precisión y seguridad de operación.

²²<http://www.kobyelectric.com/Centro%20America/images/stories/virtuemart/product/bomba%20de%20agua95.png>

- Fácil mantenimiento.
- Máximo flujo.
- Control requerido en la fase de arranque.

3.5.2. Curva característica de una bomba

La curva característica de una bomba relaciona la presión que genera la bomba con el caudal. La bomba da su máxima presión a caudal cero, cuando no hay movimiento de agua, pues toda la energía se transforma en presión (hidrostática). A mayor caudal, menor presión, porque la energía se transforma en movimiento de agua.

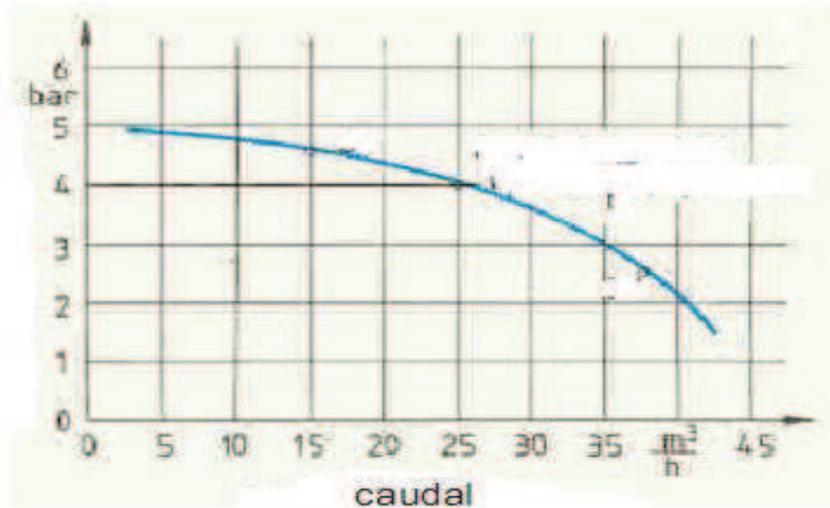


Figura III.6 Curva de una bomba²³

²³<http://campus.claroline.net/claroline/backends/download.php?url=L2N1cnZhc3RlcmlzdGJjYXZlLnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=6U5C>

3.5.3. Tipos de bombas

Las bombas que son utilizadas para la entrega de fluidos se las pueden clasificar de la siguiente manera:

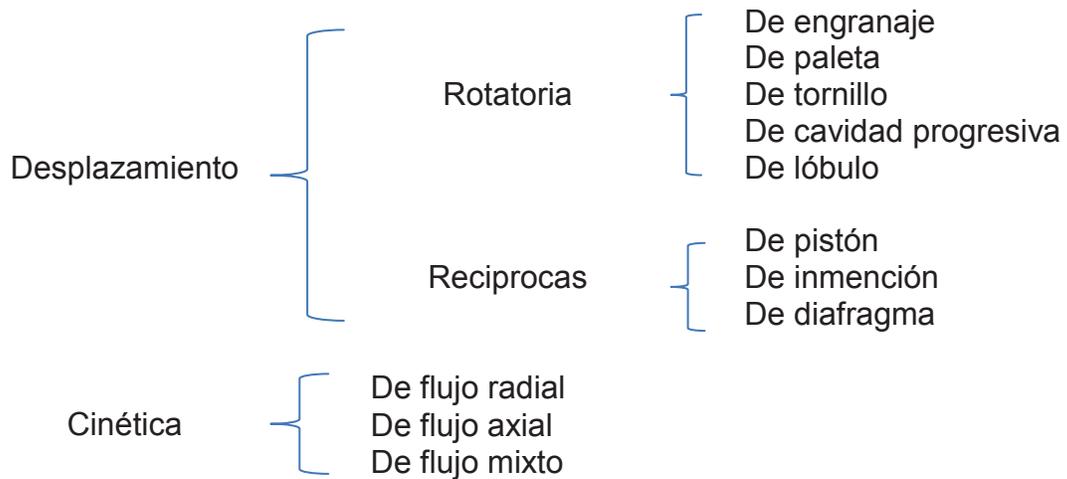


Figura III.7 Tipos de bombas²⁴

3.6. Caudal

²⁴<http://www.slideshare.net/yuricomartinez/labo-3-curvas-caractersticas-de-una-bomba>

El caudal es la cantidad de líquido que pasa en un cierto tiempo por una tubería. Concretamente, se puede decir que el caudal sería el volumen de líquido que circula dividido el tiempo.

Para la obtención del caudal se debe considerar la velocidad en la que se desplaza el fluido durante un tiempo determinado, el área de la tubería por donde se desplazara, como se puede observar en la Figura a continuación.

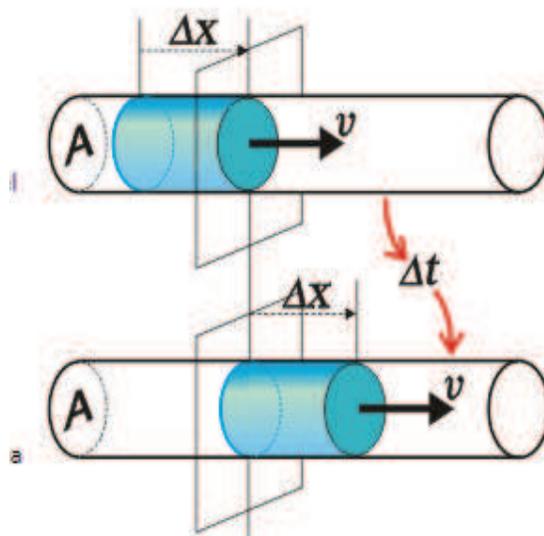


Figura III.8 Caudal de líquido ²⁵

²⁵http://neuro.qi.fcen.uba.ar/ricuti/No_me_salen/FLUIDOS/FT_caudal.html

CAPITULO IV

SISTEMAS DEL MÓDULO

4.1. Sistema Eléctrico

El Sistema Eléctrico se caracteriza por la necesidad de generar y medir señales con precisión y fiabilidad. Una forma de entender el sistema eléctrico consiste en dividirlos en las siguientes partes:

- **Entradas o Inputs.-** Sensores electrónicos o mecánicos que toman las señales del mundo físico y las convierten en señales de corriente o voltaje.

- **Circuitos de procesamiento de señales.-** Consisten de diferentes piezas conectadas juntas para manipular, interpretar y transformar las señales de voltaje y corriente provenientes de los transductores.
- **Salidas u Outputs.-** Actuadores u otros dispositivos que convierten las señales de corriente o voltaje en señales físicamente útiles.

4.1.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de percibir las señales del ambiente en donde se encuentra, analizarlo y luego con estos datos realizar un plan de acción. Al aplicar este plan de acción también debe realimentarse de las variaciones que éste sufra y de manera recursiva hacer las correcciones necesarias hasta alcanzar su objetivo.

4.1.1.1. Características

Los sensores reciben señales de entrada, la misma que genera un respuesta instantánea, sin embargo, esta respuesta puede llegar a sufrir perturbaciones externas que pueden tener como consecuencia retardo en la respuesta deseada.

4.1.1.1.1. Características Estáticas

Son consideradas como características estáticas, aquellas en las que el sensor se encuentra en un régimen permanente o con ciertos cambios muy lentos de la variable considerada a ser medida.

- **Rango.**-Se considera a los valores que toma la señal de entrada comprendidos entre el máximo y el mínimo manifestados por el sensor con cierta tolerancia de error aceptable.
- **Calibración.**-Los sensores debe poseer la facilidad de ser calibrados, el tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos.
- **Linealidad.**-Se considera lineal si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de la señal de salida con los respectivos incrementos de la señal de entrada en todo el rango de medida.
- **Resolución.**-Indica que variación de la señal de entrada produce una variación detectable en la señal de salida.
- **Reproducibilidad.**- Tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- **Precisión.**-Es definida como la variación máxima entre la salida real obtenida y la salida teórica.
- **Saturación.**- No linealidad producida por disminución de sensibilidad típicamente al principio o al final del rango.
- **Histéresis.**- Diferencia entre valores de salida correspondientes a la misma entrada, según la trayectoria seguida por el sensor.

4.1.1.1.2. Características Dinámicas

Se describen las características dinámicas, como la respuesta del sensor antes variaciones de la entrada, el mismo comportamiento que se encuentra el régimen transitorio.

- **Velocidad de respuesta.**-La capacidad que tiene el sensor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada.
- **Respuesta en frecuencia.**-Se considera a las variaciones de la señal de entrada a medida que aumenta la frecuencia, generalmente los sensores convencionales presentan una respuesta del tipo pasa bajos.
- **Estabilidad.**-Nos indica la desviación en la salida del sensor con respecto al valor teórico dado, al variar parámetros exteriores distintos al que se quiere medir

4.1.1.2. Clasificación

4.1.1.2.1. Según el tipo de señal

Analógico.-La señal analógica, puede tomar un sin número de valores que están establecidos dentro de un margen; la señal varía en forma continua dentro de dicho intervalo. Normalmente presenta problemas relacionados con la presencia de ruido, interferencias y distorsión.

Digital.- Cuando la señal solo puede tener un número finito de valores bien diferenciados dentro de un margen, es decir, que la función varía de forma discreta.

Todo o Nada.-La salida solo presenta dos estados, los cuales están separados por un valor umbral de la variable detectada.

Temporal.- Es una señal binaria con dos estados, que aporta la información del tiempo de duración de cada uno de los dos estados en la frecuencia de variación de la señal.

4.1.1.2.2. Según la naturaleza de la señal

Pasivos o Moduladores.-Requieren fuente de energía externa o una señal de excitación para poder funcionar. La magnitud de entrada solo controla la salida y no aporta o casi no aporta energía al sensor.

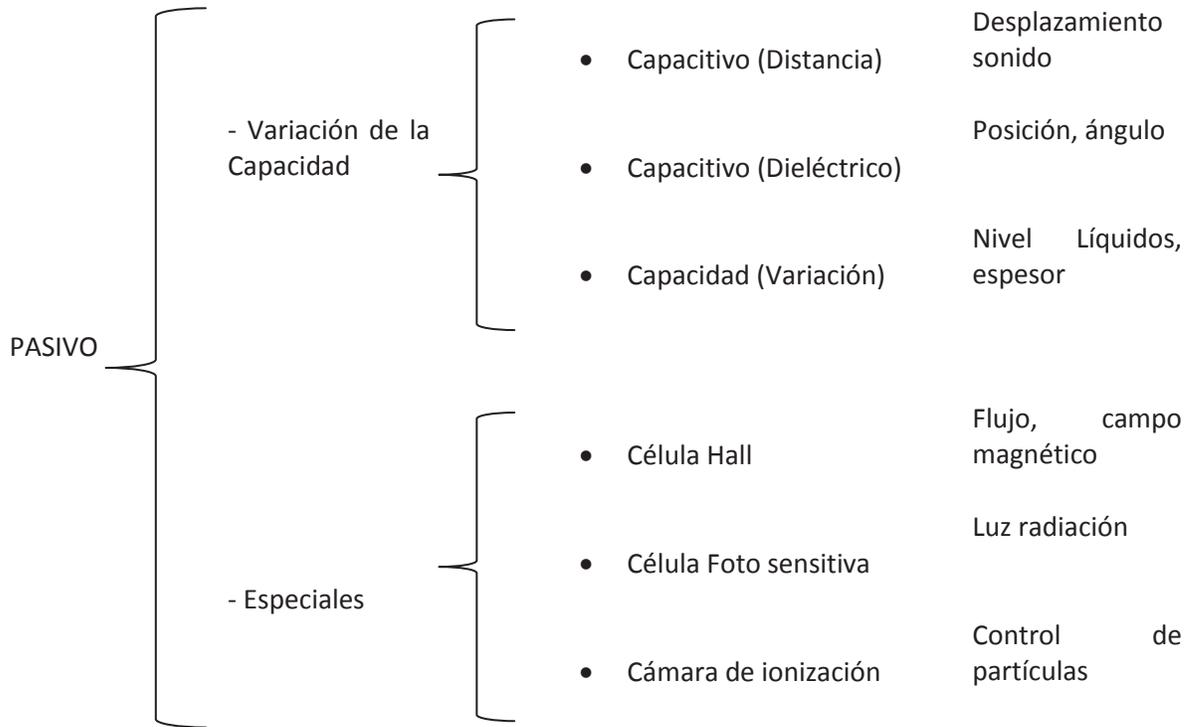


Figura IV. 1 Clasificación de pasivos²⁶

Activos o Generadores.- Generan señales representativas de las magnitudes a medir sin requerir de fuente alguna de alimentación, además convierten parte de la energía de la variable a medir en energía eléctrica para la salida del sensor.

²⁶http://www.schillig.com.ar/Sensores_de_Proximidad_fr.htm

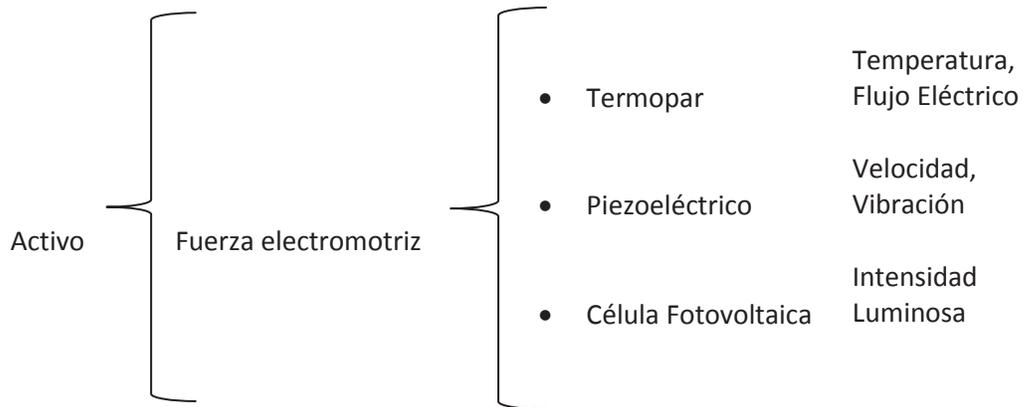


Figura IV.2 Clasificación de activos²⁷

4.1.1.3. Tipos

4.1.1.3.1. Posición, proximidad o presencia

Se trata de sensores de posición toda o nada que entregan una señal binaria que informa de la existencia o no de un objeto ante el detector.

4.1.1.3.1.1. Posición

- **Finales de carrera mecánicos.**- Son sensores neumáticos que se utilizan para determinar la presencia, ausencia, paso y posicionamiento de un objeto, transformando un movimiento mecánico en una señal eléctrica.

²⁷http://www.schillig.com.ar/Sensores_de_Proximidad_fr.htm



Figura IV.3 Finales de carrera mecánicos²⁸

4.1.1.3.1.2. Proximidad o presencia

➤ **Inductivos.-** Son detectores de posición electrónicos, que dan una señal de salida sin contacto mecánico directo, estos sensores detectan todo tipo de objetos metálicos.

❖ **Sensibles a materiales ferromagnéticos.-** Poseen un campo magnético estático, que se modifica por la presencia del material ferromagnético. Se utilizan cuando se requieren muchas actuaciones

²⁸http://mecanicaelectric.blogspot.com/2012_05_01_archive.html

o cuando las condiciones ambientales como polvo, humedad, entre otras, pueden dificultar el funcionamiento de contactos mecánicos.

- ❖ **Sensibles a materiales metálicos.-** Utilizan un campo magnético variable cuya dispersión en el espacio define el campo de sensibilidad del dispositivo. Cualquier material que puede absorber energía de dicho campo provocará un cambio de los parámetros eléctricos del sensor.



Figura IV.4 Sensores Inductivos²⁹

²⁹http://www.samsl.com/es/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.browse&category_id=123&Itemid=45

- **Capacitivos.-** Los sensores capacitivos son potencialmente capaces de detectar todos los materiales sólidos y líquidos. Como su nombre indica, estos sensores están basados en la detección de un cambio en la capacidad, inducido por una superficie que se lleva cerca del elemento sensor.



Figura IV.5Sensor Capacitivo³⁰

- **Ópticos.-** Utilizan un luz roja (visible) o infrarroja (invisible), como fuente de luz se utilizan diodos o transistores emisores de luz, los sensores constan de un emisor y un receptor. La detección se realiza por reflexión, al devolver el objeto la luz recibida, o por barrera se puede detectar cualquier tipo de objetos o productos: sólidos o líquidos.

³⁰<http://www.ecfa.com.ar/HC-P18.html>

- ❖ **Directos.**-El receptor y el emisor están en el mismo cuerpo (reflex y reflexión directa).
- ❖ **Con fibra óptica incorporada.**-Receptor y emisor no están en el mismo cuerpo (barrera).



Figura IV.6 Sensor Óptico³¹

4.1.1.3.2. Desplazamiento o movimiento

- **Medidas de grandes distancias.**- Se basan en la utilización del radar. Sistemas que detectan, la presencia y la distancia a la que se encuentran objetos por medio de ondas electromagnéticas que se ven perturbadas por la presencia de objetos que interceptan en su propagación. Puede llegar a tener un alcance de varios kilómetros.

³¹<http://www.dsplogger.com/img/productos/optico-400px.jpg>

- **Medidas de distancias cortas.**-Se utilizan para situaciones con distancias reducidas, se usa un potenciómetro acoplado a un eje roscado, el giro del eje fija la posición del elemento móvil, cuya posición se desea conocer. El principal inconveniente en el empleo de potenciómetros es el desgaste que se produce en el elemento móvil.

- **Pequeños desplazamientos.**
 - ❖ **Inductivo.**-Se lo considera como un sistema formado por dos devanados planos de igual paso, uno fijo y otro móvil que se desplaza sobre él.
 - ❖ **Resistivo.**- Se encuentra resistencias de hilo metálico o material semiconductor construidas para variar la resistencia al ser deformadas. Estas resistencias son conocidas con el nombre de Bandas Extensiométricas.
 - ❖ **Capacitivo.**- Esta puede variar la capacidad de un condensador, modificando la distancia entre las placas.

- **Medidores de ángulos.**- También conocidos como sensores de desplazamiento angular estos son utilizados en los sistemas de control, como en determinar la posición del eje de un motor.

Los sensores angulares también aprovechan de los efectos: resistivos, inductivos, capacitivos; aunque el más empleado es el encoder, puesto que permite digitalizar la posición angular que se desee conocer.

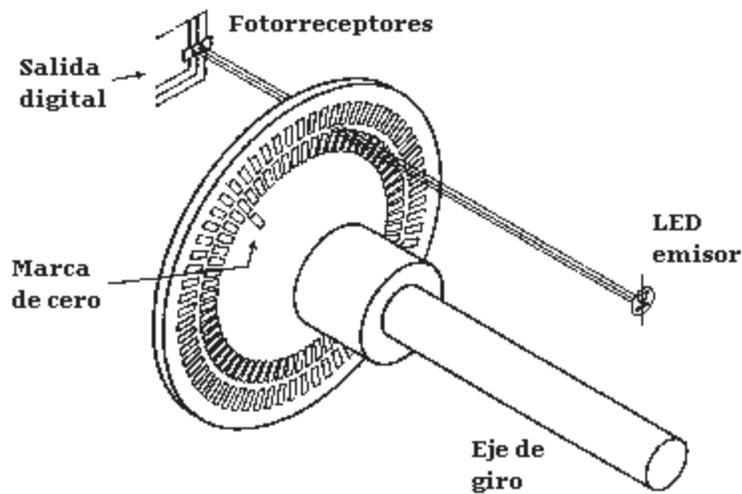


Figura IV. 7Encoder³²

4.1.1.3.3. Velocidad

Tacómetros Eléctrico.- Los tacómetros eléctricos son dispositivos que sirven para indicar la velocidad de rotación de piezas en movimiento rotacional. Estos aparatos basan su funcionamiento en el crecimiento o disminución del voltaje o la

³²<http://www.forosdeelectronica.com/f16/encoders-informacion-tecnica-25/>

frecuencia de la corriente producida por un generador de corriente alterna al que se le aplica la velocidad de rotación a medir.



Figura IV. 8 Tacómetro Eléctrico³³

➤ **Tacómetro Mecánico**

- ❖ **Contador de revoluciones.-** Consiste en un tornillo sinfín que se acopla al eje cuya velocidad se quiere medir. . El sinfín hace girar a dos ruletas concéntricas calibradas.

³³<http://spanish.alibaba.com/product-gs/52mm-smoke-lens-super-white-led-electrical-tachometer-gauge-554781449.html>



Figura IV.9Tacómetro mecánico con tornillo sinfín³⁴

- ❖ **Tacómetro centrífugo.**- o. Va provisto de dos esferas, que por efecto de la fuerza centrífuga, se alejan tanto más del eje cuanto mayor sea la velocidad angular.

³⁴<http://www.directindustry.es/prod/rheintacho-messtechnik/tacometros-40140-486048.html>

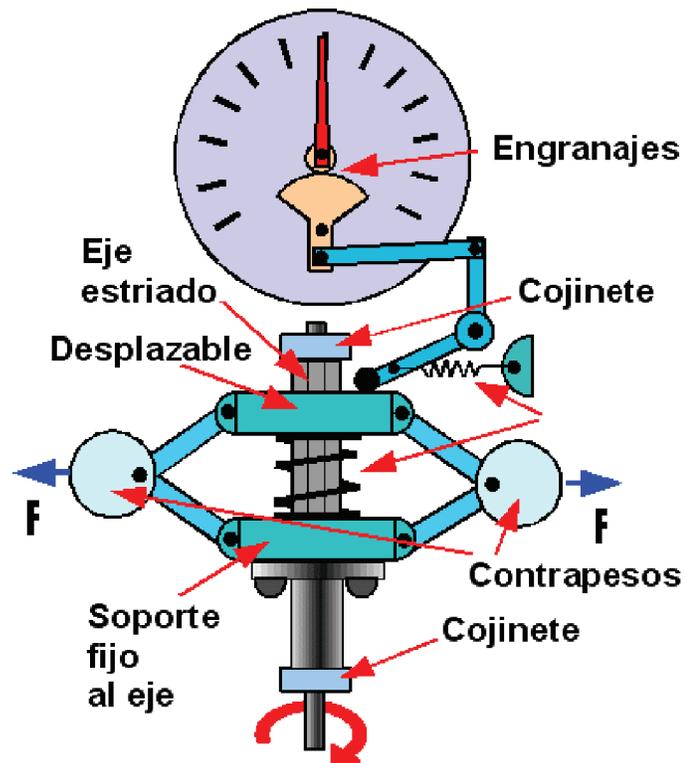


Figura IV.10 Tacómetro centrífugo³⁵

4.1.1.3.4. Presión y/o fuerza.-

- **Mecánicos.-** Usan el principio de medir la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas o usando elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen. se diferencian dos categorías en función de la forma en la que tomen la medida de la presión de manera directa o indirecta.

³⁵<http://www.sabelotodo.org/aparatos/tacentrifugo.html>

- ❖ **Directa.**-Se realiza la comparación de la presión con la presión ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas, en este caso se utiliza el manómetro de tubo en U.
 - ❖ **Indirecta.**- En ellos la presión se determina en función de la deformación experimentada por diversos elementos elásticos, entre los más importantes se encuentra: Tubo Bourbon, Diafragma, Fuelle.
- **Electromecánicos.**- Utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un sensores eléctrico que genera la señal correspondiente a la presión soportada. Se encuentra cuatro grupos:
- ✓ Galgas extensiométricas
 - ✓ Transductores piezoeléctricos
 - ✓ Resistivos
 - ✓ Capacitivos

4.1.1.3.5. **Temperatura:**

Se considera como una de las magnitudes físicas que más afecta a los sistemas de control por lo mismo es controlado con mayor exactitud.

- **Termoresistencias.**- Se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un conductor con la temperatura. Las termoresistencias están constituidas

por un hilo muy fino de un conductor metálico, bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

- ❖ **Termistores NTC.**-La variación de la resistencia disminuye al incrementarse la temperatura, en otras palabras podemos decir que la temperatura será negativa.
- ❖ **Termistores PTC.**-La temperatura en este caso será positiva, por lo que podemos interpretar que la resistencia aumenta o disminuye según si la temperatura aumento o disminuye respectivamente.



Figura IV.11Termoresistencias³⁶

³⁶<http://www.logismarket.com.ar/silse/termorresistencias/2344900406-1449439452-p.html>

- **Termopares.-** En la unión de dos materiales distintos por uno de sus extremos se llegara habitúeselos obtener una fuerza electromotriz. Cuando la unión de los materiales se calientan aparece una diferencia de potencial en los extremos libres.

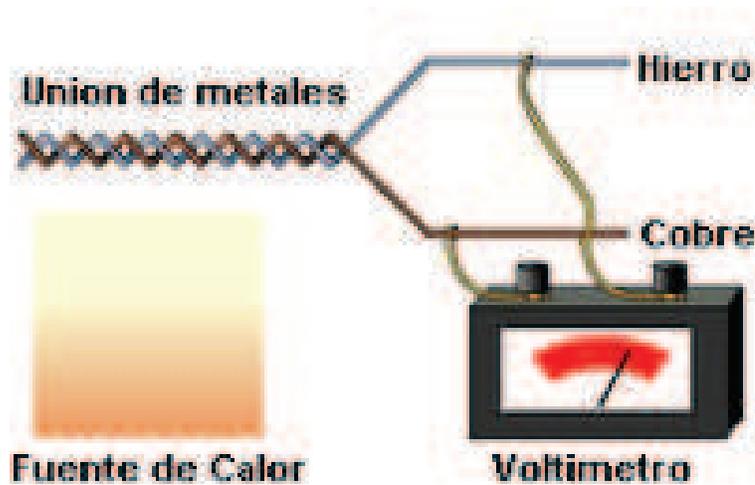


Figura IV. 12Funcionamiento de los Termopares³⁷

- **Pirómetros de radiación.-** Su actividad está basada en la capacidad que tienen los cuerpos de emitir energía radiante en función de la cuarta potencia de su temperatura absoluta.

4.1.1.3.6. Luz.-

Estos sensores son muy utilizados para realizar mediciones de variación de la intensidad luz, en diferentes situaciones

³⁷<http://helujilo.blogspot.com/2009/02/medicion-de-la-temperatura-del-motor.html>

- **Fotoresistencias o LDR.-** Es aquel sensor de coeficiente de luz negativo, es decir la resistencia disminuye al aumentar la luz o viceversa. Su funcionamiento se puede describir como la variación de resistencia dependiendo de la luz que llega habitúeselos incidir sobre el mismos.

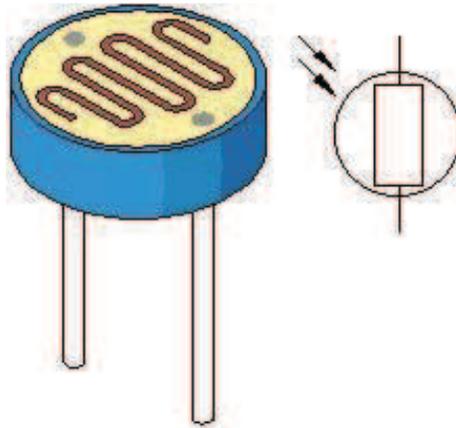


Figura IV. 13Fotoresistencia.³⁸

- **Fotodiodos.-** Son sensibles a la luz visible e infrarroja, para tener un funcionamiento correcto debe polarizar inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

³⁸<http://electronicsbus.com/light-dependent-resistor-ldr-light-sensor-solar-lighting/>

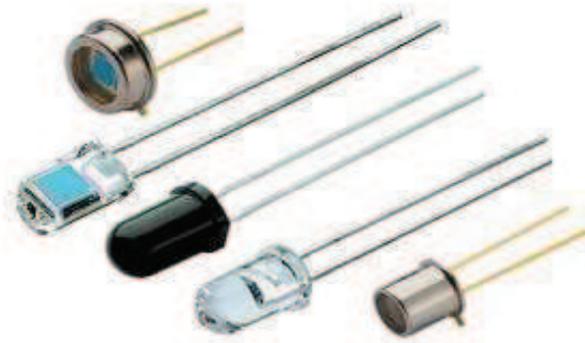


Figura IV.14Fotodiodos³⁹

- **Fototransistores.-** Funcionan de manera similar a la de un transistor normal en el que la corriente que se inyecta por la base del transistor ha sido suministrada por la luz.



Figura IV.15Fototransistor⁴⁰

³⁹http://lasereseffectofotoelectrico.blogspot.com/2010_10_01_archive.html

4.1.2. Conductores Eléctricos

Los conductores eléctricos son considerados unos de los elementos más importantes en la automatización, por la necesidad existente en obtener y entregar datos e información de cada proceso; de esta forma se tomara las decisiones correctas para un perfecto funcionamiento y corrección de cualquier complicación que podría tener el proceso. La comunicación entre los sensores y el receptor debe establecerse mediante un cableado adecuado evitando así cualquier falla.

El cable a utilizarse debe ser confiable en la transmisión de datos, seguro eléctricamente y mecánicamente adecuado al lugar donde será instalado.



Figura IV.16 Conductores Eléctricos. ⁴¹

⁴⁰<http://pilithazelectronics.blogspot.com/p/productos.html>

⁴¹<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/10802644/Conductores-electricos.html>

4.1.2.1. Clasificación

Generalmente los conductores se encuentran catalogados bajo los siguientes criterios:

➤ **Según su construcción**

- ❖ **Alambre.-** Conductor eléctrico que se encuentra formado por un solo hilo sólido.
- ❖ **Cable.-** Conductor fabricado por una serie de alambres o hilos con la finalidad de darle mayor flexibilidad.
- ❖ **Cable paralelo o dúplex.-** No es más que conductores aislados individualmente que se encuentran unidos únicamente por sus aislamientos.
- ❖ **Cable encauchado.-** Son conductores de dos o más cables independientes y aislados individualmente.

➤ **Según su número de conductores.**

- ❖ **Mono-conductor.-** Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislamiento y con o sin cubierta protectora.
- ❖ **Multi-conductor.-** Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislante.

4.1.2.2. Tipos

Existen distintos tipos de conductores, los mismos que pueden ser divididos en dos grupos:

- **De alta conductividad.-** Son aquellos que corresponden a los materiales que se emplean, fundamentalmente, para transportar corriente eléctrica con baja pérdida.

Entre esta categoría encontramos los siguientes:

- ❖ **Plata.-** La plata es, considerada como el material con mayor conductividad pero su uso es muy limitado debido a su elevado costo. Este material se caracteriza por ser muy dúctil, maleable y no muy duro y fácil de soldar.
- ❖ **Cobre.-** El cobre es el material de uso más generalizado como conductor eléctrico, debido a su conductividad elevada y a su costo moderado. Se caracteriza por ser dúctil y maleable, sencillo de estañar y soldar y es muy resistente a la tracción.
- ❖ **Aluminio.-** La conductividad en el aluminio es menor que en los dos metales anteriormente mencionados, se caracteriza por tener una baja resistencia habitúeselos la tracción.

- **De alta resistencia.-** Este grupo se encuentra compuesto por materiales que se utilizaran para producir una caída de potencia.
 - ❖ ***Aleaciones de níquel y cobre.-*** Esta alineación presentan una resistencia al paso de corriente eléctrica relativamente baja y una fuerza electromotriz elevada en relación al cobre, por lo que no es adecuada para instrumentos de medida de precisión, pese a tener un bajo coeficiente de temperatura.
 - ❖ ***Aleaciones de níquel y cromo.-*** En esta alineación se encuentra un coeficiente de resistencia mayor y una fuerza electromotriz pequeña con respecto al cobre, además presenta un coeficiente bajos de temperatura.

4.2. Sistema Neumático

En la actualidad se encuentran diferentes procesos basados en el sistema neumático, el mismo que utiliza la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.

4.2.1. Cilindros Neumáticos

Los cilindros neumáticos son dispositivos mecánicos que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética y se accionan mediante aire

comprimido, y esta presión se expande dentro de la cámara lo que fuerza al pistón a moverse en la dirección deseada en un desplazamiento lineal. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón.

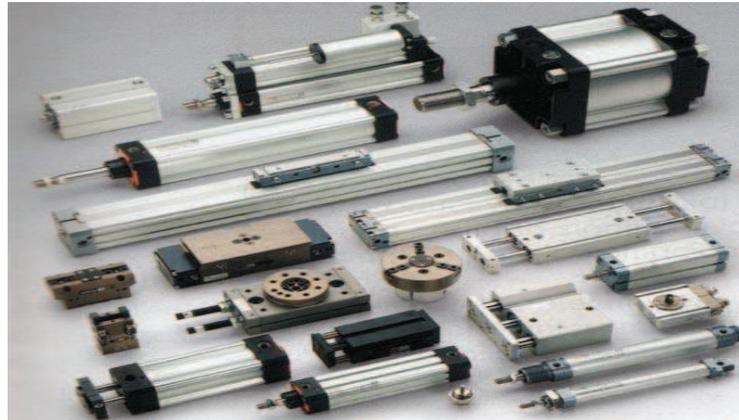
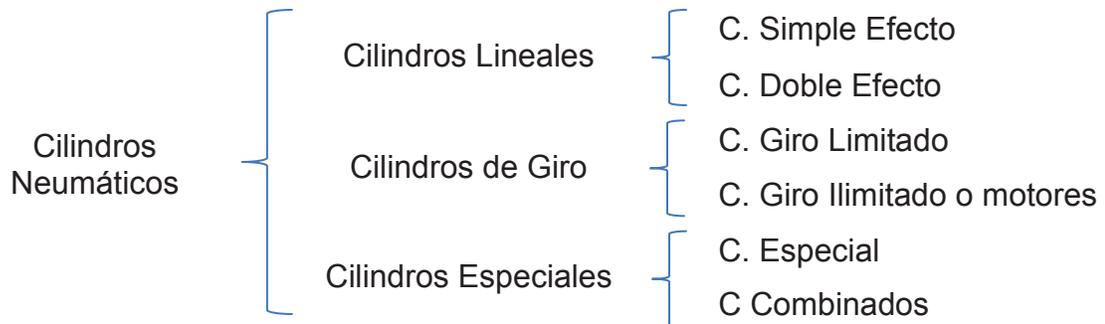


Figura IV. 17 Cilindros Neumáticos. ⁴²

4.2.1.1. Clasificación



⁴²<http://www.hidraulicaprado.com/fotos/cat22400-cilindrosneumaticos.jpg>

4.2.1.1.1. Cilindros Lineales

Representan los cilindros más comunes utilizados en circuitos neumáticos, este consiste de un cilindro cerrado con un pistón en su interior que desliza y que transmite su movimiento al exterior mediante un vástago. Entre los cilindros lineales encontramos:

- **C. Simple Efecto.**-Es aquel que posee una sola entrada de aire desarrollando un trabajo en un solo sentido.
- **C. Doble Efecto.**-Posee dos entradas de aire para poder realizar tanto su carrera de avance como de retroceso, es decir el trabajo que este cilindro realiza es en doble sentido.

4.2.1.1.2. Cilindros de Giro

Por el movimiento de giro que realizan los cilindros son capaces de transformar energía neumática en energía mecánica. Este grupo se encuentra:

- **C. de giro limitado.**-Son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución.
- **C. de giro ilimitado o motores.**-Se caracterizan por proporcionar un elevado número de revoluciones por minuto, además son aquellos que proporcionan un movimiento rotatorio constante.

4.2.1.1.3. Cilindros Especiales

Se considera como cilindros especiales aquellos que son fabricados bajo pedido, o para cierta aplicación definida.

4.3. Sistema Informático

4.3.1. PLC

También conocido como **Autómata Programable**, este dispositivo electrónico nos permite controlar la lógica del funcionamiento de distintos procesos industriales.

El PLC, nos permite realizar el control en tiempo real, además la manipulación de señales analógicas, digitales y operaciones de regulación es más simple.

Los principales tipos de PLC que existen son:

- Compactos
- Semimodulares
- Modulares



Figura IV.18 PLC Telemecanique⁴³

4.3.1.1. Componentes del PLC

- **Fuente de Alimentación.-** Proporcionan la energía requerida para alimentar al CPU, módulos de expansión, entradas digitales, pantalla de operador. El voltaje de ingreso de las fuentes varía entre 80 a 240 VAC y la salida para la alimentación es de 24 VCD, la potencia de estas es variable, dependiendo de la aplicación y el número de entradas y salidas así como módulos de expansión a usar.
- **Unidad central de proceso (CPU).-** Es el cerebro del autómata, en él se programa la secuencia de control, y manipula el accionamiento de las salidas digitales y analógicas del sistema, dependiendo de las entradas.

⁴³http://img1.mlstatic.com/plc-twido-telemecanique-schneider-electric-twdlmda20dtk_MLV-O-30133902_8329.jpg

- **Módulos de entrada.**-Los módulos de entradas son módulos de expansión que permiten incrementar el número de señales al PLC ya sea analógicas o digitales. Las señales que se permiten como entrada son de corriente alterna o directa, de 4 a 20 mA.
- **Módulos de salida.**- Los módulos de expansión de salida, al igual que los de entrada nos brindan la capacidad de incrementar las salidas necesarias para lograr una escalabilidad del sistema, estas salidas poseen una corriente de 4 a 20 mA.
- **Módulos Periférico.**- Los módulos periféricos son herramientas útiles que sirven para realizar operaciones de conteo, control de posición y comunicación.

4.3.2. Norma IEC 61131-3

La norma IEC 61131-3, es considerada como el primer esfuerzo real, para la estandarización de los autómatas programables y sus periféricos, incluyendo los lenguajes de programación que se deberán utilizar, permitiendo de esta manera que el trabajo sea independiente de cualquier compañía.

En la Figura IV.19 se puede apreciar la división del estándar.



Figura IV.19 División de Estándar⁴⁴

4.3.2.1. Elementos Comunes

Dentro de los elementos comunes se encuentra los siguientes:

- Tipos de Datos
- Variables
- Configuración, recursos, tareas

4.3.2.1.1. Tipos de Datos

Los datos previenen errores en una etapa temprana. Se usa para definir el tipo de los parámetros usados. Esto evita cualquier tipo de error, en el ingreso de los datos como por ejemplo se divida una fecha entre un entero.

⁴⁴http://www.zpss.aei.polsl.pl/content/dydaktyka/PC/PLC_IEC61131-3.pdf

4.3.2.1.2. Variables

Las variables permiten la identificación de objetos de datos cuyos contenidos pueden cambiar, por ejemplo, los datos asociados a entradas, salidas o a la memoria del autómata programable. Se crea un alto nivel de independencia con el hardware, favoreciendo la reusabilidad del software.

La extensión de las variables está normalmente limitada a la unidad de organización en la cual han sido declaradas como locales. Esto significa que sus nombres pueden ser reutilizados en otras partes sin conflictos, eliminando una frecuente fuente de errores.

4.3.2.1.3. Configuración, recursos, tareas

Al nivel más alto, el software completo que se requiere para solucionar un problema de control particular puede ser formulado como una configuración. Una configuración es específica a un sistema de control particular, incluyendo el arreglo del hardware, recursos de procesamiento, direcciones de memoria para los canales de entrada/salida y otras capacidades del sistema.

4.3.2.2. Lenguajes de Programación

Dentro del estándar se definen cuatro lenguajes de programación, los mismos que consideraran la sintaxis y semántica del programa.

Los lenguajes son de tipo textual y de tipo gráfico:

- Textuales:
 - ✓ Lista de Instrucciones
 - ✓ Texto estructurado
- Gráficos
 - ✓ Diagrama de Escalera
 - ✓ Diagrama de Bloques de Funciones

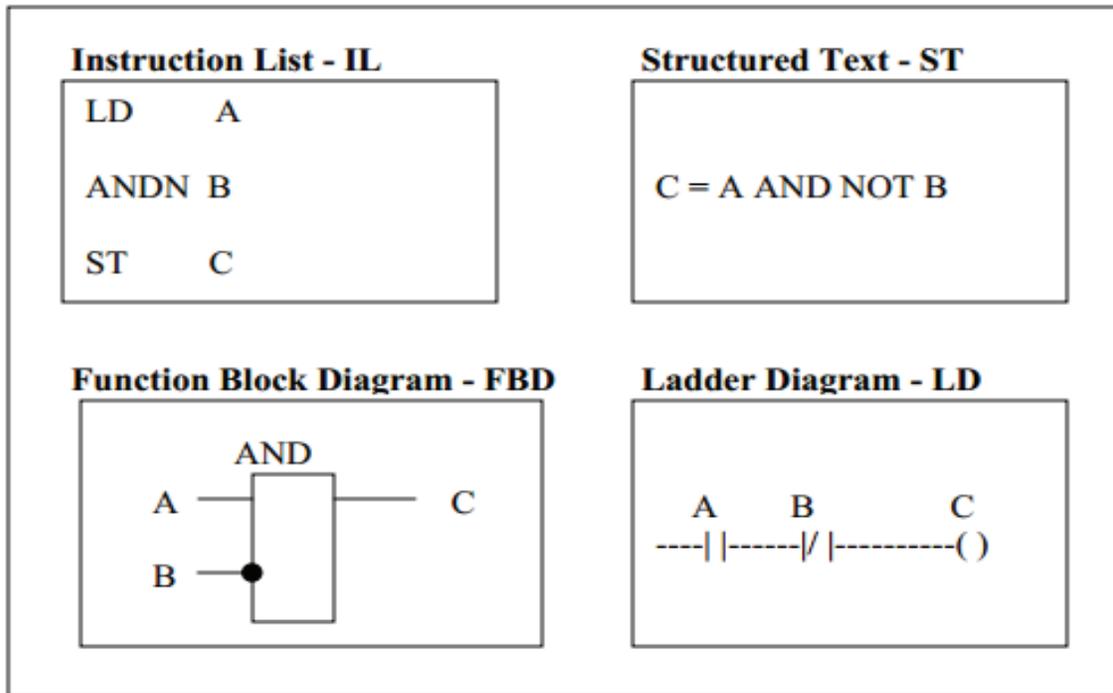


Figura IV.20 Tipos de Lenguajes de programación⁴⁵

Todos los cuatro lenguajes están interrelacionados. De esta manera, también proporcionan una forma de comunicación a personas con diferente especialidad.

⁴⁵http://www.zpss.aei.polsl.pl/content/dydaktyka/PC/PLC_IEC61131-3.pdf

El Diagrama de escalera (LD). Está basado en la representación gráfica de la lógica de relevadores.

La Lista de Instrucciones (IL). Se asemeja a los programas en ensamblador.

Diagrama de Bloques de Función (FBD). Es común en la industria de proceso y representa el comportamiento del programa mediante un conjunto de bloques de funciones a la manera de los diagramas de circuitos de electrónica.

Texto estructurado (ST). es un lenguaje poderoso de alto nivel, con sus raíces en Ada, Pascal y C. Contiene todos los elementos esenciales de un lenguaje de programación moderno, incluyendo selección del flujo de ejecución (IF-THENELSE y CASE OF) y lazos de iteración (FOR, WHILE y REPEAT), que pueden ser anidados.

4.3.3. Interfaz grafica

Las siglas HMI son provenientes del inglés Human Machine Interface, lo que en español es Interfaz Humano Máquina. Esencialmente es una interfaz que nos permite interactuar con el proceso, por lo general se muestra un computador tipo PC, aunque existen pantallas llamadas paneles de operador que son especialmente diseñadas para este propósito, el HMI sirve para manipular el proceso industrial, monitorear y/o controlar un sistema determinado. Este programa interfaz está en constante comunicación y transmisión de datos con el PLC, lo que nos permite observar el proceso en tiempo real.

Las señales del proceso son conducidas al HMI a través de tarjetas de entrada/salida en la computadora, RTU (Unidades remotas de I/O), Drive's (Variadores de velocidad de motores), o en este caso a través de un PLC, cada uno de estos dispositivos se comunica directamente con la interfaz mediante su propio lenguaje o medio

4.3.3.1. Tipos de HMI

Terminal de Operador

Es un dispositivo construido para funcionar en condiciones extremas, en ambientes agresivos, cuentan desde despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos, hasta pantallas táctiles **TOUCH SCREEN**

PC + Software

Constituye otra alternativa para la visualización del HMI, puede ser presentada en un Computador de escritorio así como también en una PC tipo industrial dependiendo del ambiente en el cual interactúe

4.3.3.2. Funciones del HMI

Entre las tareas que debería cumplir el software podemos mostrar las siguientes

- Permitir que exista una buena comunicación entre los distintos dispositivos de campo

- Generar una base de datos, o un medio de almacenamiento de las variables, para realizar un análisis estadístico o de control mediante el uso de las mismas
- Visualizar las variables que se requieran, para un mejor control y análisis del proceso
- Permitir el control manual de las variables
- Permitir al usuario la maniobrabilidad, envío y recepción de señales a través de la interfaz
- Advertir mediante señales visuales, o sonoras, el momento en el que las variables presenten un valor no adecuado para el correcto funcionamiento del proceso

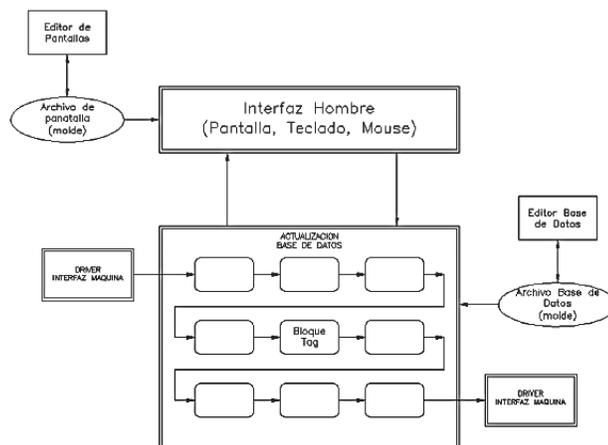


Figura IV.21 Diagrama de bloques⁴⁶

⁴⁶<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>

Se muestran los distintos bloques, cada uno de ellos puede recibir información directamente de los drivers o indistintamente de otros bloques que componen el proceso, y a su vez pueden enviar una información en respuesta.

Las funciones principales en el bloque son las siguientes

- Recepción de datos de otros bloques o de los distintos drivers
- Comparar los valores con umbrales de alarma
- Realizar los cálculos acorde a las instrucciones que se encuentran en el bloque
- Establecer los links a las distintas pantallas de visualización.
- Envío de datos a otros bloques o drivers

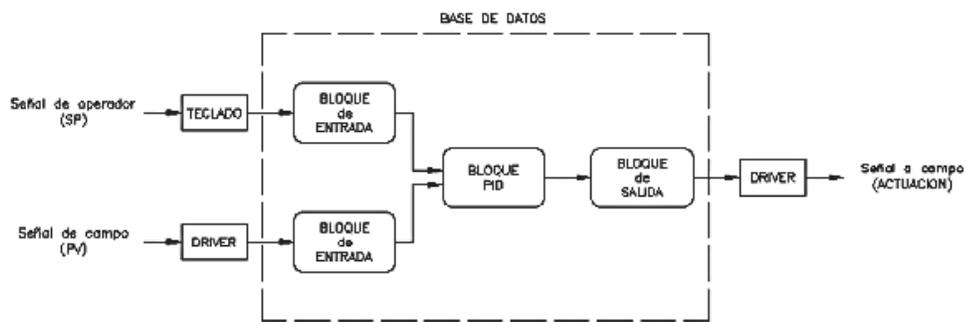


Figura IV.22 Diagrama de funcionamiento de los bloques⁴⁷

⁴⁷<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI/Introduccion%20HMI.pdf>

CAPITULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE LLENADO VOLUMÉTRICO

5.1 Introducción

El este capítulo se realizara el diseño e implementación del sistema de llenado volumétrico, tomando en cuenta varios parámetros, los cuales permitieron escoger el distinto software, el equipo AS-i, los mecanismos necesarios para la elaboración del sistema antes mencionado.

5.2 Diseño e Implementación de la Estructura del Sistema

5.2.1 Introducción

Se seleccionó el programa de SolidWork, que es un Software de Diseño utilizado para representar objetos en tres dimensiones permitiendo formarse una idea clara sobre lo que se está diseñando. Con SolidWork no solo se puede crear las piezas individuales, también accede a ensamblar las piezas creadas con anterioridad.

SolidWork es un sistema conducido por cotas se desarrolla un diseño básico compuesto por elementos y relaciones geométricas entre ellos al cambiar el valor de las cotas varía el tamaño de la pieza sin necesidad de que cambies u diseño fundamental.

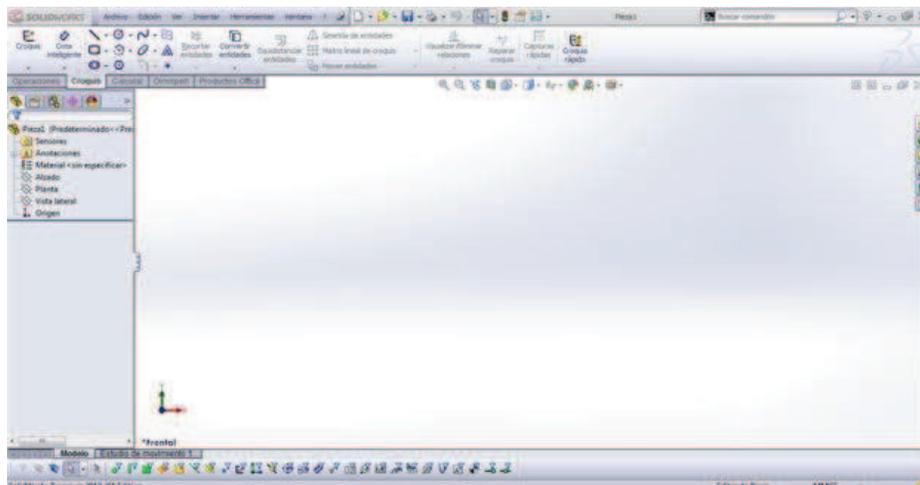


Figura V.1 Solidwork⁴⁸

⁴⁸Fuente: Tesistas

5.2.2 Elaboración de Estructura en SolidWork

El diseño computarizado sirve como base para la construcción de la estructura, y el diseño de los planos, cada una de las partes se las realizó individualmente, a través de las distintas herramientas que contienen el programa, para después ensamblarlas y generar de esta manera una visualización en 3D de la estructura, y así poder modificarla para ubicar los distintos elementos de manera eficiente. Ver anexo III.



Figura V.2Estructura⁴⁹

⁴⁹**Fuente:** Tesistas

5.3 Selección de Sensores y Actuadores

5.3.1 Cálculo y elección de Cilindros

Para la descarga de líquido en el llenado de las botellas, se debe tener en cuenta, el largo de la carrera del vástago y el diámetro del cilindro ya que estos datos brindan la cantidad de centímetros cúbicos (cc) que el cilindro es capaz de descargar, y de esta manera mediante un control de salida del vástago se puede calcular la cantidad de líquido necesario para llenar el envase.

Los cálculos realizados para la adquisición de los cilindros a utilizar en el proceso de llenado fueron realizados de forma teórica y en el programa FestoProPneu Versión 4.2.2.18. El cual permite realizar una simulación del funcionamiento ingresando datos elementales del proceso, para con ello obtener resultados para mostrar si la elección del cilindro cumple con los requisitos necesarios para un correcto funcionamiento.

5.3.1.1 Cálculo teórico

Al momento de la realización de los cálculos teóricos se debe considerar que en el mercado existen cilindros con medidas estándares, por lo que se debe concluir con los datos que se obtendrán un actuador cuyas características se aproximen a las necesidades que el proceso de llenado posee.

El cilindro es de doble efecto por lo tanto son áreas distintas tanto al avance como al retroceso

Sección del cilindro al avance

$$\text{Área del círculo} = \pi * r^2 = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \pi \left(\frac{\phi_e}{2}\right)^2 = \frac{\pi * \phi_e^2}{4}$$

$$S_{avance} = \frac{\pi * \phi_e^2}{4} = \frac{\pi * 0.063^2}{4}$$

$$S_{avance} = 0.003117245311 \text{ m}^2$$

Para el retroceso se toma en cuenta el área del vástago

$$S_{retroceso} = \frac{\pi * (\phi_e^2 - \phi_v^2)}{4} = \frac{\pi * (0.063^2 - 0.02^2)}{4}$$

$$S_{retroceso} = 0.00280308645 \text{ m}^2$$

En base a la conexión de los cilindros el volumen máximo que nos da sería el volumen en el retroceso, ya que en el avance se succiona el líquido.

$$v_{retroceso} = \left(\frac{\pi * (\phi_e^2 - \phi_v^2)}{4}\right) * e$$

$$v_{retroceso} = \left(\frac{\pi * (0.063^2 - 0.02^2)}{4}\right) * 0.2$$

$$v_{retroceso} = 0.000560617209 \text{ m}^3$$

$$v_{retroceso} = 0.000560617209 \text{ m}^3 \left| \frac{(100)^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right| = 560.617209 \text{ cm}^3$$

$\phi_e = \text{diámetro del émbolo}$

$\phi_v = \text{diámetro del vástago}$

$e = \text{carrera del cilindro}$

El tamaño del cilindro es suficiente para abastecer los 500 cm³

Fuerza teórica

$$F = P * S$$

$P = \text{presión en (BAR)}$

$S = \text{superficie útil}$

En condiciones normales de 4 a 8 BARES se supone que el rozamiento esta entre el 5 y 15% de la fuerza teórica calculada por lo que la formula quedaría así

$$F_{real\ avance} = P * S_{avance} - F_{rozamiento}$$

$$F_{real\ retroceso} = P * S_{retroceso} - F_{rozamiento}$$

$$F_{T\ avance} = 6 [BAR] * 0.003117245311 [m^2]$$

$$F_{T\ avance} = 0.01870347[BAR][m^2] \left| \frac{100.000 \left[\frac{N}{m^2} \right]}{1\ BAR} \right|$$

$$F_{T\ avance} = 1870,347 [N]$$

$$F_{R\ avance} = 1870,347 [N] - F_{rozamiento}(10\%)$$

$$F_{R\ avance} = 1870,347 [N] - 187.0347 [N]$$

$$F_{R\ avance} = 1683.3123 [N]$$

$$F_{T \text{ retroceso}} = 6 [\text{BAR}] * 0.002803086045 [\text{m}^2]$$

$$F_{T \text{ retroceso}} = 0.016818516[\text{BAR}][\text{m}^2] \left| \frac{100.000 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]}{1 \text{ BAR}} \right|$$

$$F_{T \text{ retroceso}} = 1681.851627 [\text{N}]$$

$$F_{T \text{ retroceso}} = 1681.851627 [\text{N}] - F_{\text{rozamiento}}(10\%)$$

$$F_{R \text{ retroceso}} = 1683.3123 [\text{N}] - 168.1851 [\text{N}]$$

$$F_{R \text{ retroceso}} = 1513.6664 [\text{N}]$$

Con los datos obtenidos se llegó a la conclusión que es necesario la utilización de un actuador cuyas características sea: una Carrera de 200mm y un diámetro de 63mm considerando las medidas estándar de los cilindros encontrados en el mercado.

5.3.1.2 Cálculo Simulación

Se realizó la simulación en el programa FestoProPneu Versión 4.2.2.18 para obtener cálculos más exactos, ya que ese software nos brinda la opción de colocar el tipo de cilindro que se puede utilizar, con ello a elección del actuador será lo más exacto posible.

Los parámetros de ingreso de datos son los que a continuación se pueden observar:

- i. Selección del tipo de cilindro que se desea utilizar para el proceso.



Figura V.3 Pantalla de Selección del cilindro⁵⁰

- ii. Se debe realizar la colocacion de paramtros basicos del sistema utilizada como base para la sellección, luego del correcto ingreso se debe escoger el cilindro con las características aproximadas a lo que se necesita.

⁵⁰ Fuente: Tesistas

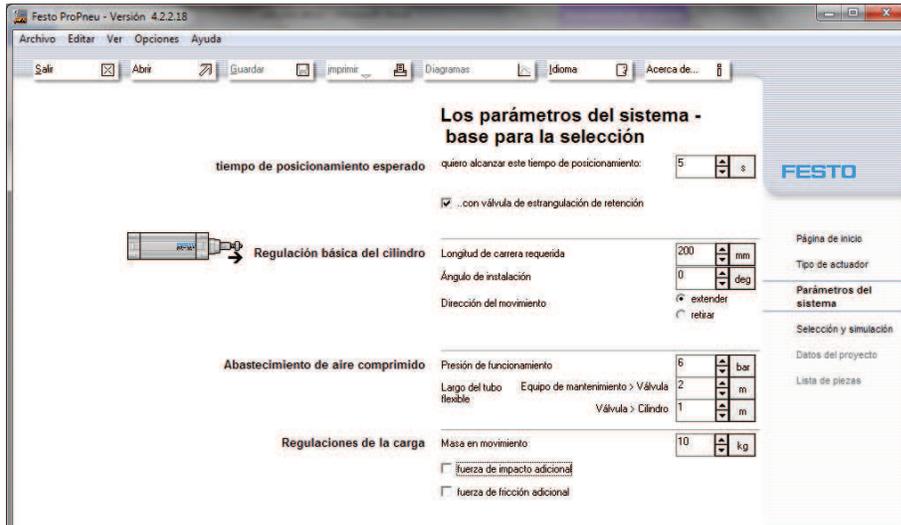


Figura V.4 Pantalla de ingreso de parámetros⁵¹

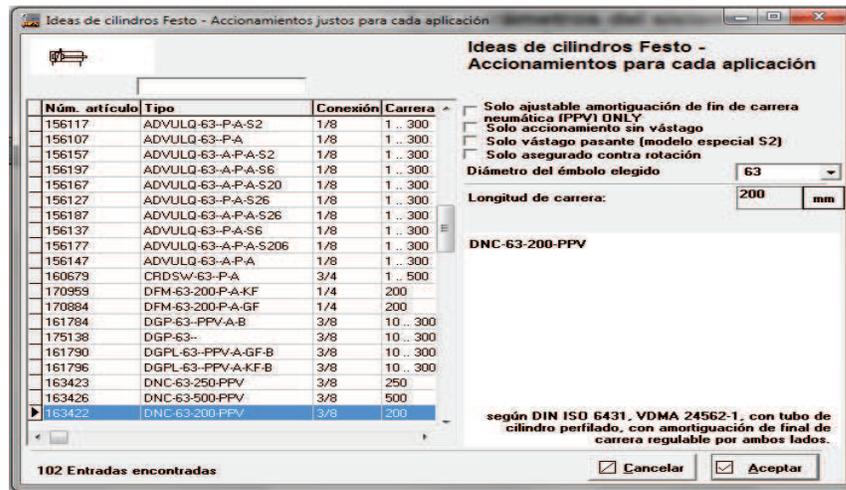


Figura V.5 Pantalla de elección de cilindro⁵²

⁵¹Fuente: Tesistas

⁵²Fuente: Tesistas

- iii. Una vez terminado el ingreso de los parámetros básicos se realiza la simulación en la cual nos permite observar los datos del funcionamiento del cilindro, en las condiciones óptimas del actuador.

Simular el sistema y optimizar los resultados
Haga click sobre el tipo de código del componente que Ud. quiere seleccionar o modificar.

Accionamiento	1xDNC-63-200-PPV
Amortiguador	
Válvula de estrangulación de retención	GRLA-3/8-QS-6-D
Tubo flexible [Cil. > Válvula]	PUN-6x1-8L
Válvula de vías	CPE24-M3H-SLS-3/8
Tubo flexible [Fuente > Válvula]	PUN-6x1-8L
Silenciador	U -3/8

Tiempo total de posicionamiento	5.04 s
Velocidad promedio	0.04 m/s
Velocidad de impacto	0.09 m/s
Max. velocidad	0.2 m/s
Energía dinámica de impacto	0.04 J
Velocidad media del aire	8.94 m/s
Consumo de aire mínimo	4.4022 l
Regulación PPV	100 %

Figura V.6 Pantalla de obtención de datos⁵³

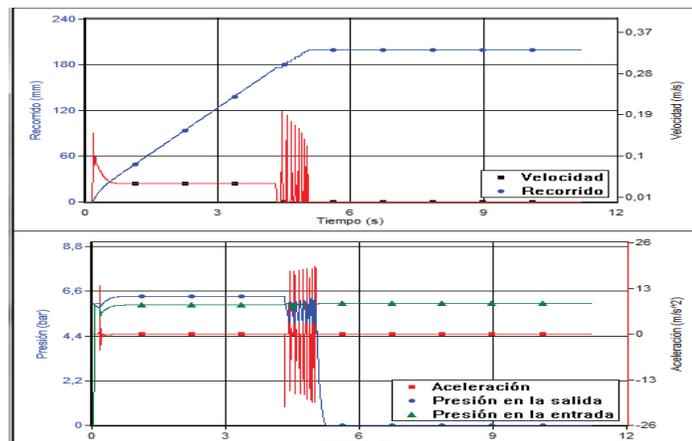


Figura V.7 Pantalla de Diagrama de simulación⁵⁴

⁵³ Fuente: Tesistas

⁵⁴ Fuente: Tesistas

La solución para que el llenado fuese exacto, se realizó mediante la unión de dos cilindros idénticos, el primer cilindro se lo conecta a la válvula y a la línea de aire comprimido, los vástagos de los cilindros están unidos, por lo tanto se puede controlar la carrera de ambos cilindros mediante una sola válvula, el segundo cilindro se conecta directamente al reservorio de agua, permitiendo que el sistema de succión y descarga se lo realice individualmente por la misma tubería. Ver Anexo IV.

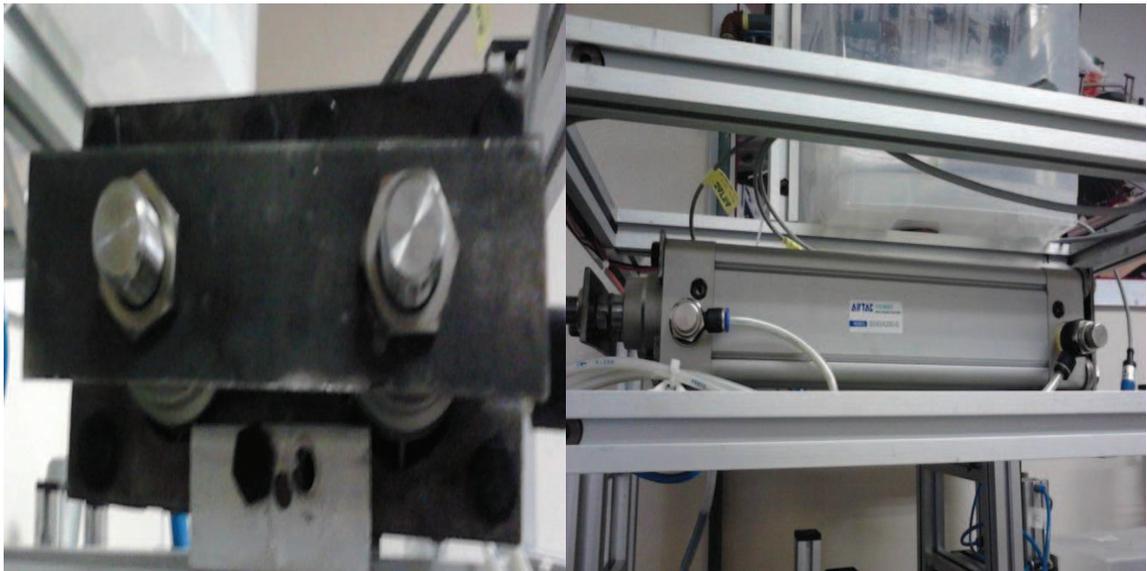


Figura V.8Acople de Cilindros ⁵⁵

⁵⁵**Fuente:** Tesistas

5.4 Sistema anti retorno de succión y descarga

5.4.1 Válvula de proceso neumática

La válvula de proceso neumática se activa al iniciar el ciclo de llenado, permitiendo el paso del agua para la succión hacia el cilindro, cuando el vástago llega hasta el sensor magnético 2 se activa la válvula 5/2 para que la válvula de proceso se cierre y de esta manera controlar la cantidad de líquido que se va a succionar. Ver Anexo V.



Figura V.9 Válvula de proceso neumática ⁵⁶

⁵⁶ Fuente: Tesistas

5.4.2 Electroválvula

La electroválvula es la encargada de controlar la apertura y cierre del paso del líquido en la parte del proceso de dosificación del agua hacia las botellas, el control se lo realiza mediante una memoria en el ladder que se acciona al momento de la reinyección del líquido hacia la botella, el resto del proceso permanece cerrada para permitir la succión del líquido. Ver Anexo VI.



Figura V.10Electroválvula⁵⁷

⁵⁷**Fuente:** Tesistas

5.4.3 Válvula Check

La válvula Check permite tener un control unidireccional de flujo, lo que evita el retorno del líquido por la tubería.

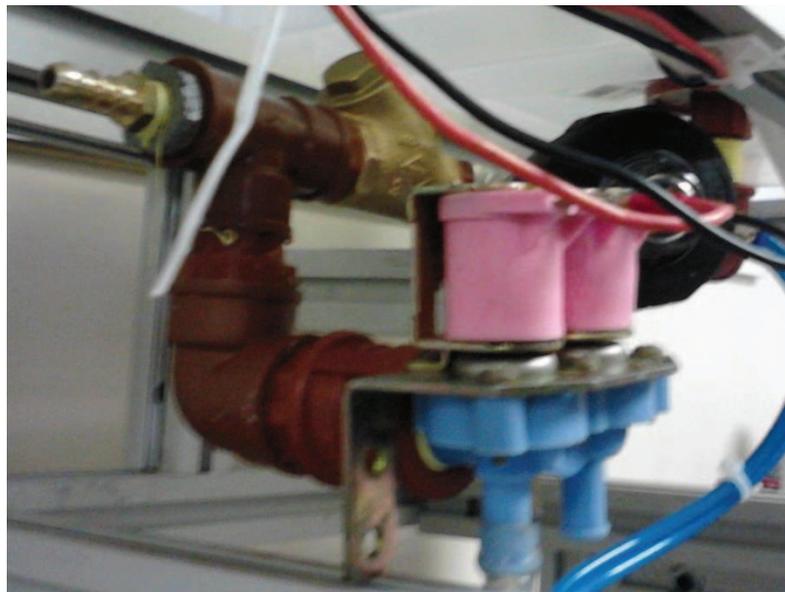


Figura V.11Válvula Check⁵⁸

5.5 Control de Proceso

Se realizó el control del proceso por medio de sensores⁵⁸ que envían la respectiva señal la cual será transmitida por el esclavo para realizar su pertinente trabajo.

⁵⁸**Fuente:** Tesistas

5.5.1 Sensor Magnético

El sensor magnético tiene como funcionalidad detectar la posición del vástago del cilindro, la señal obtenida es utilizada en el control de la carrera necesaria para llenar el envase con el líquido respectivo. Ver Anexo VII.



Figura V.12 Sensor Magnético⁵⁹

5.5.2 Sensor Capacitivo

El sensor capacitivo es utilizado como detector de nivel de agua, la señal obtenida del capacitivo permite el arranque del proceso cuando el nivel el líquido se encuentra en su nivel máximo, y en caso del llenado a través de la bomba es indicador principal de paro del actuador de llenado. Ver Anexo VIII.

⁵⁹Fuente: Tesistas

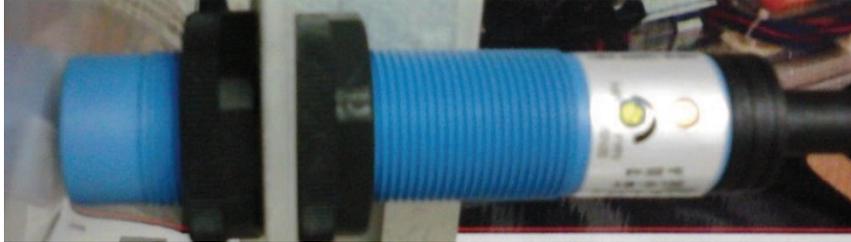


Figura V.13 Sensor Capacitivo⁶⁰

5.5.3 Sensor Óptico

El sensor óptico dentro del sistema es utilizado como detector de presencia de botella, mandando la señal que nos permite cumplir con las condiciones iniciales para la realización del proceso de llenado volumétrico. Ver Anexo IX.



Figura V.14 Sensor Óptico⁶¹

⁶⁰**Fuente:** Tesistas

⁶¹**Fuente:** Tesistas

5.5.4 Flotador

El flotador es un switch detector de nivel de agua, que al activarse permite el accionamiento de la bomba para el llenado del tanque reservorio.



Figura V.15 Flotador⁶²

5.6 Diseño e Implementación de Red AS-i

5.6.1 Cálculo de Red AS-i

Tomando en cuenta las especificaciones técnicas de una red AS-i, en cuanto a la distancia máxima de transmisión de datos entre el Maestro y los Esclavos. La conexión AS-i del sistema de llenado no excede los parámetros permitidos por lo tanto no es necesario la utilización de repetidores, los cálculos respectivos en cuanto a longitudes se detallan a continuación:

$$L_r = L_c + 2(L_d)$$

Dónde:

⁶²Fuente: Tesistas

L_c = Longitud total del cable plano

L_d = Longitud total de las derivaciones

L_r =Longitud de la red

5.6.2 Maestro AS-i

El Maestro utilizado es **TWDNOI 10M3**, nos sirve como interface de comunicación entre los esclavos AS-i y el PLC (Telemecanique) **TWIDO TWDLCDE 40DRF**. Ver Anexo X.



Figura V.16 Maestro AS-i TWDNOI 10M3⁶³

⁶³Fuente: Tesistas

5.6.3 Esclavo AS-i

Para la conexión de los actuadores y sensores es necesario la utilización **4**Esclavos **ASI 67FMP44D**, como causa directa del número de entradas y salidas E/S que contienen el control del sistema. Ver Anexo XI



Figura V.17 Esclavos ASI 67FMP44D⁶⁴

5.6.4 Fuente de Red AS-i

Las características de la Fuente de alimentación **ASI ABLM 3024**, utilizada en la red de comunicación nos proporciona el voltaje necesario acorde a los cables seleccionados que este caso es de 24 Vdc. Ver Anexo XII.

⁶⁴Fuente: Tesistas



Figura V.18 Fuente de alimentación ASI ABLM 3024⁶⁵

5.6.5 Conectores macho E/S

Los conectores machos **XZCP1564L05**, son conectores tipo M12 de 5 pines, cada uno nos proporciona un voltaje de +24v, 0V, +AS-i, -As-i siendo el quinto pin no conectado. Ver Anexo XIII.



Figura V.19 Conector macho XZCP1564L05⁶⁶

⁶⁵ Fuente: Tesistas

⁶⁶ Fuente: Tesistas

5.6.6 PLC (Telemecanique) TWIDO TWDLCE 40DRF

El PLC es encargado de enviar los datos adquiridos por Maestro AS-i, al PC a través del protocolo de comunicación Modbus que nos facilita la comunicación desde el puerto serial del PC hacia conector del PLC transmitiendo tanto el envío como la recepción de los distintos datos logrando una comunicación efectiva desde el PC hacia los sensores y actuadores. Ver Anexo XIV.



Figura V.20PLCTWIDO TWDLCE 40DRF⁶⁷

⁶⁷ Fuente: Tesistas

5.7 Programación

5.7.1 Diseño de Grafcet

Previo a la realización del diagrama ladder se realizó el Grafcet, el cual permite hacer un modelo del proceso a automatizar, tomando en cuenta las distintas entradas y salidas, la representación realizada mediante etapas. Una etapa se activa cuando se cumple la condición de transición es decir se activa la siguiente etapa y se desactiva la precedente, almacenando en memorias las etapas que permiten tener un seguimiento del proceso secuencial. Ver Anexo XV.

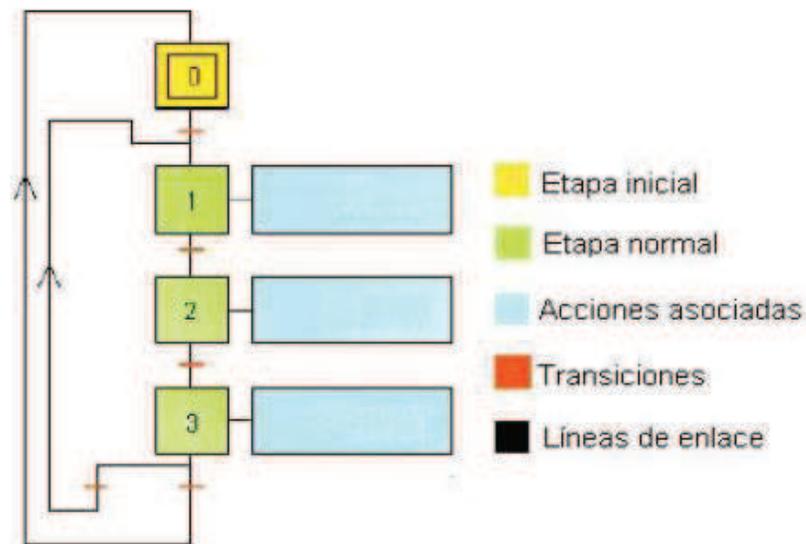


Figura V.21 Elementos del Grafcet ⁶⁸

⁶⁸<http://edison.upc.edu/curs/grafcet/basic/elementos.html>

5.7.2 Diseño Ladder

Un Ladder se lo considera como esquemas que permiten representar la lógica de control de sistemas industriales, representada por las condiciones generadas en el GRAFCET, que permiten o niegan el paso de corriente de una línea a otra, se lo realiza mediante la manipulación de contactos normalmente abiertos NA o normalmente cerrados NC. El ladder fue realizado en el software Twido Suite 2.20.

5.7.2.1 TwidoSuite

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, con una gran variedad de funciones que nos permiten crear, configurar y mantener programas para el control de los distintos procesos, este software nos permite interactuar con los distintos sensores y actuadores del proceso que están conectados al Maestro AS-i por medio del PLC para la transferencia de programas a los autómatas programables.

Un autómata programable lee entradas, escribe salidas y resuelve lógica basada en un programa de control. La creación de un programa de control para un autómata. En TwidoSuite se realizara una serie de instrucciones tipo ladder bajo la norma IEC 61131-3.

Las principales funciones del software TwidoSuite son:

- Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.

- Diseño de software sin menús. Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- Soporte de programación y configuración
- Comunicación con el autómata
- Ayuda de primera mano acerca del nivel de tareas que ofrece enlaces relevantes a la ayuda en línea.

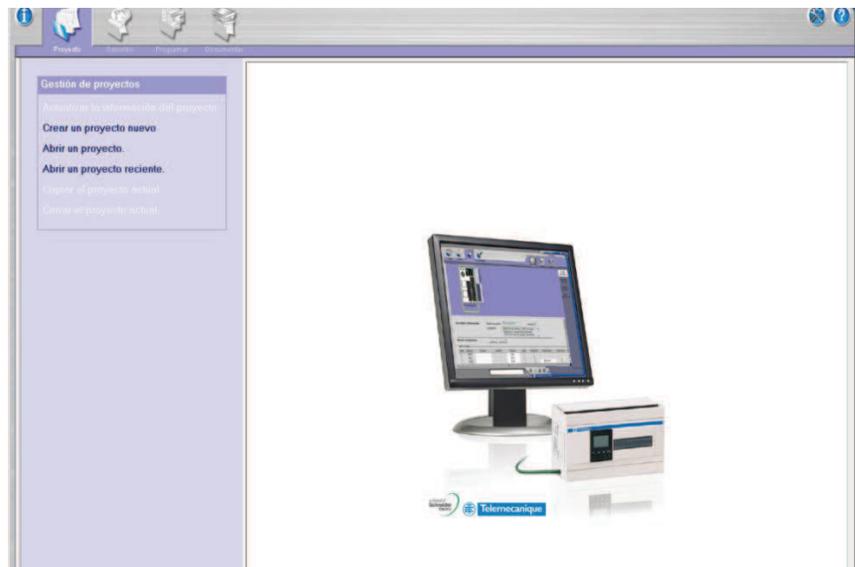


Figura V.22 Pantalla inicio Twido Suite⁶⁹

⁶⁹Fuente: Tesistas

5.7.2.2 Implementación

- i. Asegurarse de seleccionar el mismo autómatas programable, que se encuentra conectado físicamente al PC.

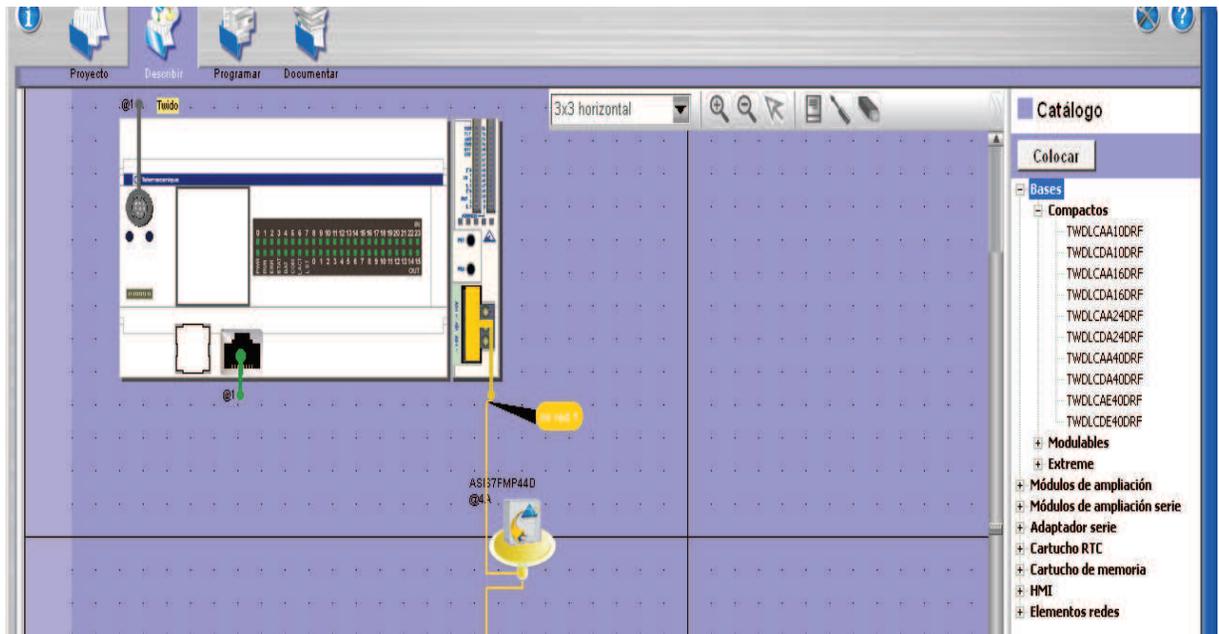


Figura V.23 Pantalla elección PLC⁷⁰

- ii. Una vez seleccionado el PLC a utilizarse, se ubica el Maestro AS-i correspondiente para realizar la conexión virtual adecuada para el proceso.

⁷⁰Fuente: Tesistas

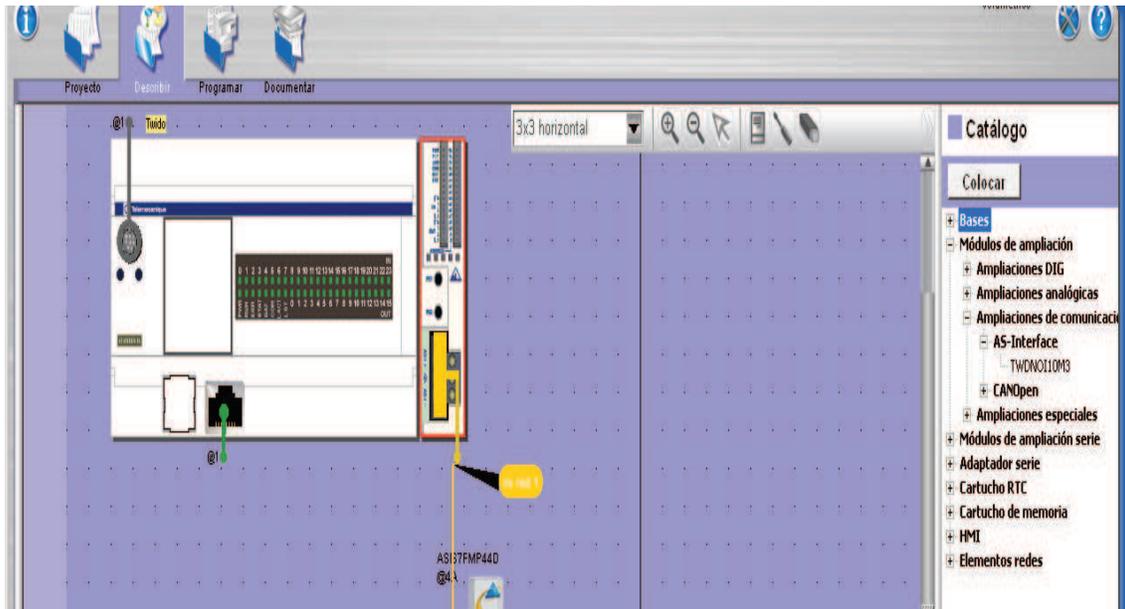


Figura V.24 Pantalla elección Maestro AS-i⁷¹

- iii. Previo a la selección de los esclavos en el software se debe direccionar mediante AS-I TERV 2 (Ver Anexo XVI), el número correspondiente a cada esclavo el cual puede encontrarse entre 1 al 31. Lo que permite tener comunicación con cada uno de los esclavos a utilizarse sin error alguno, es decir se podrá colocar las entradas y salidas que corresponden a cada esclavo del sistema de llenado volumétrico.

⁷¹Fuente: Tesistas

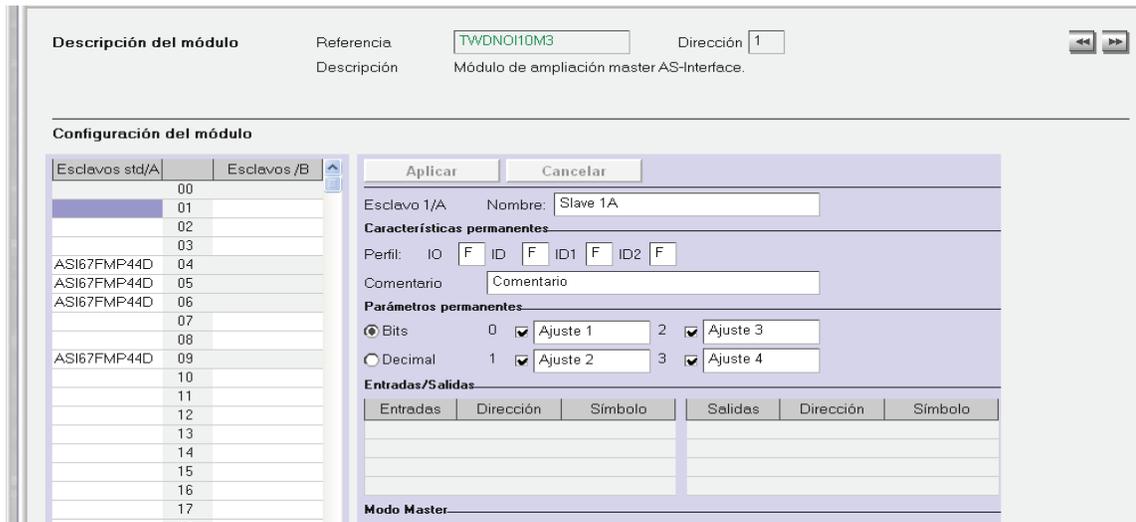


Figura V.25 Pantalla colocación de esclavos.⁷²

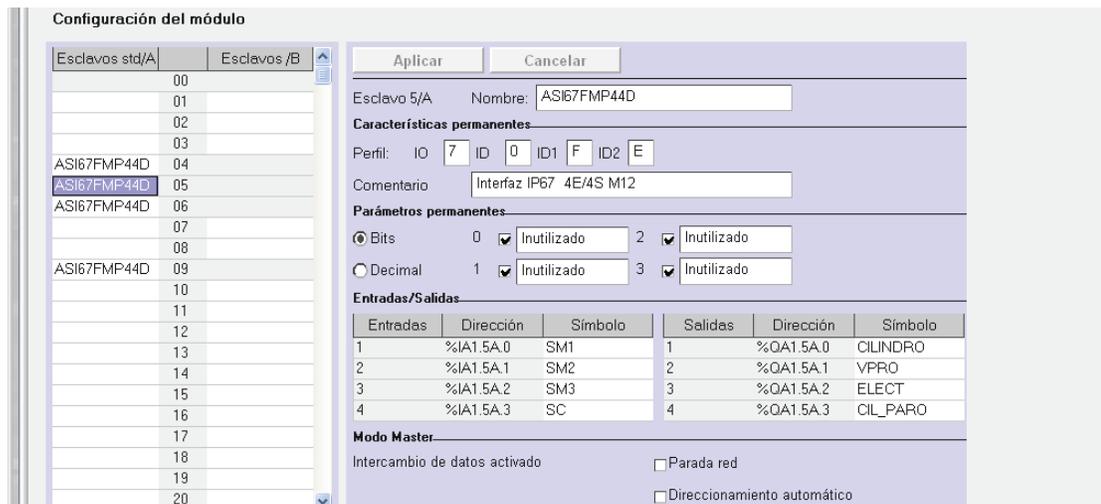


Figura V.26 Pantalla de ingreso de Entradas y Salidas.⁷³

⁷²Fuente: Tesistas

⁷³Fuente: Tesistas

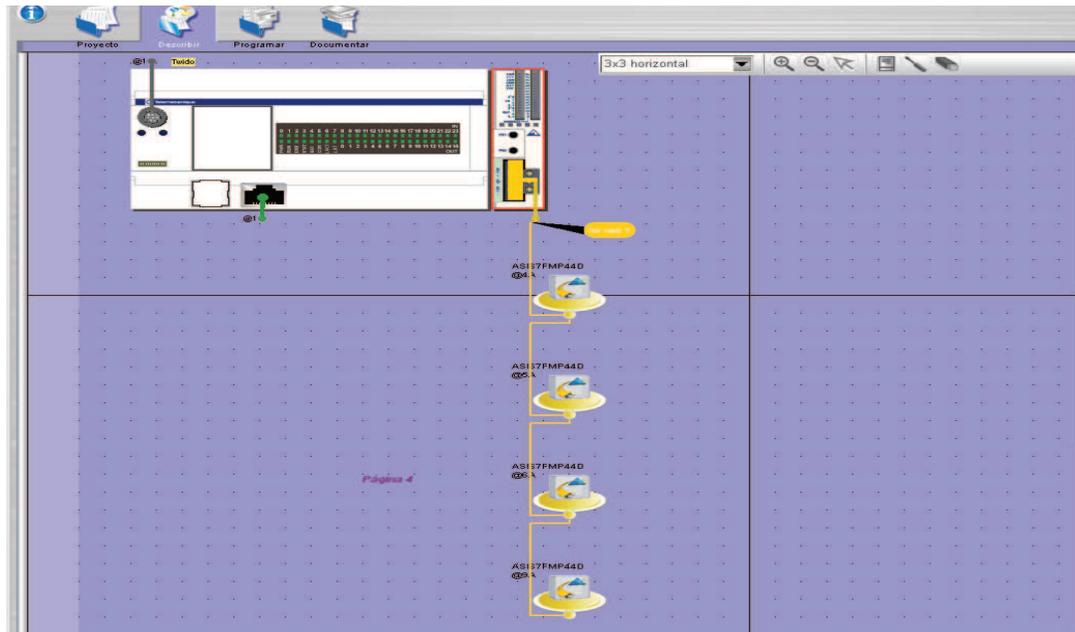


Figura V.27 Pantalla de verificación de conexión de esclavos⁷⁴

- iv. Una vez terminada la configuración del PLC, maestros y esclavos AS-i en Twido Suite se procederá a la programación ladder, siguiendo las ecuaciones obtenidas en el graficet. Ver Anexo XVII
- v. La transferencia entre el PC y el autómata se lo realiza mediante un cable serial, el puerto que se habilita en este caso es el **COM1**, el cual permite cargar el programa al PLC para comprobar el funcionamiento en el prototipo, además previo al envío se realiza una comprobación del ladder por parte del programa Twido para verificar si existen errores de conexión.

⁷⁴Fuente: Tesistas

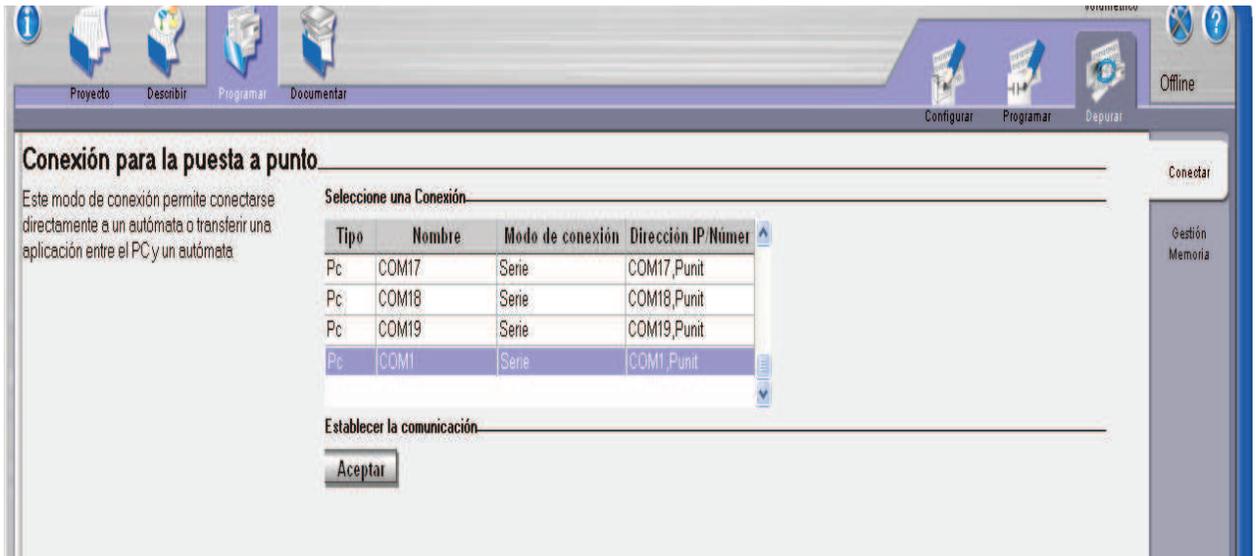


Figura V.28 Pantalla de selección de Puerto de comunicación.⁷⁵

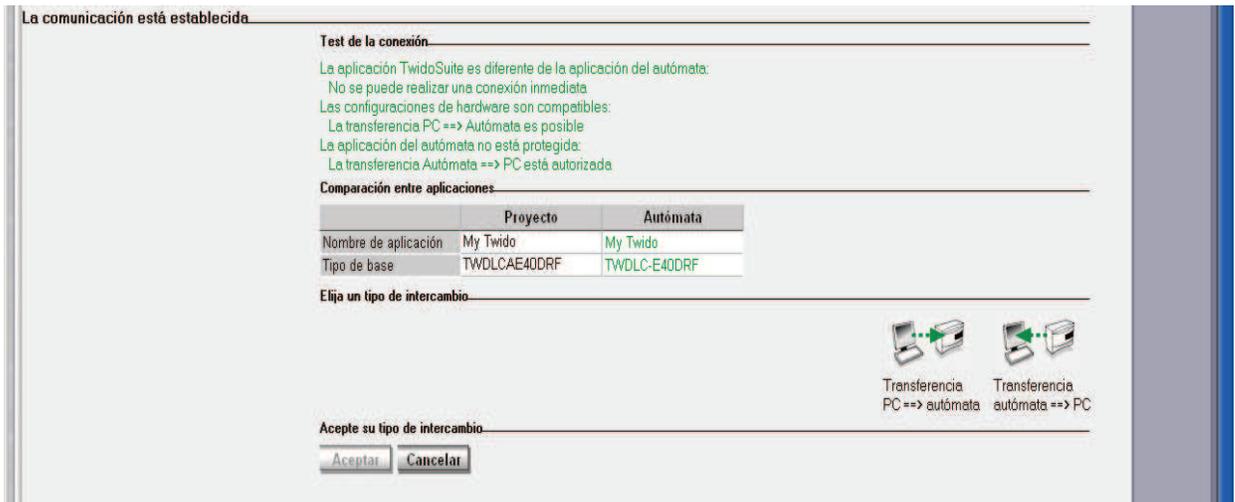


Figura V.29 Pantalla de transferencia de datos.⁷⁶

⁷⁵Fuente: Tesistas

⁷⁶Fuente: Tesistas

5.7.3 Diseño HMI

El HMI es utilizado para monitorear el proceso que se encuentra ejecutando, permitiendo observar las distintas variables que durante el proceso se llegan a activar, controlándolo desde el PC el arranque y paro del mismo.

5.7.3.1 Lookout 2.20

Lookout de National Instruments es un software HMI/SCADA mediante el cual se puede realizar un control supervisado, de monitoreo, de adquisición de datos y control de procesos, cuenta con una interfaz amigable al usuario, mayor facilidad de manejo de datos, para lograr la comunicación entre el HMI y el LADDER se lo realiza mediante Modbus, se debe tomar en cuenta al querer utilizar las entradas de las memorias de Twido en Lookout se asigna la memoria inmediata superior.



Figura V.30 Pantalla inicio de Lookout⁷⁷

⁷⁷ Fuente: Tesistas

5.7.3.2 Implementación

- i. Para iniciar la programación en Lookout es necesario la creación de un panel de control, en la cual definiremos el nombre del proceso a mostrarse en el HMI.

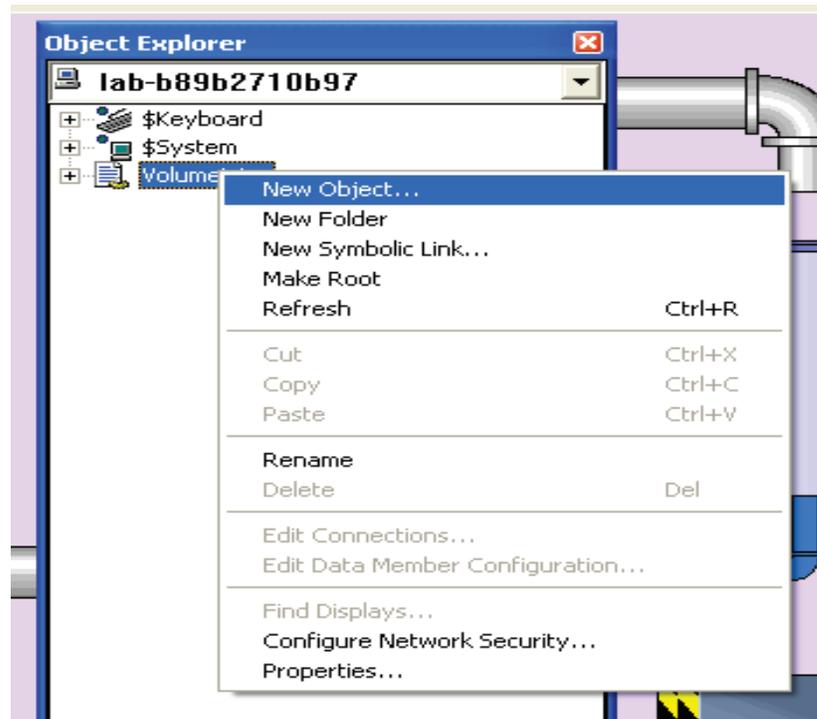


Figura V.31 Pantalla de creación de Panel⁷⁸

- ii. Crear el en proceso Volumétrico el objeto Modbus para poder realizar la configuración de los parámetros de funcionamiento del PLC en el programa.

⁷⁸Fuente: Tesistas

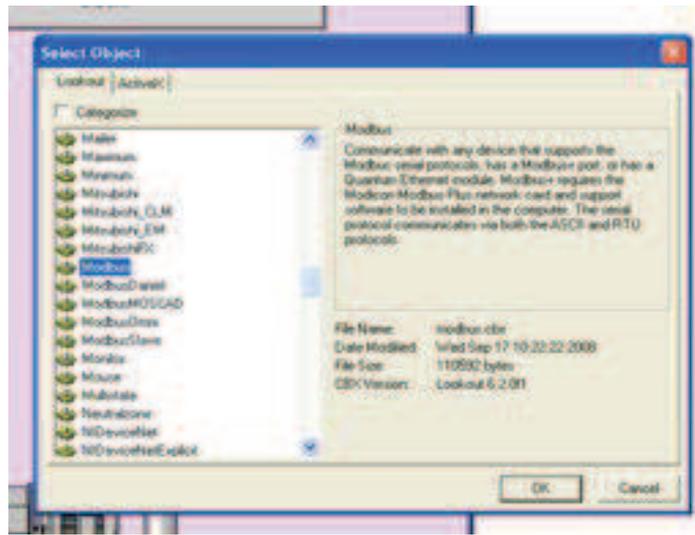


Figura V.32 Pantalla de creación de comunicación Modbus⁷⁹

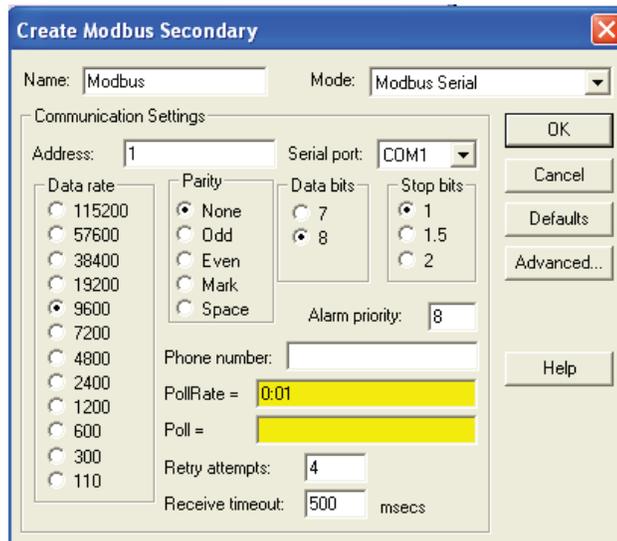


Figura V.33 Pantalla de configuración Modbus⁸⁰

⁷⁹Fuente: Tesistas

⁸⁰Fuente: Tesistas

- iii. Ubicación de los distintos elementos que conforman el software Lookout, a través del Object Explorer, se escoge dichos elementos los cuales serán nombrados adecuadamente para su fácil encuentro.

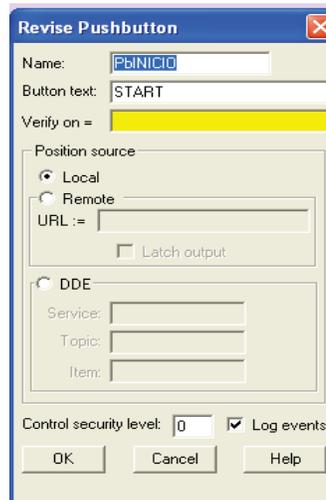


Figura V.34 Pantalla de elección de elemento⁸¹

- iv. Se debe seleccionar las animaciones correspondientes para poder observar paso a paso el funcionamiento del proceso.

⁸¹ Fuente: Tesistas



Figura V.35 Pantalla de selección de animaciones.⁸²

- v. Las animaciones deben enlazarse a las respectivas memorias de activación en el ladder.

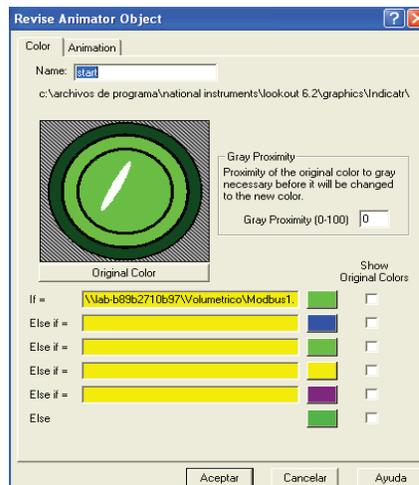


Figura V.36 Pantalla de conexión Ladder - animación⁸³

⁸² Fuente: Tesistas

⁸³ Fuente: Tesistas

- vi. Después de la correcta conexión de las animaciones, y señales de funcionamiento de sensores y actuadores se puede controlar el proceso de llenado Volumétrico a través del HMI.

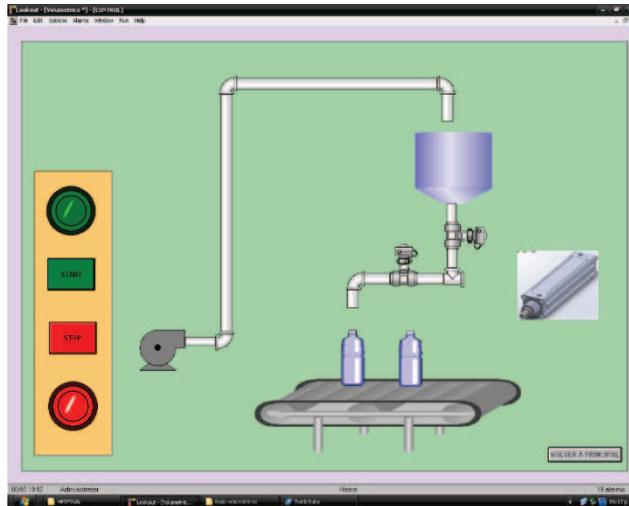


Figura V.37 Pantalla HMI⁸⁴

5.7.4 Modbus

MODBUS es un protocolo de comunicación serial que permite gestionar una comunicación tipo cliente-servidor creado por MODICON ahora SCHNEIDER ELECTRIC es el estándar básico de los protocolos de comunicación, cabe destacar que es un protocolo libre; MODBUS es un protocolo de tipo Petición/Respuesta, por lo que en una transacción de datos se puede identificar al dispositivo que realiza una petición como el cliente o maestro.

⁸⁴Fuente: Tesistas

5.8 Demostración de la Hipótesis.

Tradicionalmente la interconexión entre dispositivos ya sean actuadores y sensores van conectadas directamente a las entradas y salidas del autómata debido a que los PLC'S están contruidos para este propósito. Dicho Cableado además de la complejidad en el momento de la conexión, dificulta la ubicación de las distintas entradas y salidas.

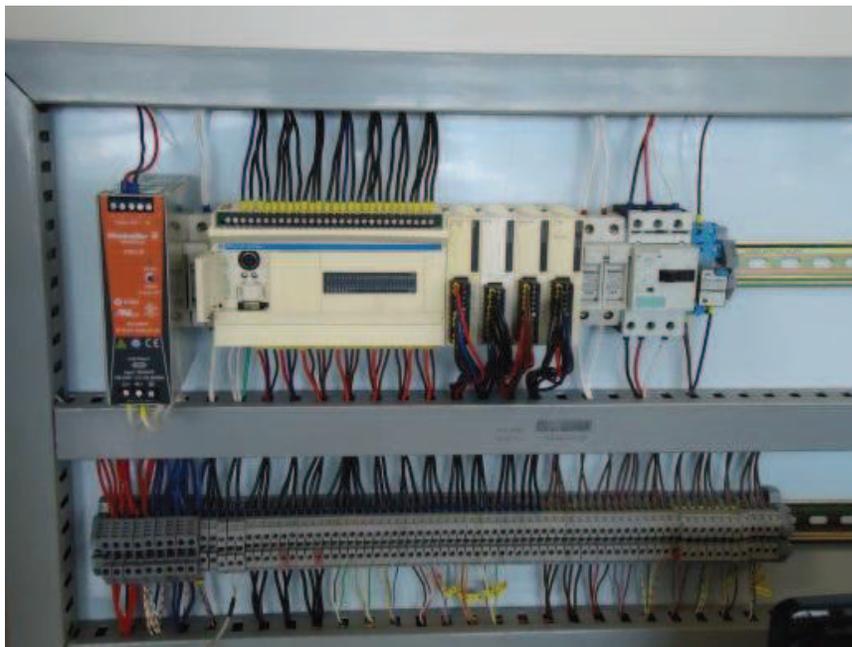


Figura V.38 Cableado tradicional del Proceso en PLC⁸⁵

Al colocar el maestro AS-i en el PLC, los módulos de expansión son eliminados, de la misma manera el cableado conectado a las entradas y salidas del autómata ,

⁸⁵ Fuente: Tesistas

a partir de ese momento la transferencia de datos de E/S se la realiza mediante el cable XZC B10501.

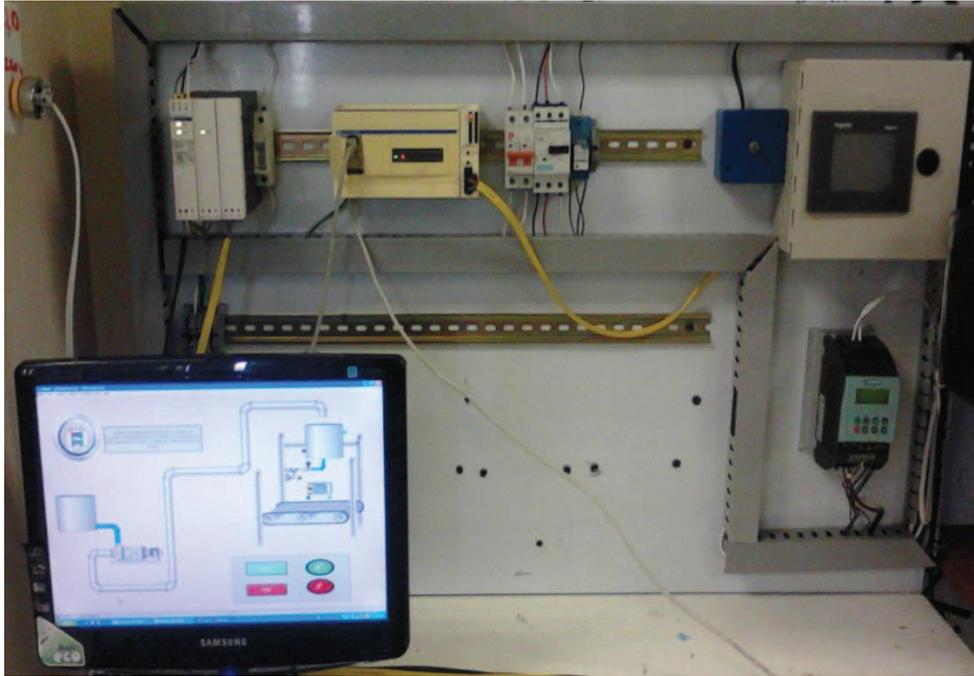


Figura V.39 Cableado del Prototipo con Red AS-i⁸⁶

Cada esclavo es direccionado y se conecta al cable AS-i el cual se encarga de enviar los datos al Maestro AS-i, para que este realice el reconocimiento de las respectivas entradas y salidas, optimizando el área de trabajo ya que la reducción del cableado se disminuye considerablemente.

⁸⁶**Fuente:** Tesistas

Con el Maestro **TWD NOI 10M3** se puede conectar hasta 31 esclavos con 4 entradas y 4 salidas cada uno, aumentando considerablemente el número de entradas y salidas, sin la necesidad de realizar cableado adicional al maestro AS-i.

El único cableado que se realizara en la red AS-i son de los distintos sensores y actuadores hacia lo conectores **XZCP1564L05** conectados a los esclavos.

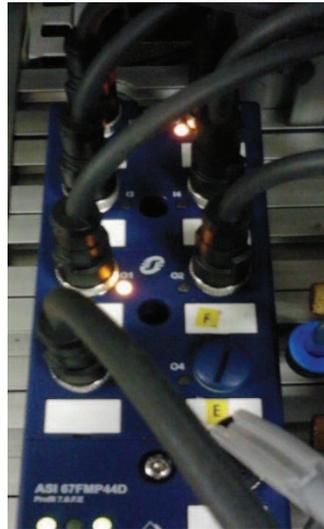


Figura V.40 Conexión con Red AS-i de entradas y salidas⁸⁷

⁸⁷ Fuente: Tesistas

CONCLUSIONES

- El cableado de los sensores y actuadores disminuye notablemente con la implementación de la Red AS-i, debido a la conexión directa mediante un único cable para la transmisión de datos
- El método de llenado volumétrico permite una dosificación exacta del líquido a ser distribuido en los envases.
- El control de los distintos sensores y actuadores se realiza mediante un direccionamiento en los esclavos y son de fácil ubicación para realizar cualquier correctivo necesario.
- El enlace de los distintos esclavos al maestro se realiza mediante un conector TCS ATV011F2 de manera directa permitiéndonos incluso verificar si la conexión es la adecuada, a través del indicador de estado ubicado en cada esclavo.
- El Estándar IEC 61131-3 permite realizar la programación gráfica brindando los parámetros necesarios para una correcta programación en base a los estándares establecidos en la norma.
- La calibración correcta de los sensores, y la ubicación adecuada es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema a controlar. En el caso del sensor capacitivo se debe realizar la calibración adecuada para que este sea capaz de detectar el líquido en el reservorio.

Los sensores magnéticos deben ser posicionados correctamente en el cilindro ya que de estos depende la cantidad de líquido a descargar.

RECOMENDACIONES

- Utilizar cortadora de manguera para evitar inclinación en el corte, puesto que esto podría llegar a causar fugas de aire de los elementos neumáticos además por la presión ejercida por el aire comprimido podría llegar a zafarse la manguera y lastimar al usuario.
- Realizar el correcto direccionamiento de los esclavos, antes de iniciar con el ingreso de las entradas y salidas en el software Twido Suite.
- Tener en cuenta la codificación de colores del conector M12 para una correcta conexión de entradas y salidas de los dispositivos a conectarse.
- Verificar que la versión del Software a utilizarse sean compatibles para el sistema operativo de la Pc.
- Tener en cuenta la colocación de las memorias en Twido Suite y Modbus, ya que en caso de cometer un error existirá incompatibilidad en la conexión, con ello la programación no realizara el trabajo que se desea.
- Se debe tener cuidado con la conexión de los vampiros en el cable de transmisión de datos, en caso de que la conexión sea inadecuada existirá error mostrada en los esclavos.
- Verificar en la Pc el puerto serial en el cual se encuentra conectado el cable de comunicación hacia el PLC, en caso de no realizar esta acción se tendrá complicación al momento de escoger el COM adecuado al momento de la Depuración del Ladder

- Al desconectar el Software Twido se debe dejar el programa corriendo en términos técnicos en RUN, con esta acción se lograra combinar la utilización del HMI realizado en Lookout, puesto que estos Software utilizan el mismo puerto serial, en caso de no realizar esta acción existirá conflicto de envío de datos.

RESÚMEN

Diseño e implementación de sistema de llenado volumétrico, utilizando estándar AS-i, bajo norma IEC61131-3, para el Laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH.

El método Inductivo parte de la selección de componentes, acorde a requerimientos establecidos, disponibilidad en el mercado, para el desarrollo del módulo construido. La utilización del método experimental para el diseño y construcción del prototipo de llenado volumétrico, ratificando la elección de los materiales con el correcto funcionamiento del sistema de llenado.

La instrumentación del módulo constan de sensores como magnéticos, capacitivos, ópticos, permitiendo el control de actuadores como electroválvulas, cilindros, motor AC (Corriente Alterna), controlados por un PLC (Controlador Lógico Programable), monitoreado a través de un HMI (Interfaz Humano Maquina), programado en un computador de escritorio mediante el software Lookout.

Debido al número de componentes utilizados en la Red, la optimización tanto visual como técnica es una parte fundamental, para la rápida acción correctiva en caso de presentarse desperfectos, al implementar el módulo de llenado volumétrico utilizando Red AS-i se logró disminuir en un 90% el cableado en las entradas y salidas del PLC.

Se puede concluir que la implementación del estándar AS-i, nos permite optimizar el cableado, y la escalabilidad obtenida al trabajar con otros módulos complementarios al proceso implementado, dando así la posibilidad al estudiante de formar sistemas modulares completos y complejos

Se recomienda el mantenimiento preventivo de los dispositivos y sensores para tener un óptimo funcionamiento del proceso de llenado volumétrico.

ABSTRACT

Design and implementation of a volumetric filling system, using standard AS-i, under norm IEC61131-3 for the Industrial Automation Laboratory School of Electronic Engineering in Industrial Networking and Control of ESPOCH.

The inductive method of component selection, according to established requirements, market availability for the development of module constructed. Using the experimental method for the design and prototype construction volumetric filling, confirming the choice of materials with the proper functioning of the filling system.

The instrumentation module contains such magnetic sensors, capacitive, optical, allowing control of actuators such as solenoid valves, cylinder, AC (Alternating Current), controlled by a PLC (programmable logic controller), monitored through an HMI (Human machine Interface), programmed in a desktop computer using the software lookout.

Due to the number of components used in the network, so optimizing visual and technical is an essential part for prompt corrective action in event of damage, to implement the filling module volumetric using AS-i network was reduced in 90% in the wiring PLC inputs and outputs.

It can be concluded that the implementation of AS-i standard allows us to optimize wiring, and scalability gained from working with other modules complementary to the process implemented, thus giving the student possibility to form complete and complex modular systems.

Preventive maintenance is recommended, of the devices and sensors to have optimal performance, volumetric filling process.

GLOSARIO

- **ACTUADOR**

Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica.

- **ANALÓGICO**

Señales visuales o acústicas que se convierten en una tensión eléctrica variable.

- **AS- interface**

Interfaz actuador –sensor, es una Red de interconexión para el área de campo más baja del nivel de automatización. Es apropiado para la conexión de sensores y actuadores con los equipos de control.

- **ASI TERV2**

Consola de ajuste y diagnóstico para módulos AS- i para el direccionamiento de los interfaces AS-Interface

- **AUTOMATIZACIÓN**

La automatización es una tecnología relacionada con la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en una computadora para ejecutar y controlar la producción.

- **BANDAS (o galgas) EXTENSOMÉTRICAS**

La bandas extensométrica permite obtener, mediante el adecuado acondicionamiento de la señal resultante, una lectura directa de la deformación longitudinal producida en un punto de la superficie de un material dado, en el cual se ha adherido la galga.

- **CONECTOR M12**

Estos proporcionan conexiones seguras para sensores de proximidad, finales de carrera, sensores fotoeléctricos y otros dispositivos de campo. Disponibles con conectores sobre moldeados rectos o rectangulares de cuatro o cinco pines, estos cables ofrecen distintos materiales y colores de forro, que incluyen rojo para identificar las aplicaciones de seguridad.

- **EEPROM**

Memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente. Chip de memoria que retiene su contenido sin energía. Puede borrarse, tanto dentro del computador como externamente.

- **ESCLAVO AS-i**

Los esclavos AS-i se diferencian por su técnica de montaje, es decir sensores o actuadores con conexión AS-i integrada, así como por su espacio de direccionamiento.

- **ESTÁNDAR IEC 61131-3**

El estándar internacional IEC 61131 es una colección completa de estándares referentes a controladores programables y sus periféricos asociados.

- **GATEWAY**

Una puerta de enlace, un nodo en una red informática que sirve de punto de acceso a otra red.

- **INTERBUS**

Ha sido específicamente optimizado para requerimientos de tecnología de automatización, transmite tanto bit de datos como finales de carrera o dispositivos de conmutación, como programas complejos o registros de datos.

IP67

Las siglas IP significan IngressProtection o “Grado de protección”, están compuestos por dos números, el primero se refiere a la protección frente a objetos sólidos y el segundo frente a los líquidos.

- **LADDER**

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos

- **LLENADO VOLUMÉTRICO**

Llenado volumétrico significa llenado por un volumen de producto que se opone al peso o nivel.

- **MAESTRO AS-i**

El maestro AS-i se encarga de vigilar y controlar los distintos sensores y actuadores conectados de forma más sencilla por medio de esclavos AS-i.

- **MODBUS**

Es un protocolo de comunicación serial basado en el modelo maestro/esclavo, a la fecha es un estándar de facto, es público, muy seguro, no requiere licencias y su implementación es relativamente fácil en dispositivos electrónicos.

- **PLC**

Un contador lógico programable se define como un dispositivo electrónico digital que contiene memorias programables para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas de configuración de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos.

- **PROFIBUS**

Es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización.

- **SENSOR**

Es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia.

BIBLIOGRAFIA

1. **GILES., R.**, Mecánica de los fluidos e hidráulica., 3^a. Ed., México DF., México., *McGraw Hill Interamericana.*, 1995., PP. 5-20.

2. **ORTIZ., J.**, Mecánica de fluidos e hidráulica., 1^a ed., Cali., Colombia., Universidad del Valle Programa Editorial., 2006.,Pp 9-25

3. AS-I ACTUADOR SENSOR INTERFACE

<http://www.smar.com/espanol/asi.asp>

2013-03-04

4. AS-I CARACTERÍSTICAS

<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/apt01.pdf>

2013-03-04

5. AS-I TOPOLOGÍA DE RED

<http://homepage.cem.itesm.mx/vlopez/as-interface.htm>

2013-03-04

6. AS-I VENTAJAS, COMPONENTES

http://www.dimel.es/dimel_con_la_industria/catalogos/siemens/sirius/sirius_as_interface.pdf

2013-03-04

7. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE LLENADO VOLUMÉTRICO

<http://www.redalyc.org/pdf/849/84922625036.pdf>

2013-06-18

<http://www2.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento1.pdf>

2013-06-20

<http://www.automationdirect.com/static/manuals/lkdqsgmsp/lkdqsgmsp.pdf>

2013-06-24

<http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8750/3/T%2011009%20CAP%204.pdf>

2013-07-01

8. DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS

<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1432pub.pdf>

2013-07-17

9. SISTEMA INFORMÁTICO

http://catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lmt/maza_cac/capitulo4.pdf

2013-03-26

http://profesores.usfq.edu.ec/laurents/IEE561/PLC_Progr.pdf

2013-03-26

<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

2013-03-27

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

2013-03-27

<http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Introduccion%20SCADAS%20y%20HMI.pdf>

2013-03-20

10. SENSORES SISTEMA ELÉCTRICO

http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/53454/Sensoren_Broschuere_es.pdf

2013-03-01

<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO2.pdf>

2013-03-19

<http://mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20Capacitivos.pdf>

2013-03-19

<http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r34716.PDF>

2013-03-20

<http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>

2013-03-20

<http://www.celduc-relais.com/all/pdfcelduc/proxes.pdf>

2013-03-20

11. SENSORES SISTEMAS NEUMÁTICOS

<http://www.microautomacion.com/catalogo/Actuadores.pdf>

2013-03-2

[http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/05\)Standard_Air_Cylinder/5.1\)Standard_Air_Cylinder/n\)CA2/CA2_ES.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/05)Standard_Air_Cylinder/5.1)Standard_Air_Cylinder/n)CA2/CA2_ES.pdf)

2013-03-22

<http://personales.unican.es/reneDoc/Trasperecias%20WEB/Trasp%20Neu/T12%20CILINDROS%20OK.pdf>

2013-03-22

http://platea.pntic.mec.es/~jgarrigo/1bch/archivos/3eva/8_valvulas_distribuidoras.pdf

2013-03-25

http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/17269/Ventile_es.pdf

2013-03-25

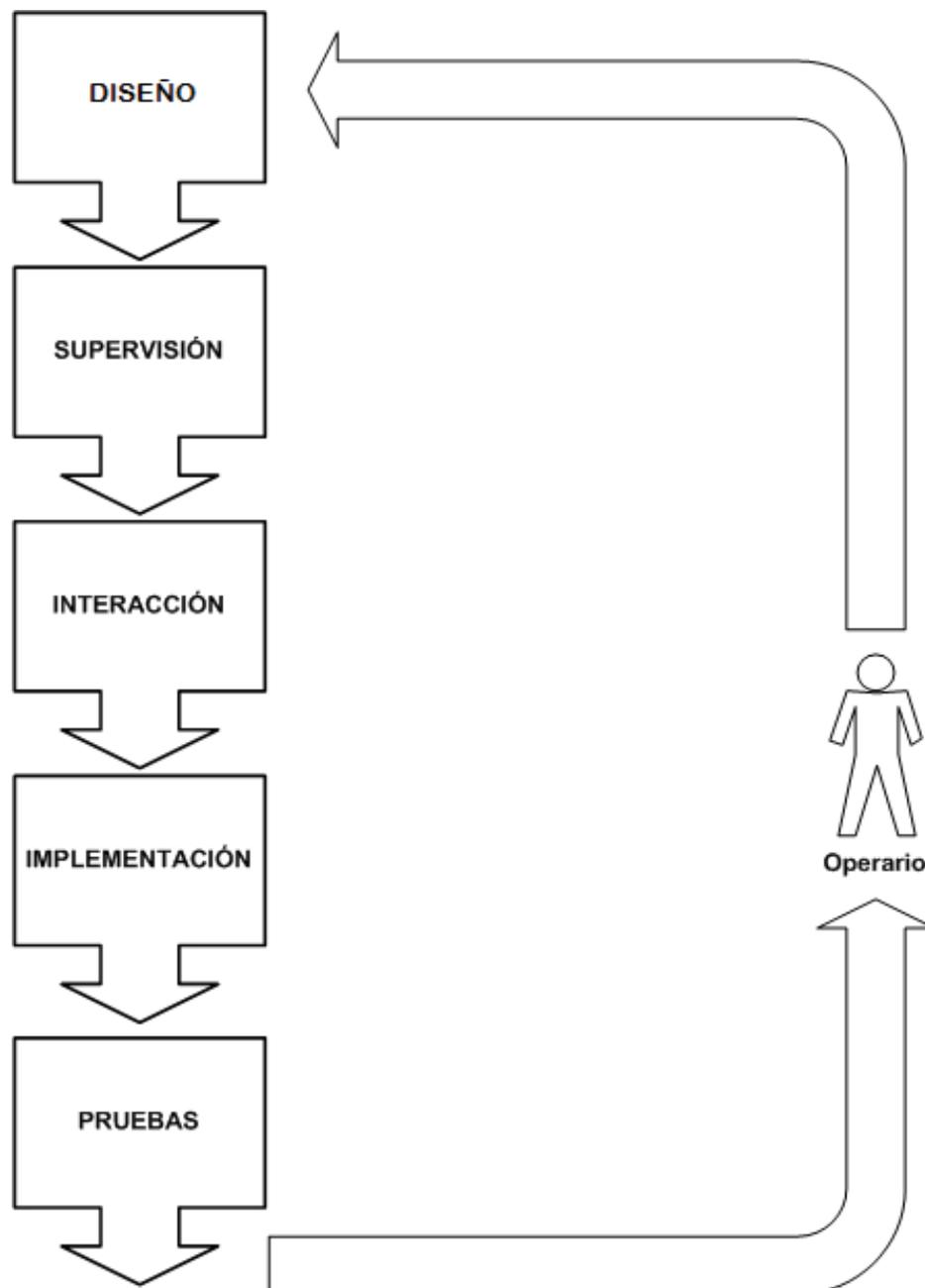
ANEXOS

ANEXO I
Planificación Inicial

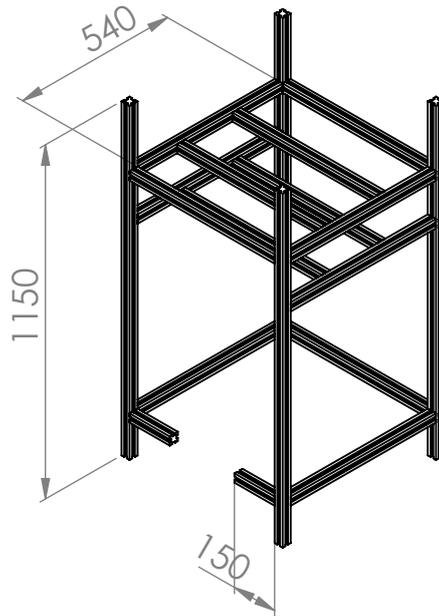
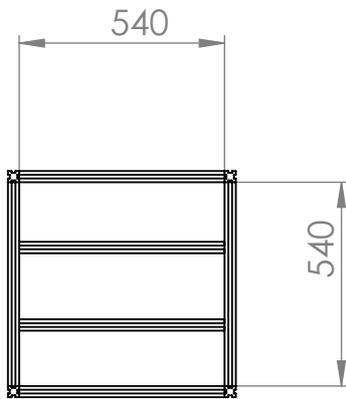
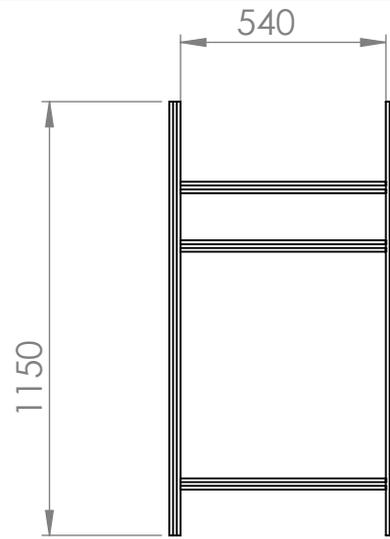
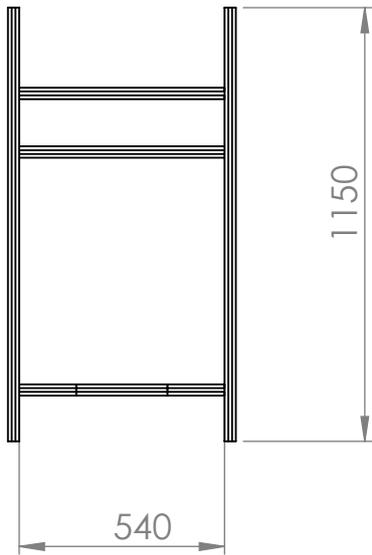
Nombre de la tarea	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12							
Inicio del proyecto de tesis	x	x																	
Recopilación de datos bibliográficos		x	x	x															
Selección de la información			x	x															
Análisis de la Información				x	x	x													
Selección de dispositivos AS-i					x	x	x	x	x	x									
Documentación de la Información						x													
Estudio de hardware disponible						x	x	x											
Adquisición de elementos apropiados							x	x	x	x									
Documentación de la Información								x											
Selección de software PLC								x	x										
Diseño de diagramas de programación									x	x	x								
Documentación de la Información										x									
Configuración PLC									x	x	x								
Configuración Maestro											x								
Configuración Esclavo												x							
Monitoreo de la Red											x	x							
Depuración y corrección de errores												x	x						
Documentación de la Información													x						
Integración total de la información														x	x	x	x		
Depuración y corrección de la documentación																	x	x	x

ANEXO II
Fases para puesta en marcha
del Proyecto

“Diseño e implementación de sistema de llenado volumétrico, utilizando estándar AS-i, bajo norma IEC 61131-3, para el laboratorio de EIECRI”, se realizó las siguientes fases:



ANEXO III
Estructura en SolidWork



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

18 de Agosto de 2013

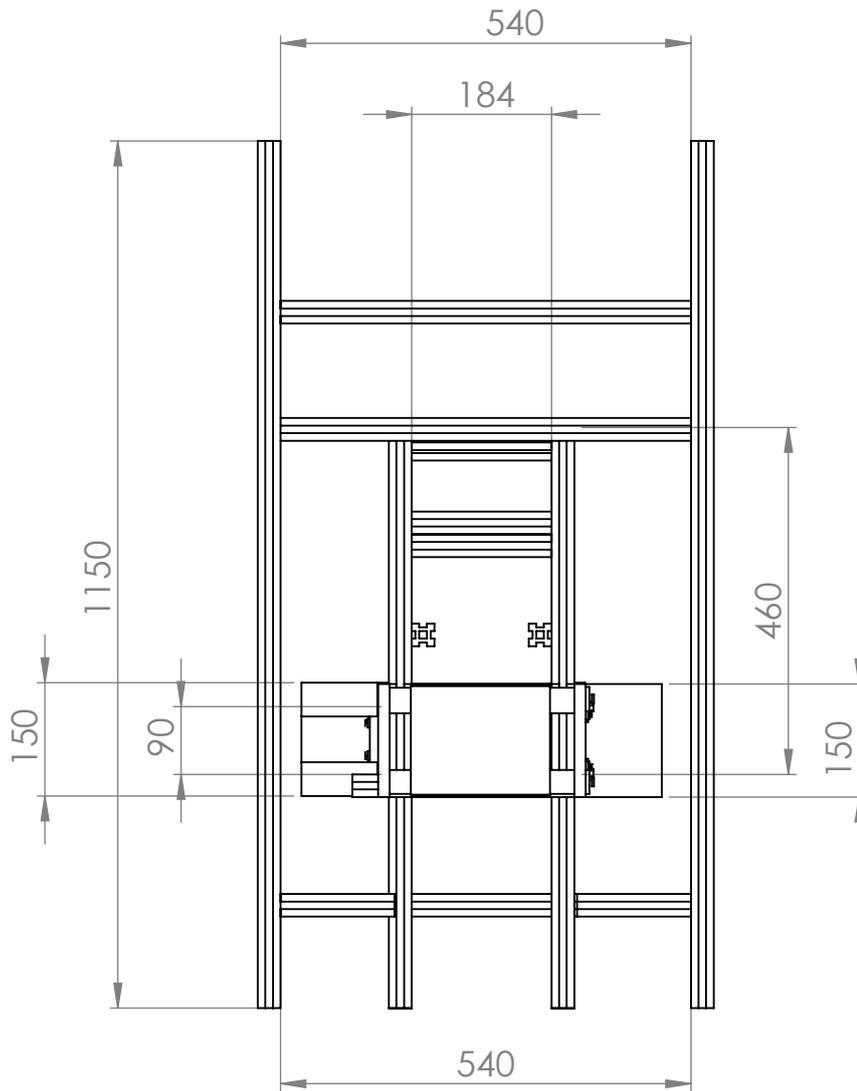
DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
	Jessica Ortiz				
	Alejandro Duchicela				
				WEIGHT:	

TITLE:	Estructura Llenado Volumétrico	
DWG NO.	Plano Llenado	A4
SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

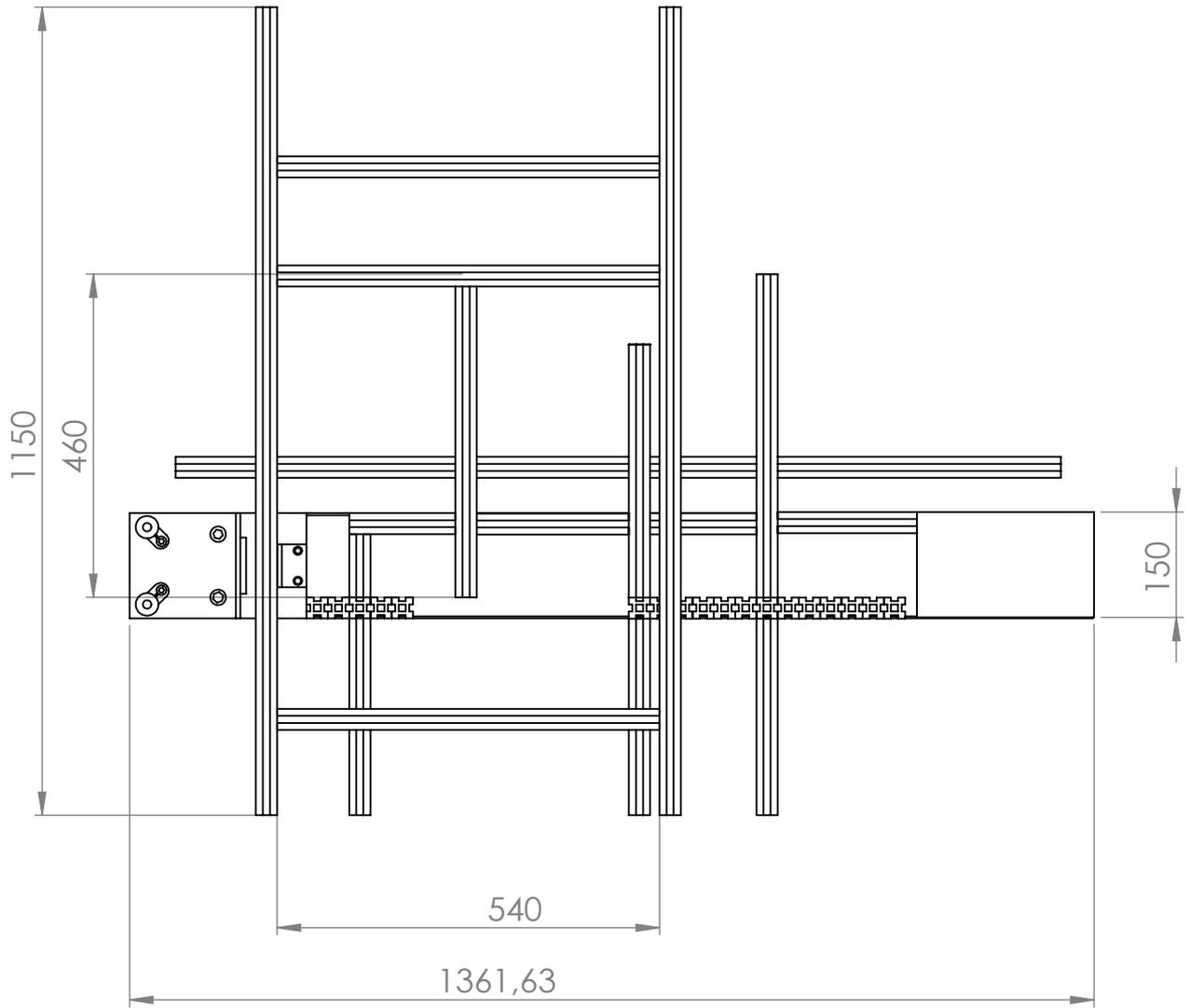
DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
	Jessica Ortiz				
	Alejandro Duchicela				
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:	Vista Frontal	
DWG NO.	Planos Estructura	A4
SCALE:1:10	SHEET 1 OF 2	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

18 de Agosto de 2013

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
	Jessica Ortiz			MATERIAL:	
	Alejandro Duchicela				
				WEIGHT:	

TITLE:

Vista Lateral

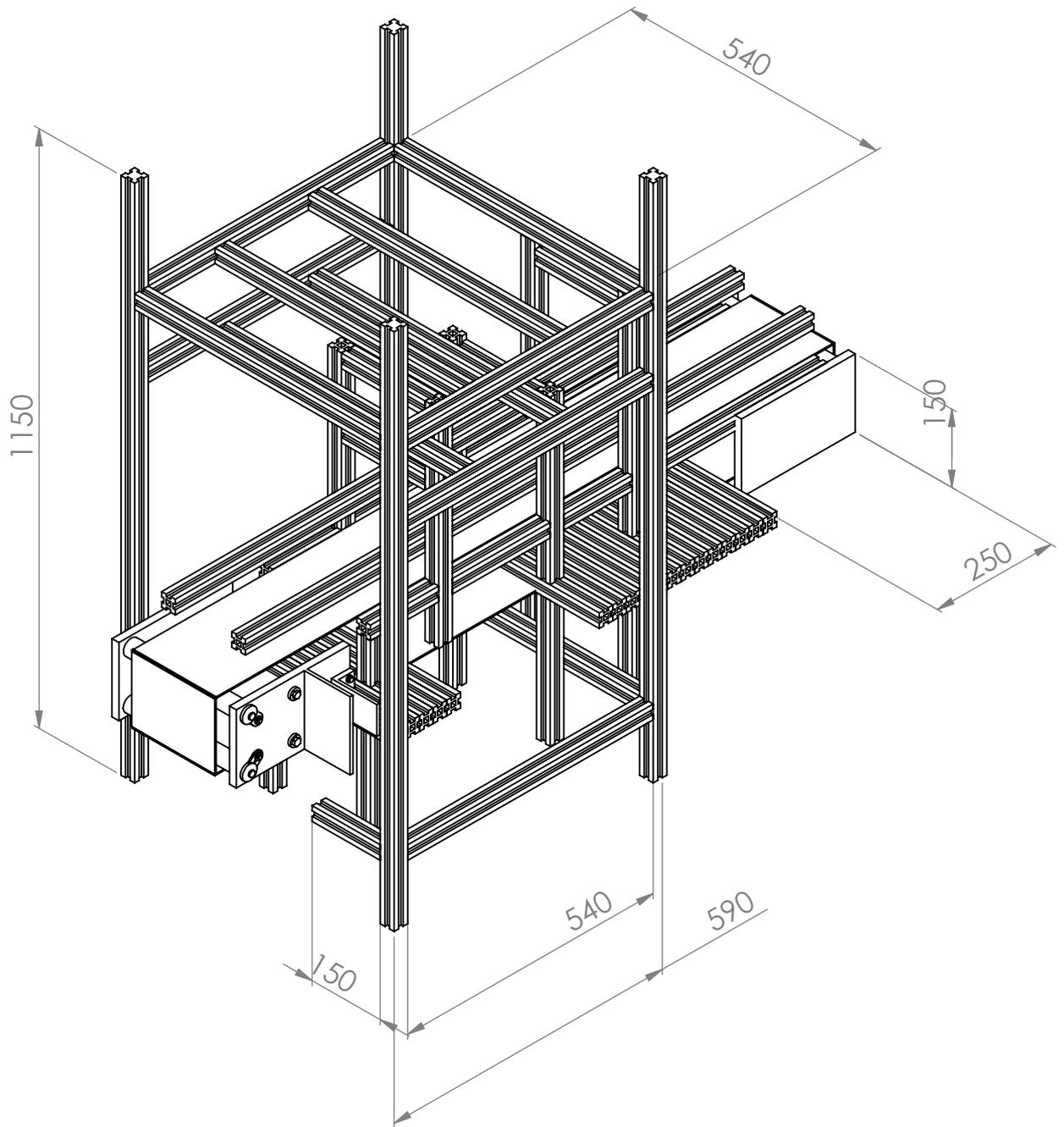
DWG NO.

Planos Estructura

A4

SCALE:1:10

SHEET 2 OF 2



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

18 de Agosto de 2013

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
	Jessica Ortiz				
	Alejandro Duchicela				
				WEIGHT:	

TITLE:

Vista Isométrica

DWG NO.

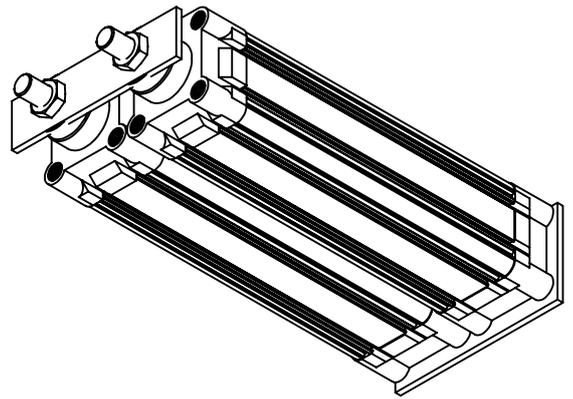
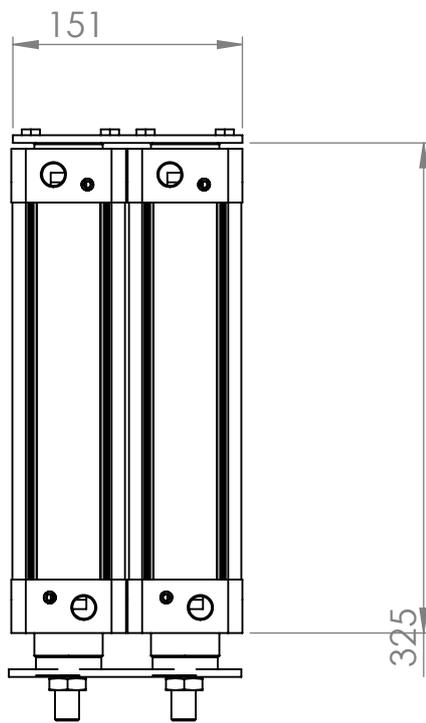
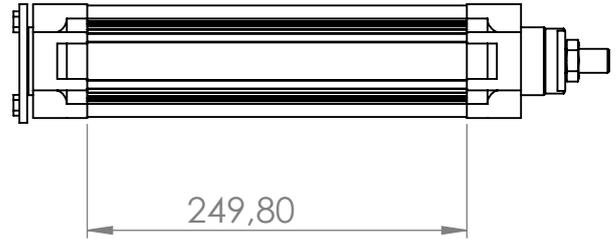
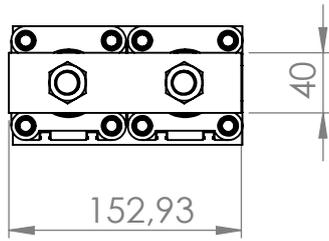
Planos Estructura

A4

SCALE:1:10

SHEET 3 OF 3

ANEXO IV
Acople de cilindros



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

18 de Agosto 2013

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
	Jessica Ortiz				
	Alejandro Duchicela				
				WEIGHT:	

TITLE:

Acople Cilindros

DWG NO.

Planos Cilindro

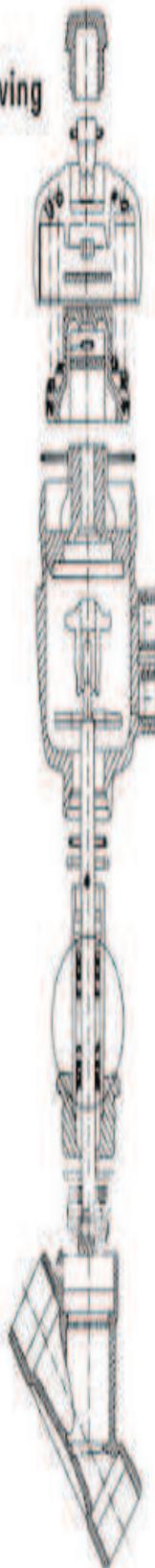
A4

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

ANEXO V
Datos técnicos: Válvula de
Proceso

Spare parts exploding drawing



Spare parts sheet

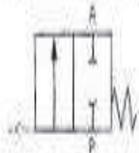
Description	Quantity	Material
Valve body	1	CF8M
Hex nut	1	1Cr18Ni9Ti
Valve core sealing	1	PTFE
Valve core cover	1	OCr17Ni12Mo2
Valve sealing	1	FKM
Connection part	1	CF8M
Valve stem	1	OCr17Ni12Mo2
Valve stem sealing(I)	1	PTFE
Valve stem sealing(II)	3	PTFE
Valve stem sealing(III)	1	PTFE
Retaining Ring	1	
Sealing spring	1	65Mn-D
Plain Washer	1	Hpb59-1
"Y" ring	1	FKM
"O" ring	1	NBR
Valve cap	1	CF8M
Bearing	1	
Washer	1	Hpb59-1
"O" ring	1	NBR
Piston	1	Hpb59-1
Fixing Nut	1	Hpb59-1
Indicator stem	1	Hpb59-1
Closing spring	1	65Mn-D
Actuator body	1	CF8M
Top cap	1	PC

TECHNICAL DATA

Design

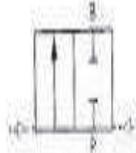
Control Function A

Normally closed with spring force (when de-energised).



Control Function B

Double action



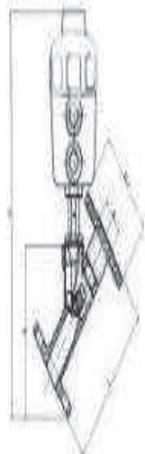
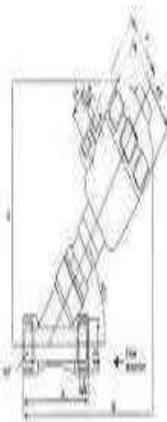
Key Technical Information

Control form	Straight function	Valve body material	Stainless steel/CF8M
Structure	Dual-coil steel valve	Valve core material	Stainless steel
Joint size	G1/2-G2	Valve core sealing	PTFE
Viscosity	600mm ² /s	Piston sealing	FKM/NBR
Medium temperature	PTFE: -10°C ~ +10°C	Installation	Any position
Environment temperature	-10°C ~ +60°C	Controlled medium	Air and neutral gas/vacuum

Key Technical Data

Drawing of threaded connection type

Drawing of weld connection type



Shape size

Connect. C. OD	Inlet Bore (mm)	Body OD (mm)	A	B	C	E	F	H	A/F
G1/2	13	50	65	173	12	64	44	131	27
G3/4	20	50	65	178	12	64	44	145	32
G1	25	63	105	232	14	80	52	173	41
G1 1/4	32	63	120	255	16	101	60	210	50
G1 1/2	40	63	130	261	18	127	73	220	55
G2	50	63	150	348	20	153	85	301	70
G2 1/2	65	80	185	372	22	163	88	315	70

Parameter

Connect. (inch)	Inlet Bore (mm)	Flow Coefficient (Cv)	Rated work pressure (bar)	Rated air natural failure pressure (bar)	Control air pressure (bar)	Flow	Control function
G1/8	13.0	3.7	0-10	4.0	4.0	70	Normally open
G1/2	13.0	4.2	0-10	2.7	5.0	70	Normally open
G3/4	20.0	6.0	0-10	2.7	5.0	70	Normally open
G1	25.0	19.0	0-10	2.0	6.0	70	Normally open
G1 1/4	32.0	27.5	0-10	2.0	6.0	70	Normally open
G1 1/2	40.0	42.0	0-10	2.0	6.0	70	Normally open
G2	50.0	52.0	0-10	2.0	6.0	70	Normally open
G2 1/2	65.0	77.0	0-10	1.6	6.0	70	Normally open

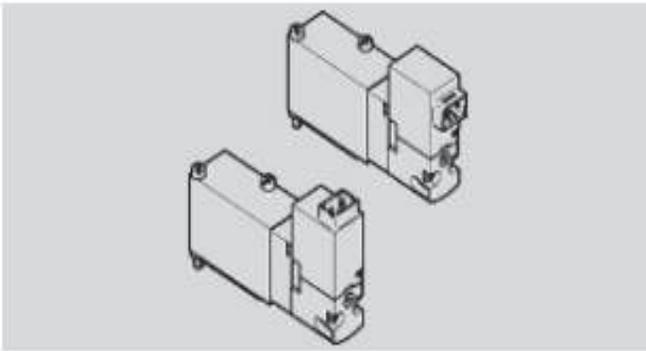
Shape size

Connect Interface In	Inlet Bore	Outlet Connecting Size				Maximum Working Pressure (MPa)	Air Supply Pressure (MPa)	Specification of Actuator
		L	D	R	H			
G1/2	15	130	118	130	100	1.0	3.4-0.7	Q50
G3/4	20	130	118	135	160			Q50
G1	28	140	125	135	180			Q63
G1 1/4	32	150	135	135	255			Q63
G1 1/2	40	160	145	139	340			Q80
G2	50	195	160	160	280			Q80
G2 1/2	65	195	160	190	400			Q100
G3	75	210	180	230	480			Q125

Parameter

Connect. (inch)	Inlet Bore (mm)	Flow Coefficient (Cv)	Rated work pressure (bar)	Rated air natural failure pressure (bar)	Control air pressure (bar)	Flow	Control function
G1/8	10.0	3.7	10.0	4.0	4.0	70	Normally open
G1/2	15.0	4.2	10.0	2.5	5.0	70	Normally open
G3/4	20.0	6.0	11.0	2.5	5.0	70	Normally open
G1	25.0	19.0	11.0	2.0	6.0	70	Normally open
G1 1/4	32.0	27.5	11.0	2.0	6.0	70	Normally open
G1 1/2	40.0	42.0	11.0	2.0	6.0	70	Normally open
G2	50.0	52.0	11.0	2.0	6.0	70	Normally open
G2 1/2	65.0	77.0	11.0	2.0	6.0	70	Normally open

ANEXO VI
Datos técnicos:
Electroválvula

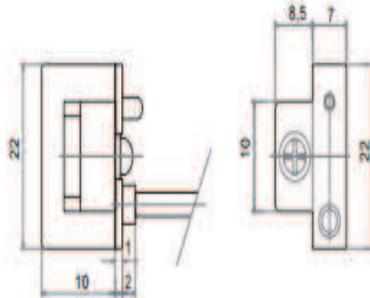


Caracter.	Propiedades
Función de las válvulas	3/2 cerrada monoestable 3/2 abierta monoestable 5/2 monoestable
Tipo de accionamiento	eléctrico
Ancho	10 mm 12 mm
Caudal nominal normal	180 - 200 l/min
Presión de funcionamiento	-0,9 - 8 bar
Construcción	Corredera
Tipo de reposición	muelle neumático
Tipo de protección	IP40
Diámetro nominal	2,1 mm
Principio de hermetización	blando
Posición de montaje	indistinto
Tipo de control	prepilotoado
Sentido del flujo	no reversible
Holgura de sobreposición	sí
Fluctuación de tensión permisible	+/- 10 %
Clase de protección contra incendios según UL94	HB
Clase de resistencia a la corrosión KBK	0
Temperatura del medio	-5 - 50 °C
Nivel de ruido	95 dB(A)
Temperatura ambiente	-5 - 50 °C
Conexión eléctrica	Conector 2 contactos
Información sobre el material de las juntas	FPM HNBR NBR
Información sobre el material del cuerpo	Aleación forjable de aluminio
Datos sobre el material del tornillo	Acero cincado

ANEXO VII
Datos técnicos: Sensor
Magnético

El sensor magnético CS1-J es el mismo para todos los modelos de cilindros TN

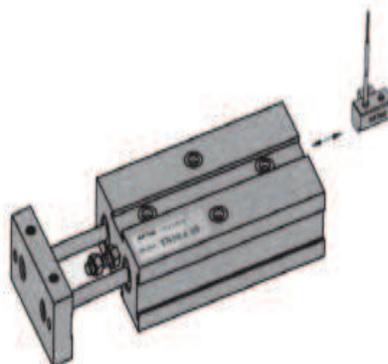
Código	Referencia
ACSI-J	CSI-J



Especificaciones Técnicas

Tipo	Reed Switch
Tipo de contacto	Normalmente abierto
Rango de voltaje DC	5V ~ 30V
Rango de voltaje AC	5V ~ 380V
Rango de corriente	DC: 5-50mA; AC: 5-40mA
Tiempo de respuesta	0,3 ms
Rango de temperatura	0 ~ 60 °C
Indicador	con Led
Longitud del cable	2 metros
Protección	IP - 67

Diagrama de montaje



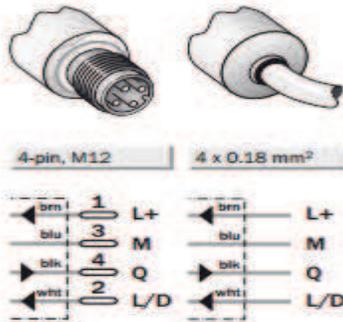
ANEXO VIII
Datos técnicos: Sensor
Capacitivo

Datos técnicos

Informaciones generales	
Tamaño	M12 x 1
Zona de detección	0 – 4 mm
Placa de medición normalizada	12 mm x 12 mm x 1 mm
Tipo de montaje	Sin enrasar
Posibilidades de ajuste	Potenciómetro
Ángulo de giro	210°
Reservado el derecho de modificación	

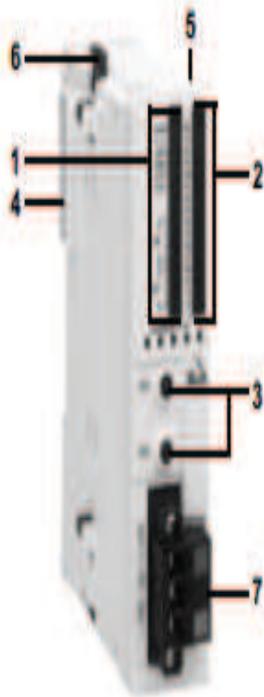
Parte eléctrica	
Tensión de funcionamiento	10 – 36 V DC
Ondulación residual admisible	≤ 10 %
Intensidad en reposo	≤ 30 mA
Salida	PNP, normalmente abierto
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo
Corriente de salida	máx. 200 mA
Frecuencia de conmutación	máx. 100 Hz
Margen de la temperatura ambiente	-25 – +80 °C
Clase de protección	IP 65
Polos inconfundibles / Anticortocircuitaje	Incorporada
Conexión	Bornes para conectores de seguridad de 4 mm
Símbolo CE	Según la directiva UE-CEM
Reservado el derecho de modificación	

ANEXO IX
Datos técnicos: Sensor
Óptico



Technical data		VTF180-2	P41117	P
Scanning distance SD , typ. max. ³⁾	1 ... 140 mm			
Operating distance SD ³⁾	1 ... 100 mm			
Light spot diameter	Approx. 8 mm at 100 mm			
Angle of dispersion sender	Focussed approx. 7 mm at 60 mm			
Light source ²⁾ , light type	LED, red light, 645 nm			
Sensitivity adjustable	Potentiometer 270°			
Orange LED indicator	Switching output active			
Green LED indicator	Stability indicator light reception			
	LED lights continuously:			
	light reception < 0.9 / > 1.1			
	LED off: light reception > 0.9 ... < 1.1			
Supply voltage V_S	10 ... 30 V DC ³⁾			
Residual ripple ⁴⁾	± 10 %			
Current consumption ⁵⁾	≤ 30 mA			
Switching outputs	Q: PNP, open collector			
Signal voltage PNP HIGH/LOW	V _S - 1.8 V _{max} / approx. 0 V			
	Q: NPN, open collector			
Signal voltage NPN HIGH/LOW	Approx. V _S / < 1.8 V			
Switching mode	Light-/dark-switching, selectable ⁶⁾			
Output current I_A max.	≤ 100 mA			
Response time ⁷⁾	≤ 0.5 ms			
Max. switching frequency ⁸⁾	1,000/s			
Connection type	Plug, M12, 4-pin			
	Cable ⁹⁾ , PVC, 2 m, 4 x 0.18 mm ² , Ø 3.8 mm			
VDE protection class	◇			
Enclosure rating	IP 67			
Circuit protection ¹⁰⁾	A, B, C			
Ambient temperature T_A	Operation -25 °C ... +55 °C			
	Storage -40 °C ... +70 °C			
Weight	With plug M12, approx. 7 g			
	With cable, 2 m, approx. 90 g			
Housing material	Housing: PBT & PC			
	Optic: PMMA			

ANEXO X
Datos Técnicos: Maestro
TWDNOI 10M3



Description

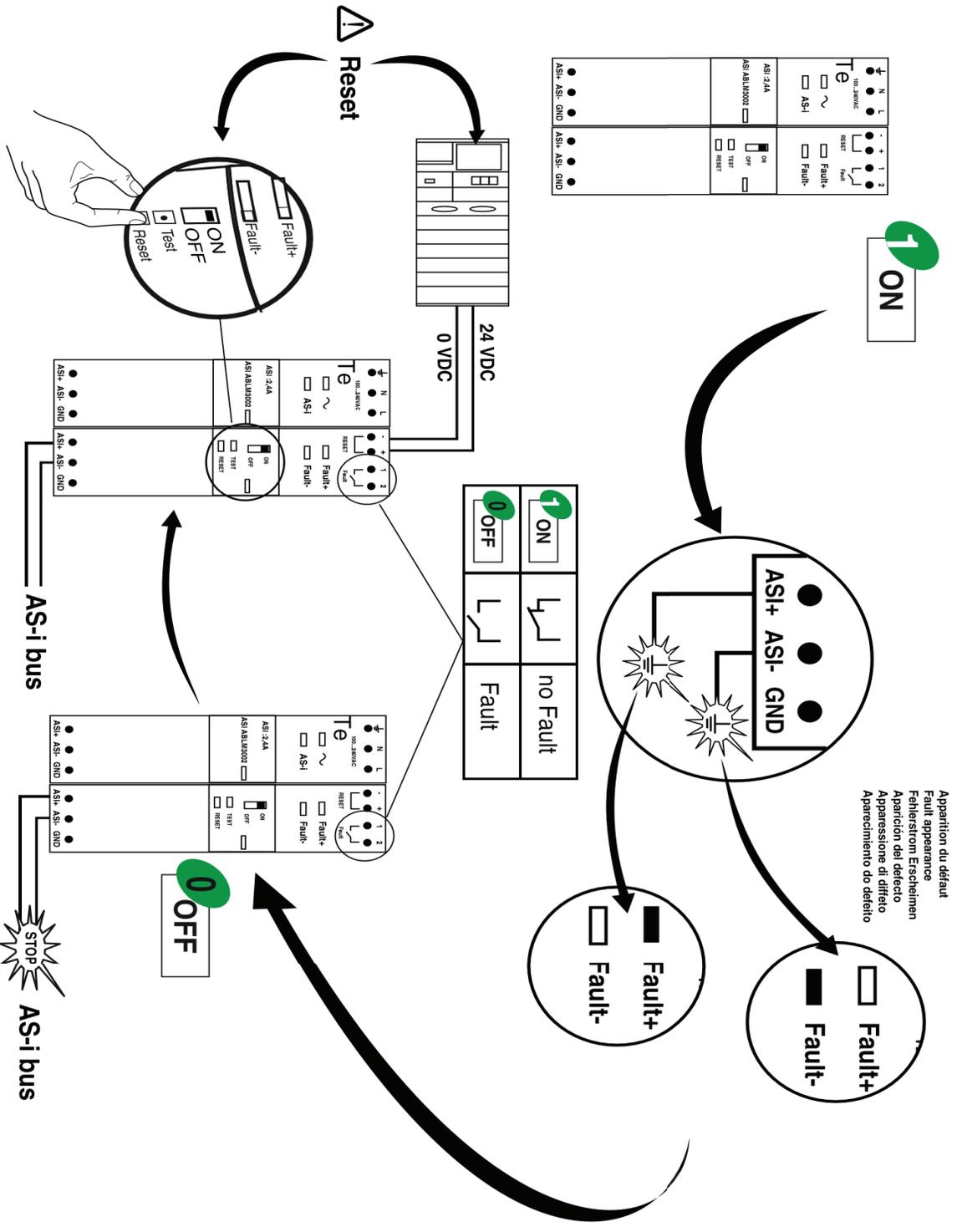
Module TWD NOI 10M3 takes the form of a standard-size module. It is connected to a Twido base controller (compact or modular) in the same way as any I/O module. It has the following on the front panel:

- 1 A display block comprising:
 - 6 pilot lights indicating the module operating modes:
 - green PWR pilot light: module powered up
 - red FLT pilot light: error in the configuration loaded
 - green LMO pilot light: module in local mode
 - green CMO pilot light: module in connected mode
 - red CNF pilot light: not used
 - red OFF pilot light: module in protected, unconnected mode
 - 6 green pilot lights, 3 for inputs, 3 for outputs:
- 2 A block for displaying the status of the addresses
- 3 Two push buttons PB1 and PB2 for controlling the status of the slaves by selecting their address and changing the mode
- 4 An extension connector for electrical connection to the previous module
- 5 A connector (on the RH side) for I/O expansion modules TWD D●● and TWD A●● (4 or 7 depending on version)
- 6 A latching mechanism for attachment to the previous module
- 7 A power supply removable screw terminal block.

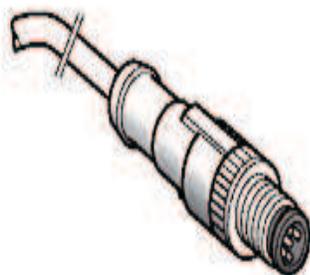
ANEXO XI
Datos Técnicos: Fuente
ABLM 3024

PHASEO

ASI ABL-B300● / D300● / M3024



ANEXO XII Datos
Técnicos: Conector
XZCP1564L05



Main

Accessory / separate part category	Cabling accessories
Accessory / separate part type	Pre-wired connectors
Series name	General purpose
Electrical connection	Straight male connector M12, 5 pins (included earth pin)
Collar material	Metal
Status LED	Without
Cable length	0.5 m

Complementary

Cable connector fixing	Screw-on
Cable outer diameter	5.9 mm
Cable composition	1 x 0.5 mm ² 4 x 0.34 mm ²
Wire insulation material	PUR
[Ue] rated operational voltage	30 V AC 36 V DC
[In] rated current	4 A
Contact resistance	<= 5000 µOhm
Insulating resistance	>= 1 GΩ
Product weight	0.04 kg

Environment

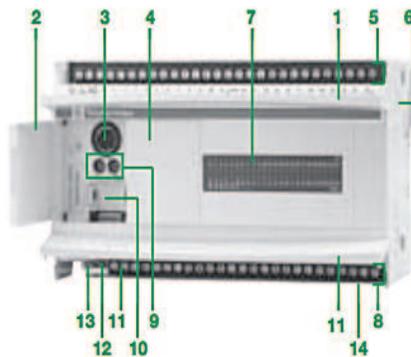
IP degree of protection	IP67
Ambient air temperature for operation	-40...80 °C (static) -5...80 °C (flexing)
Ambient air temperature for storage	-40...80 °C

Offer Sustainability

Sustainable offer status	Not Green Premium product
RoHS	Compliant - since 0649 - Schneider Electric declaration of conformity

ANEXO XIII
Datos Técnicos: PLC
TWIDO TWDLCDE
40DRF

Controlador programable Twido Bases compactas



Descripción (continuación)

Bases compactas TWD LCAE / LCDE 40 DRF (con puerto Ethernet integrado)

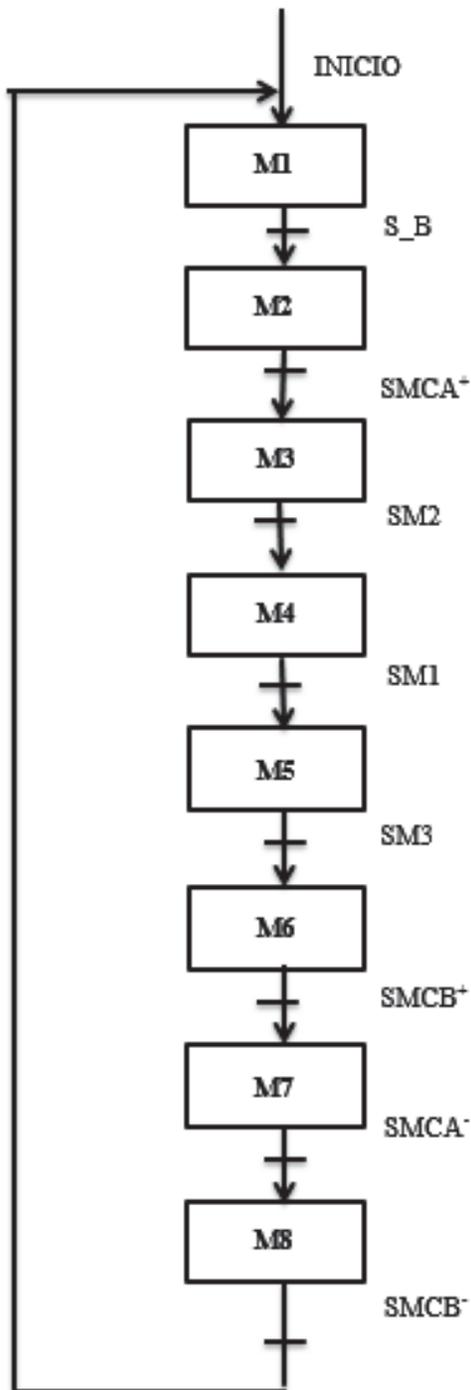
Las bases de controladores programables compactas Twido con puerto Ethernet TCP/IP integrado **TWD LCAE 40DRF** y **TWD LCDE 40DRF** incluyen:

- 1 Dos tapas giratorias para acceder a las bornas de conexión 5.
 - 2 Una puerta de acceso giratoria.
 - 3 Un conector de tipo mini-DIN para puerto de enlace serie RS 485 (para conectar el terminal de programación).
 - 4 Un emplazamiento (protegido con una tapa extraíble) para el visualizador numérico de diagnóstico y mantenimiento **TWD XCP ODC**.
 - 5 Un bornero con tornillos para la alimentación de los captadores ≈ 24 V (1) y para la conexión de los captadores de entradas.
 - 6 Un conector para módulo de ampliación de entradas/salidas **TWD D●●**, **TWD A●●** y de comunicación **TWD NOI10M3/NCO1M** (7 módulos máx.)
 - 7 Un bloque para visualizar:
 - el estado del controlador con la ayuda de 7 pilotos (PWR, RUN, ERR, BAT, COM, LACT y L ST),
 - el estado de las entradas y salidas (IN● y OUT●),
 - un piloto de usuario (STAT), controlado por el programa de aplicación, según la necesidad del usuario.
 - 8 Un bornero con tornillos para la conexión de los preaccionadores de salidas.
 - 9 Dos puntos de ajuste analógico.
 - 10 Un conector para la ampliación del 2.º puerto de enlace serie RS 232C/RS 485 con el adaptador **TWD NAC ●●●**.
 - 11 Un bornero con tornillos para conectar la alimentación de red $\sim 100\text{...}240$ V o $\approx 19,2\text{...}30$ V.
- Con acceso por la parte inferior del controlador:**
- 12 Un conector para cartucho de memoria de 32/64 Kb **TWD XCP MFK32/MFK64**.
 - 13 Un conector tipo RJ45 (acceso por la parte inferior del controlador) para la conexión a la red Ethernet.
 - 14 Un emplazamiento para la pila opcional de seguridad de la memoria RAM interna de la base.

Las bases compactas se montan sobre perfil \sqcap simétrico, sobre placa o sobre panel (2 orificios de $\varnothing 4,3$).

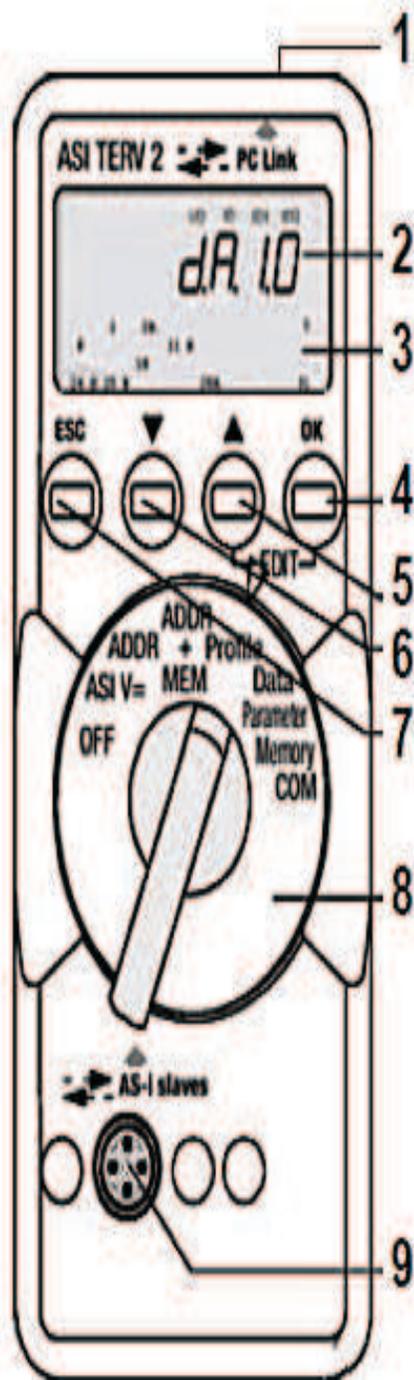
(1) Alimentación de captadores ≈ 24 V únicamente con base **TWD LCAE 40DRF** (modelo con alimentación de red $\sim 100\text{...}240$ V).

ANEXO XIV
Grafcet



$$\begin{aligned}
 M1 &= \text{INICIO} + M8 \cdot \overline{\text{SMCB}^-} + M1 \cdot \overline{M2} \\
 M2 &= M1 \cdot S_B + M2 \cdot \overline{M3} \\
 M3 &= M2 \cdot \text{SMCA}^+ + M3 \cdot \overline{M4} \\
 M4 &= M3 \cdot \text{SM2} + M4 \cdot \overline{M5} \\
 M5 &= M4 \cdot \text{SM1} + M5 \cdot \overline{M6} \\
 M6 &= M5 \cdot \text{SM3} + M6 \cdot \overline{M7} \\
 M7 &= M6 \cdot \text{SMCB}^+ + M7 \cdot \overline{M8} \\
 M8 &= M7 \cdot \text{SMCA}^- + M8 \cdot \overline{M1}
 \end{aligned}$$

ANEXO XV
Datos técnicos: AS-i
TERV2



- 1) Interfaz de infrarrojos,
- 2) Display principal,
- 3) Campo de direcciones: visualización de las direcciones asignadas,
- 4) Tecla de entrada,
- 5) Tecla "Sup.",
- 6) Tecla "Inf.",
- 7) Reposición/ Escape*,
- 8) Selector giratorio de funciones,
- 9) Terminales de conexión al sistema AS-i.



Certificado AS-i



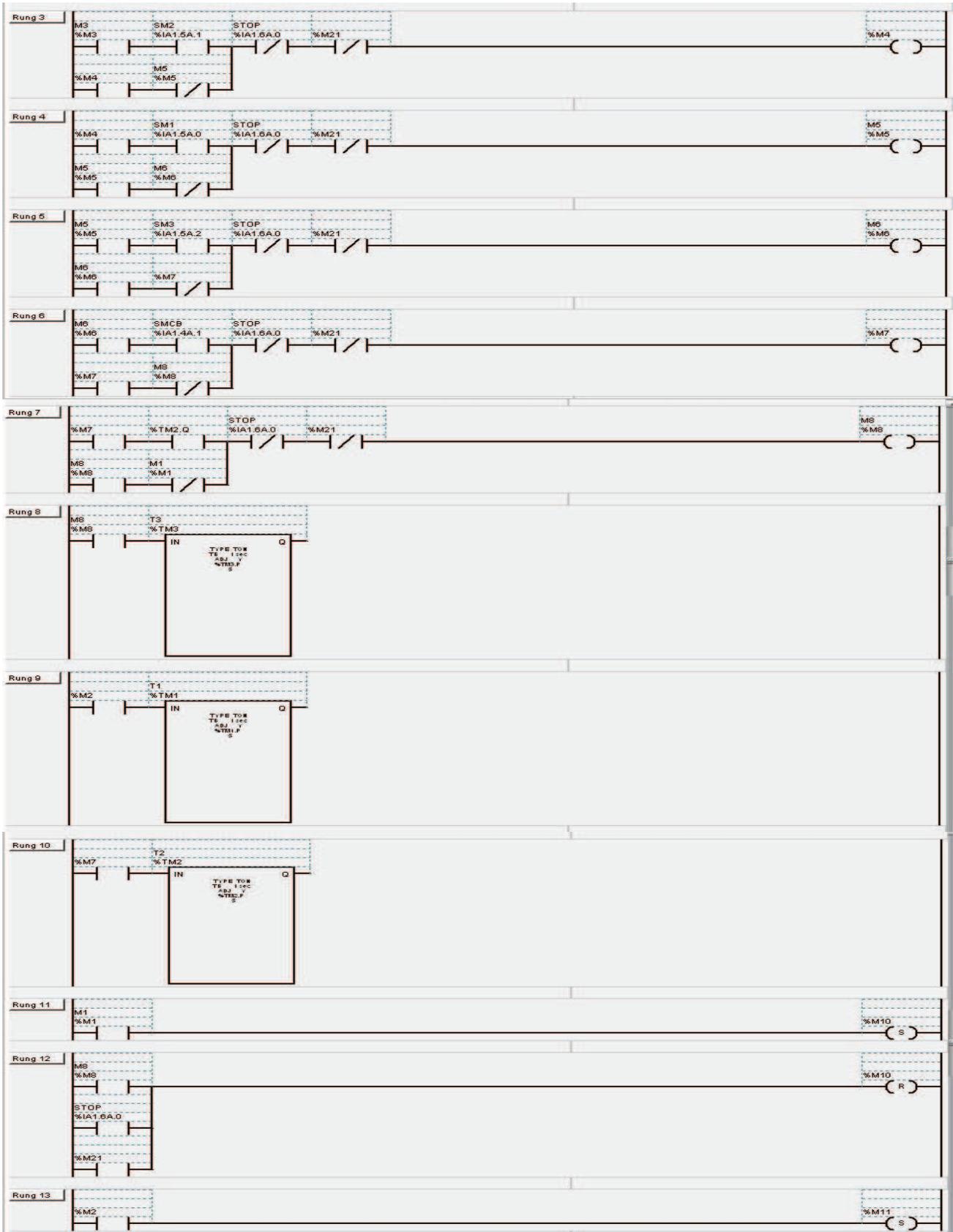
Solamente el personal cualificado está autorizado a utilizar este aparato.
(¡Cuidado! Observe la documentación)

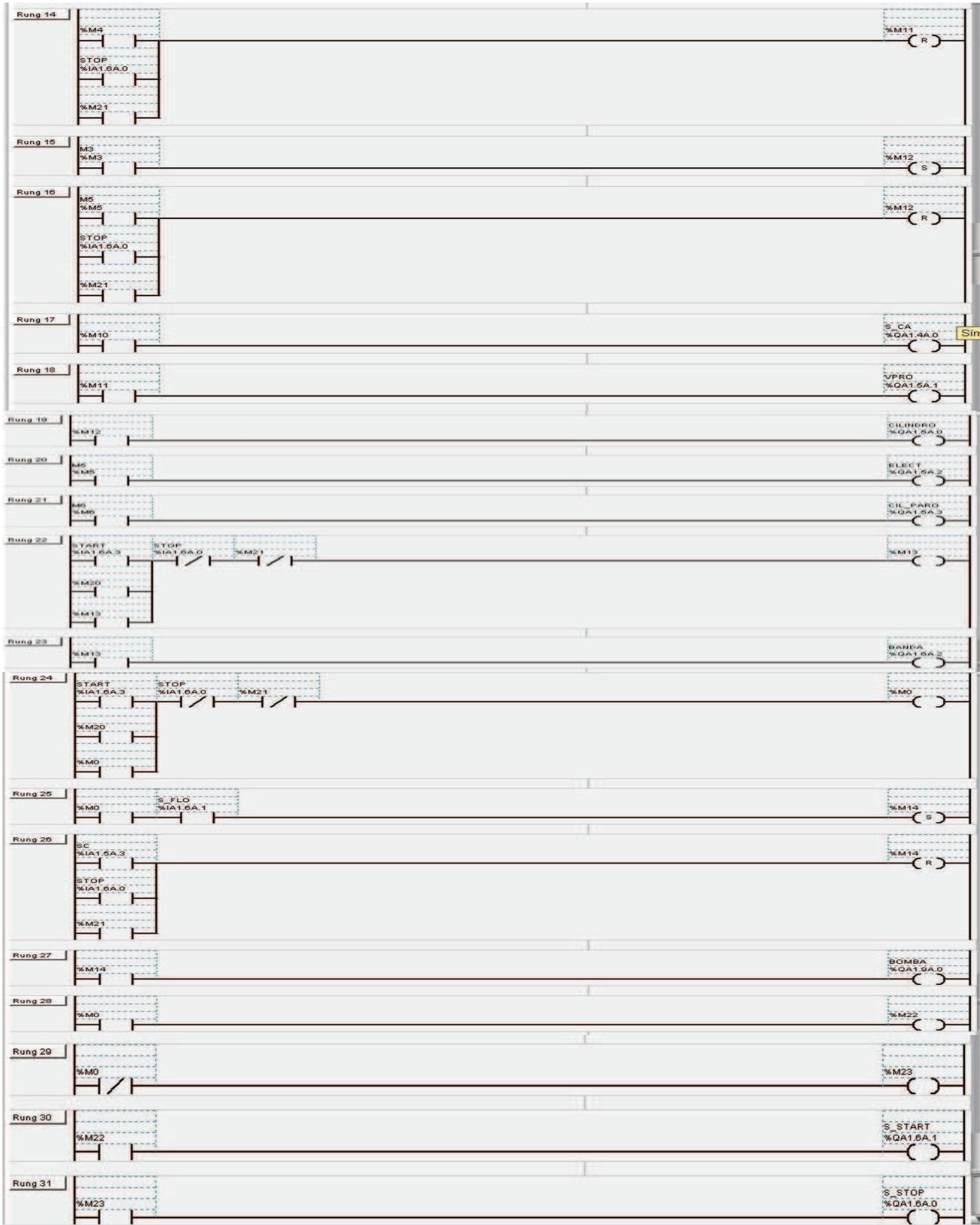


Distintivo de conformidad de la UE.

* Pulsando **ESC** en lugar de pulsar **OK** el aparato se pondrá en cero sin ejecutar la función seleccionada.

ANEXO XVI
Ladder





ANEXO XVII
Análisis Estadístico



**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

SEMESTRE..... FECHA.....

OBJETIVO

Determinar si el prototipo de llenado volumétrico fortalece los conocimientos de los estudiantes de la escuela de ingeniería electrónica control y redes industriales.

Instrucciones

Por favor lea detenidamente cada pregunta y marque con una X la respuesta que usted considere sea la adecuada

Cuestionario

1. ¿Considera que la práctica es importante para fortalecer los conocimientos impartidos en clases?

Si.....

No.....

¿Por qué?.....
.....

2. Considera usted que las prácticas realizadas con la Red As-interface son:

- Excelentes
- Buenas
- Regulares
- Insuficientes

3. Conociendo el cableado tradicional de los PLC's considera Ud. Que un cambio al estándar AS-i para el control del proceso seria

- Excelentes
- Buenas
- Regulares
- Insuficientes

4. ¿Considera que este tipo de módulos se debe implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales?

Si.....

No.....

¿Por qué?.....
.....

Análisis del prototipo de llenado volumétrico

Para comprobar la aceptación del prototipo de llenado volumétrico con estándar AS-i, se recurrió a realizar una encuesta (Anexo XVIII – Formato de la Encuesta): a 60 estudiantes de Octavo y Noveno semestre de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, siendo los más indicados puesto que en estos niveles se aborda cátedras relacionadas con Redes Industriales y Automatización, obteniendo los siguientes resultados.

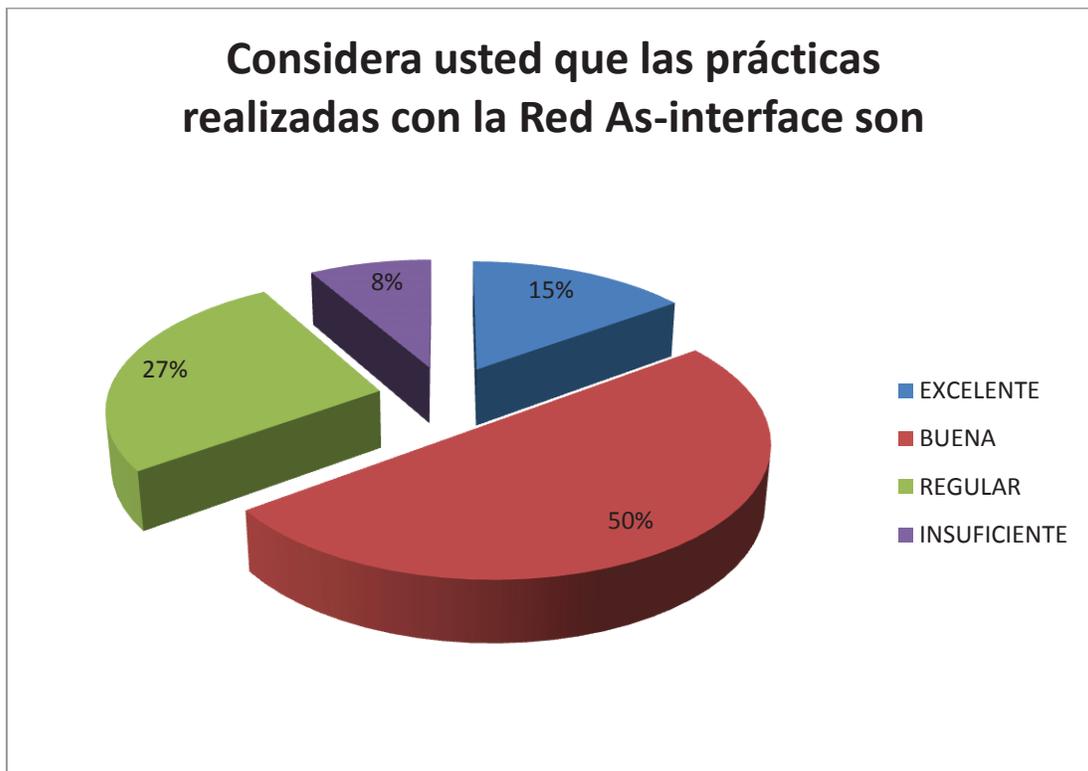
Tabulación de Datos

Primera Pregunta:



El resultado refleja que el 98% de las personas participantes considera que la práctica es muy importante porque pueden visualizar los elementos de una manera real además de asimilar de una mejor manera los conocimientos, adquiriendo una mejor perspectiva para posteriormente enfrentarse al campo industrial.

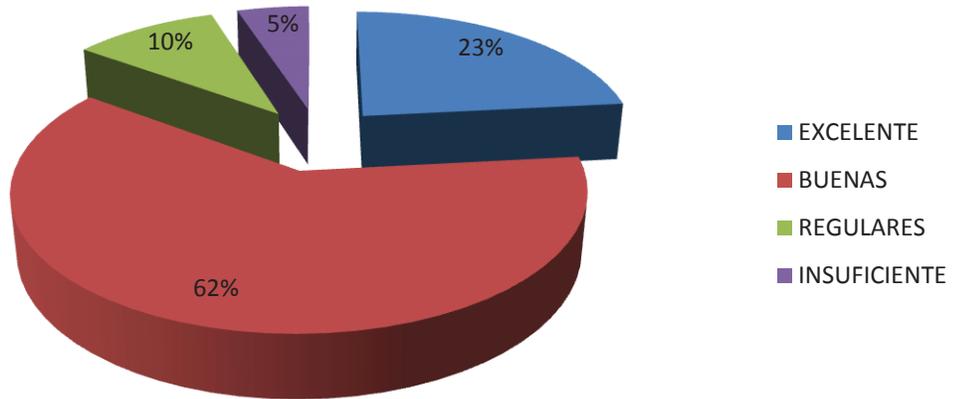
Segunda Pregunta:



El 50% de los estudiantes encuestados expresan que las prácticas realizadas con la Red AS-interface son buenas, el 15% opinan que son excelentes, mientras que el 27% las considera regulares y el 8% insuficientes, por la falta de prototipos que utilizan el estándar anteriormente mencionado.

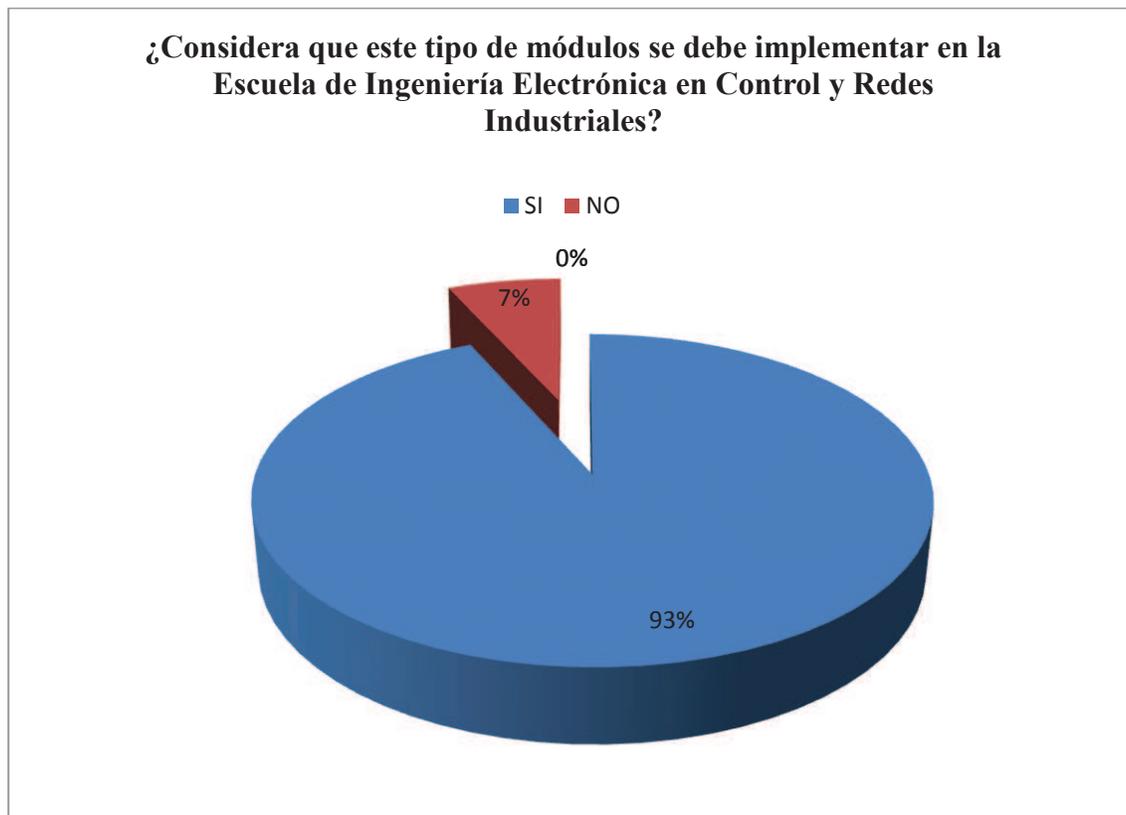
Tercera Pregunta:

Conociendo el cableado tradicional de los PLC's considera UD. Que un cambio al estándar AS-i para el control del proceso seria.



El 62% de los encuestados consideran que es bueno el cambio del cableado tradicional por el estándar AS-interface, y un 25% piensa que es excelente la transición que brinda la Red

Cuarta Pregunta:



El 93% de los estudiantes encuestados consideran que este tipo de módulos se debería implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.