

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA EN VISUAL
STUDIO USANDO EL DRIVER NET.S7 LINK 2.0**

JORGE ALBERTO PAREDES OLIVEROS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESP. EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2015**

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA EN VISUAL
STUDIO USANDO EL DRIVER NET.S7 LINK 2.0**

JORGE ALBERTO PAREDES OLIVEROS

MONOGRAFÍA DE GRADO

**DIRECTOR:
LEIDY JOHANNA OLARTE SILVA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESP. EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2015**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Marzo de 2015

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	2
2. ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN.....	4
2.1. Nivel de Instrumentación	5
2.2. Nivel de control	11
2.3. Lista de Señales y Variables	13
3. REQUERIMIENTOS.....	15
3.1. Hardware	16
3.2. Software.....	17
3.3. INGEAR NET.S7LINK	18
4. CONFIGURACIÓN	20
4.1. Creación enlace en módulo CP243-1 del S7-200	20
4.2. Instalación del software Net.S7 Link de Ingear	22
4.3. Configuración de Net.S7 Link en Visual Studio	24
5. COMUNICACIÓN CON NET.S7 LINK	25
5.1. Conexión a los PLCs Siemens	25
5.2. Adquisición de datos.....	26
5.3. Estándar IEEE754	27
6. NORMATIVIDAD	28
6.1. ISO 11064 – Part 5: Displays and Controls	28
6.2. ISO 9241 – Part11: Guidance on usability.....	29
7. INTERFAZ GRÁFICA.....	30
7.1. Inicio	30
7.2. Control de usuario	30
7.3. Proceso.....	31
7.4. Históricos	35
7.5. Mantenimiento	36
7.6. Información	37
8. CONCLUSIONES.....	38
REFERENCIAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo CIM de la Línea de Producción	3
Figura 2. Diámetro y altura de las piezas cilíndricas	4
Figura 3. Cara inferior y superior de las piezas	4
Figura 4. Estación de Clasificación.....	5
Figura 5. Sistema de alimentación	6
Figura 6. Sistema de clasificación por altura	7
Figura 7. Sistema de clasificación por material	8
Figura 8. Calle de selección	9
Figura 9. Sistema de almacenamiento	10
Figura 10. Depósitos de almacenamiento	10
Figura 11. Gabinete de la estación de clasificación	11
Figura 12. Requerimientos de Hardware y Software.....	15
Figura 13. Llave de licencia USB [5].....	19
Figura 14. Creación de enlace para comunicación en módulo CP243-1 (Parte 1)	20
Figura 15. Creación de enlace para comunicación en módulo CP243-1 (Parte 2)	21
Figura 16. Instalación del software Net.S7 Link (Parte 1)	22
Figura 17. Instalación del software Net.S7 Link (Parte 2)	23
Figura 18. Configuración de Net.S7 Link en Visual Studio.....	24
Figura 19. Distribución de bits para el estándar IEEE754 Precisión Simple [7]	27
Figura 20. Pantalla Control de Usuario.....	30
Figura 21. Confirmación de Recuperación de Contraseña.....	31
Figura 22. Pantalla Proceso	31
Figura 23. Conexión e Inicialización de Proceso.....	32
Figura 24. Representación gráfica del proceso	33
Figura 25. Registro de eventos.....	33
Figura 26. Datos de Proceso	34
Figura 27. Pantalla Históricos.....	35
Figura 28. Pantalla Mantenimiento	36
Figura 29. Pantalla Información.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Funciones de las estaciones de trabajo	2
Tabla 2. Elementos del sistema de alimentación	6
Tabla 3. Elementos del sistema de clasificación por altura	7
Tabla 4. Elementos del sistema de clasificación por material	8
Tabla 5. Elementos de la calle de selección.....	9
Tabla 6. Clasificación de piezas	10
Tabla 7. Elementos del gabinete de clasificación.....	12
Tabla 8. Lista de Señales y Variables	14
Tabla 9. Requisitos Hardware para Visual Studio 2013 y Step 7 v5.5	16
Tabla 10. Requerimientos Software para desarrollo	17
Tabla 11. Requerimientos software para ejecución.....	17
Tabla 12. Tipos de licencias de Ingear Net.S7 Link [6]	18
Tabla 13. Requerimientos de software de Ingear Net.S7 Link [5]	19
Tabla 14. Contenido del CD de instalación de Net.S7 Link.....	22

ANEXOS

Anexo1. Proyecto Línea de Producción STEP7 (Programación S7300)

Anexo2. Proyecto Línea de Producción STEP7 Micro/WIN (Programación S7200)

Anexo3. Proyecto de desarrollo de Interfaz Gráfica en Visual Studio

OBJETIVOS

Implementar 3 módulos SCADA en el software Visual Studio usando el driver NET.S7LINK de Ingear en la comunicación con un PLC Siemens.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir los requerimientos de hardware y software para el desarrollo del proyecto.
- Validar la comunicación y la transmisión de datos entre el PLC S7 Siemens y el software Visual Studio.
- Aplicar la normatividad vigente sobre diseño de las HMI en la creación de los módulos SCADA.
- Documentar los resultados de la implementación de un sistema SCADA empleando los drivers de Ingear y el software Visual Studio.

INTRODUCCIÓN

La implementación del modelo CIM (Computer Integrated Manufacturing) en la automatización de procesos industriales ha permitido la integración de los niveles de producción de las empresas en un sistema único que aumenta la productividad, mejora la calidad de los productos, reduce los costos y disminuye los tiempos de fabricación. [1]

El modelo CIM consiste en una estructura jerarquizada formada por cinco niveles: Instrumentación, Control, Supervisión, Planificación y Gestión. El nivel de Supervisión permite la visualización de los procesos que se realizan en planta, este nivel también es conocido como nivel SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Un sistema SCADA esencialmente cumple tres funciones: adquisición de datos, supervisión y control. A su vez, los sistemas SCADA están formados por distintos módulos que pueden ser implementados dependiendo de los requerimientos de la aplicación. Algunos de los módulos son: configuración, comunicaciones, interfaz gráfica, tendencias, alarmas, registro y recetas. [1]

El módulo de comunicaciones del sistema SCADA es el encargado de realizar el enlace para el intercambio de información entre el nivel de Control y el nivel de Supervisión, es decir, entre los controladores del proceso (PLCs) y el software de desarrollo SCADA que normalmente está instalado en un PC. Este módulo contiene un intérprete de datos conocido como *driver*.

En el mercado hay varias opciones para el desarrollo de sistemas SCADA. Cada fabricante tiene su propio software de desarrollo que incluye los *drivers* necesarios por el módulo de comunicación. Sin embargo, también existen otras alternativas para crear aplicaciones independientes como es el caso de la compañía Ingear que desarrolla *drivers* para diferentes familias de controladores: Allen Bradley, Siemens y General Electric.

En este proyecto se ha realizado el desarrollo y la implementación de un sistema SCADA empleando los *drivers* Ingear de los controladores Siemens. Estos *drivers* permiten la creación de aplicaciones Windows a través del entorno de desarrollo Visual Studio.

La implementación del sistema SCADA se ha diseñado y desarrollado para la Estación de Clasificación. Esta estación es una de las cuatro estaciones de trabajo que conforman la Línea de Producción del Laboratorio de Automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana y tiene como función principal la clasificación de la materia prima (piezas cilíndricas) en seis depósitos de acuerdo a combinaciones predefinidas de altura y material.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La Línea de Producción para el empackado de piezas cilíndricas desarrollada por la Universidad Pontificia Bolivariana está formada por cuatro estaciones de trabajo: selección, clasificación, transporte y empackado de piezas cilíndricas. La Tabla 1 muestra el principio de operación y la función de cada una de las estaciones de trabajo.

Estación de trabajo	Operación	Función
Selección	Manual	Control de Calidad. El operario comprueba las piezas y selecciona aquellas que cumplan con los requerimientos de calidad. Las imperfecciones encontradas son registradas empleando un sistema de código de barras.
Clasificación	Automatizada	Clasificación de piezas por material y altura. Un conjunto de sensores mide la altura (14mm o 16mm) e identifica el material de las piezas (metal, aluminio o plástico). Luego, las piezas recorren una banda transportadora y finalmente son clasificadas en depósitos de almacenamiento.
Transporte	Híbrida	Etiquetado y transporte de piezas. El operario debe etiquetar las piezas ubicadas en los depósitos de almacenamiento. Un robot cartesiano transporta las piezas etiquetadas a la estación de empackado. Los modos de operación del robot pueden ser configurados a través de una HMI.
Empackado	Híbrida	Empackado de piezas. Mediante una HMI el operario establece la orden de producción. El empackado se realiza en plástico empleando un sistema de sellado y corte.

Tabla 1. Funciones de las estaciones de trabajo

En el prototipo de la línea de producción se han integrado tres de los cinco niveles de la pirámide CIM mencionados anteriormente: Instrumentación, Control y Supervisión. La Figura 1 muestra el modelo CIM de la línea de producción. El nivel de instrumentación se ha agrupado por simplicidad en las diferentes estaciones de trabajo: Selección, Clasificación, Transporte y Empackado.

En el nivel de Supervisión se observan tres elementos: cada uno de ellos está asociado a una de las estaciones de trabajo. HMI Transporte y HMI Empackado fueron desarrolladas en WinCC Flexible 2008 SP3 e implementados sobre Paneles Táctiles Siemens. El elemento restante resaltado en un rectángulo amarillo (ver Figura 1) corresponde a la Interfaz Gráfica de este proyecto. A diferencia de las otras, el software de desarrollo utilizado para esta interfaz es Ingear Net.S7 Link. En los siguientes capítulos veremos detalles de la implementación.

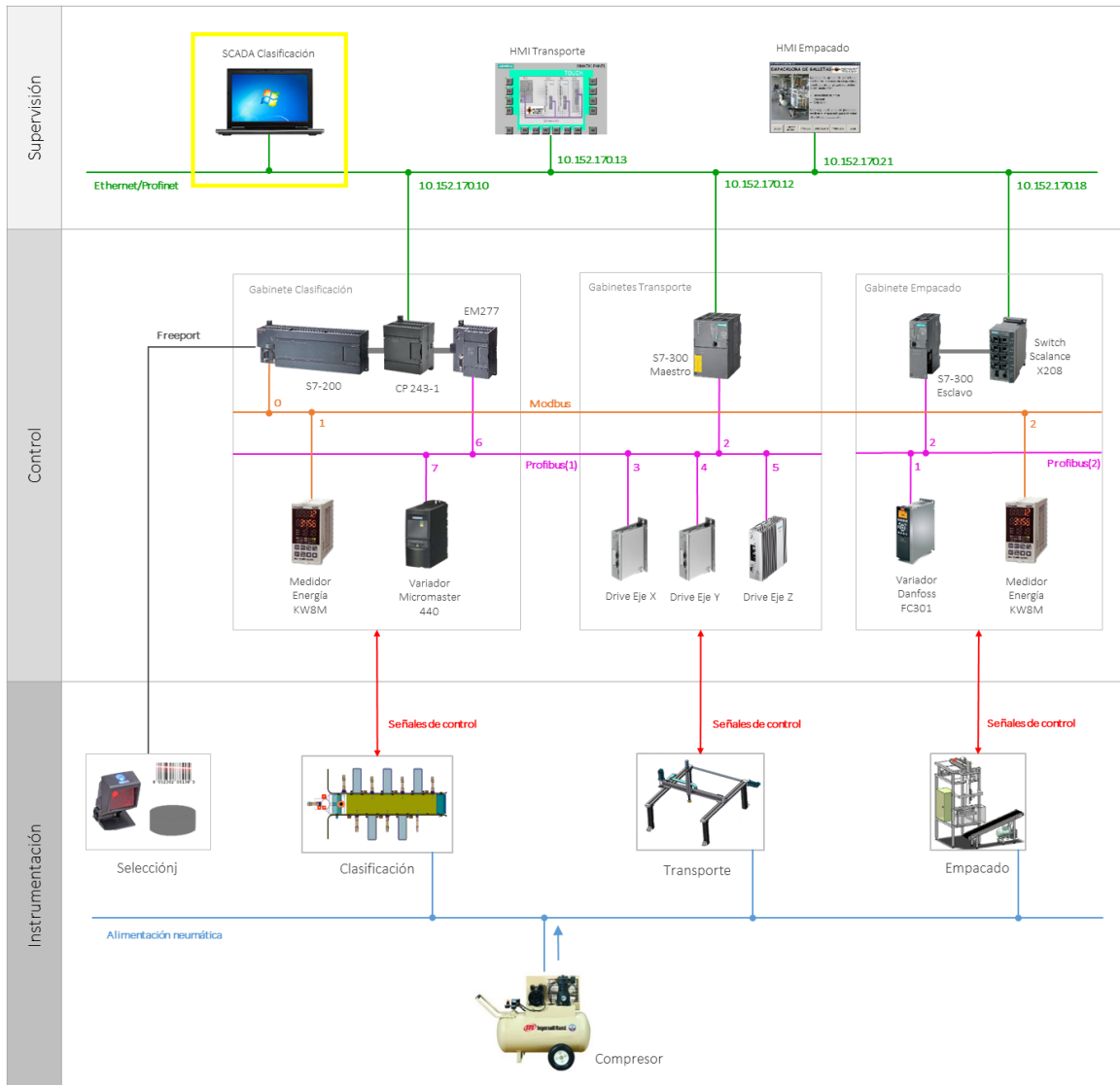


Figura 1. Modelo CIM de la Línea de Producción

2. ESTACIÓN DE CLASIFICACIÓN

En este capítulo se muestra cada uno de los elementos de la Estación de Clasificación y se describe su funcionalidad.

La Estación de Clasificación recibe las piezas cilíndricas previamente seleccionadas y se encarga de clasificarlas de acuerdo a su material y la altura. Las piezas cilíndricas empleadas en la Línea de Producción tienen un diámetro de 34mm y una altura de 14mm o 16mm (ver Figura 2).

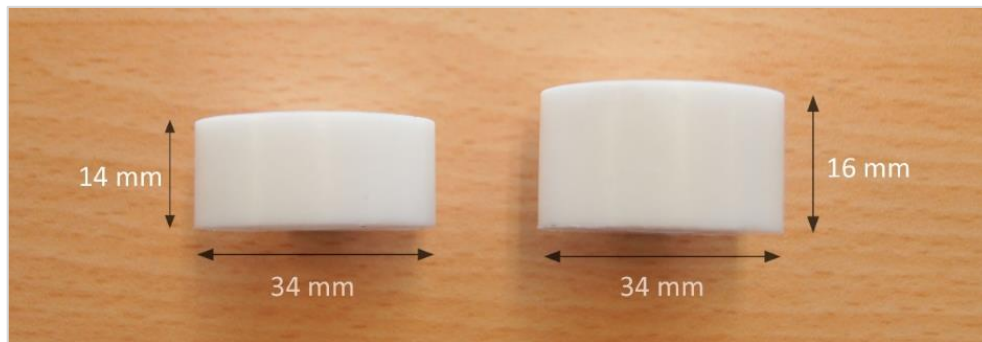


Figura 2. Diámetro y altura de las piezas cilíndricas

La cara inferior de las piezas tiene un tornillo insertado en el centro que actúa como un parámetro de calidad de las piezas, mientras que, la cara superior tiene uno de los tres materiales: metal, aluminio o plástico (ver Figura 3).



Figura 3. Cara inferior y superior de las piezas

2.1. Nivel de Instrumentación

El nivel de instrumentación contiene todos los elementos de proceso que interactúan con el nivel de control: sensores y actuadores. Estos elementos están agrupados formando cinco subsistemas: alimentación de piezas, clasificación por altura, clasificación por material, calle de selección y almacenamiento (Figura 4).

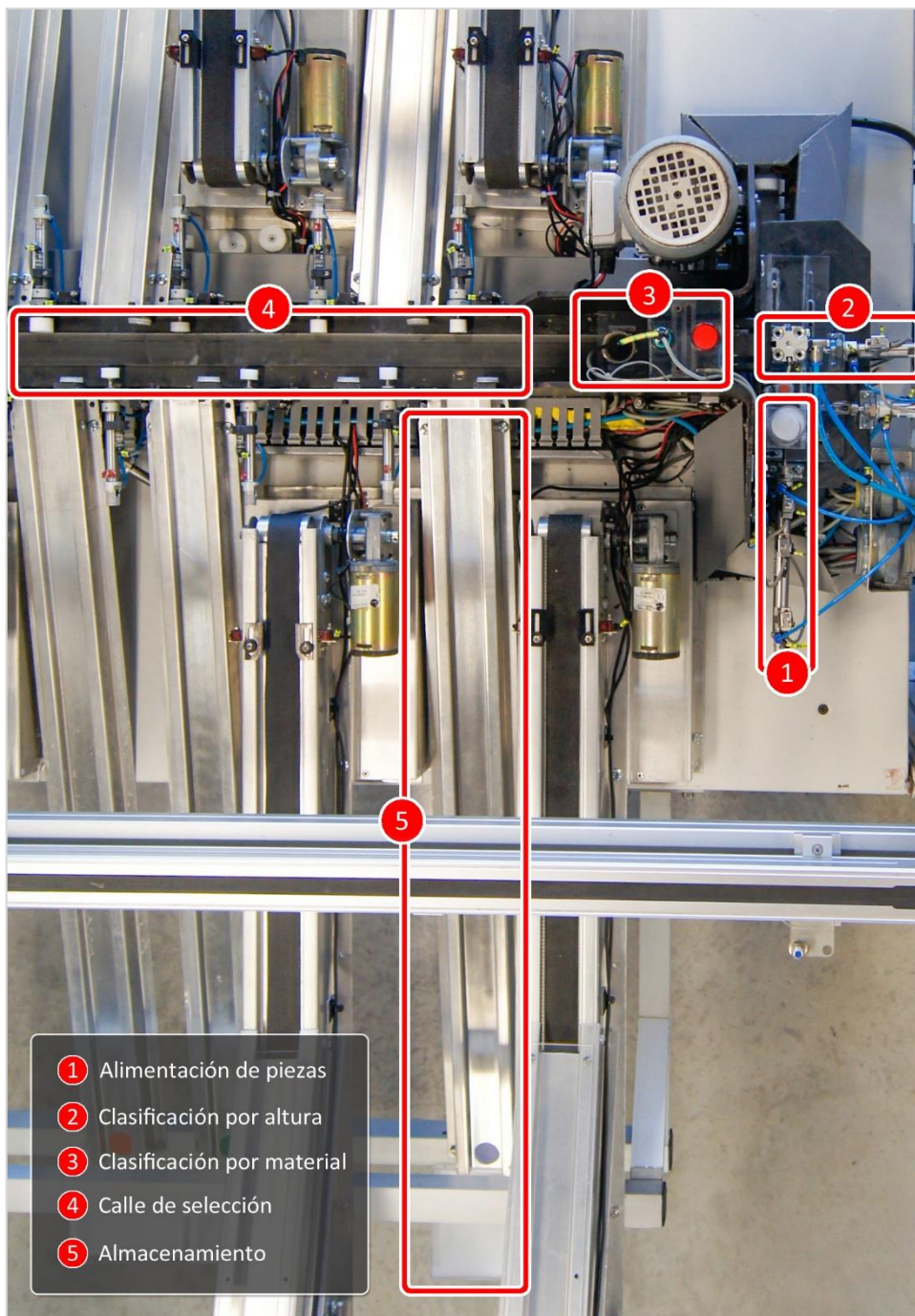


Figura 4. Estación de Clasificación

2.1.1. Alimentación de Piezas

Las piezas son introducidas con la cara del material hacia arriba por un operario en el sistema de alimentación. Un sensor réflex detecta la presencia de las piezas y las desplaza mediante un cilindro neumático hacia el sistema de clasificación por altura (ver Figura 5).

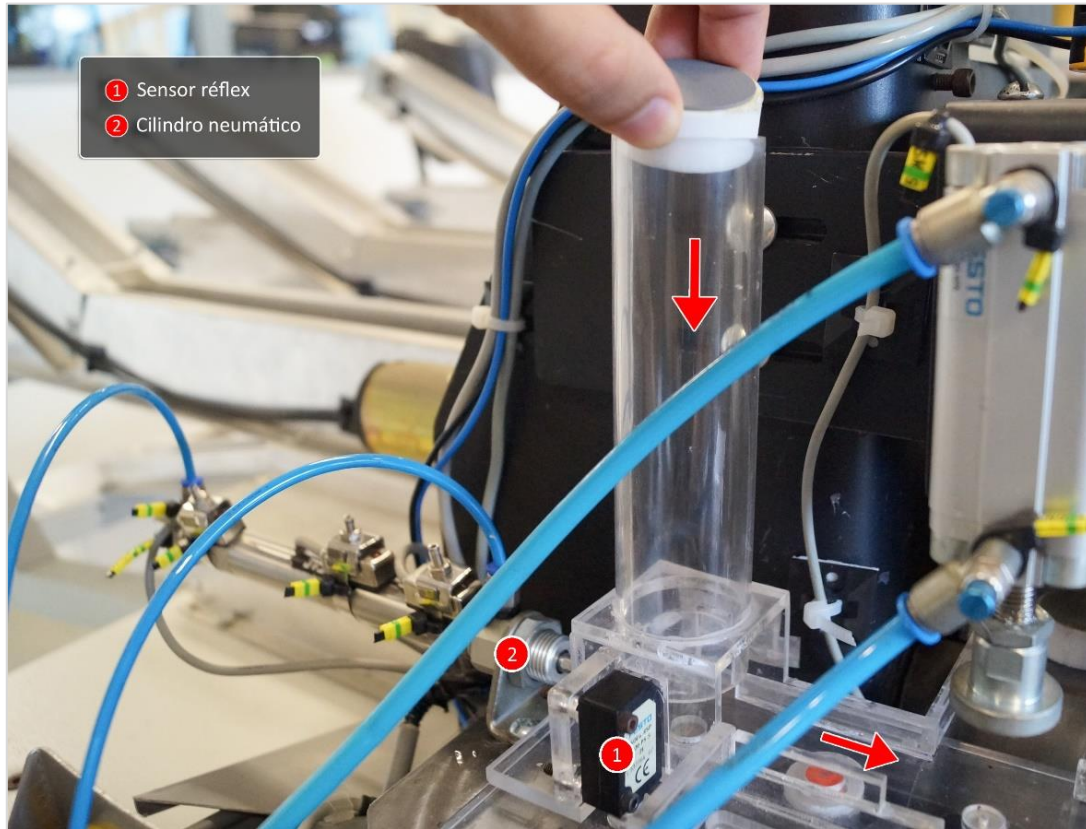


Figura 5. Sistema de alimentación

Los elementos principales del sistema de alimentación de piezas se muestran en la Tabla 2.

Sensor réflex Festo SOEG-RSP-Q20-PS-S-2L	Cilindro neumático Airtac MI 16x125
	

Tabla 2. Elementos del sistema de alimentación

2.1.2. Clasificación por Altura

El sistema de clasificación por altura utiliza un cilindro compacto, un sensor de proximidad y un transmisor de posición para determinar la altura de la pieza. El sistema considera válidas las piezas que estén dentro de los rangos de altura de 13.8mm-14.2mm (para 14mm) y 15.8mm-16.2mm (para 16mm). También cuenta con un sensor inductivo para la detección de piezas sin tornillo en la cara inferior y piezas invertida (ver Figura 6).

Además de medir la altura, este sistema se encarga del rechazo de piezas que están fuera del rango de altura, piezas invertidas y aquellas que no tienen el tornillo insertado en su cara inferior (detección del sensor inductivo).

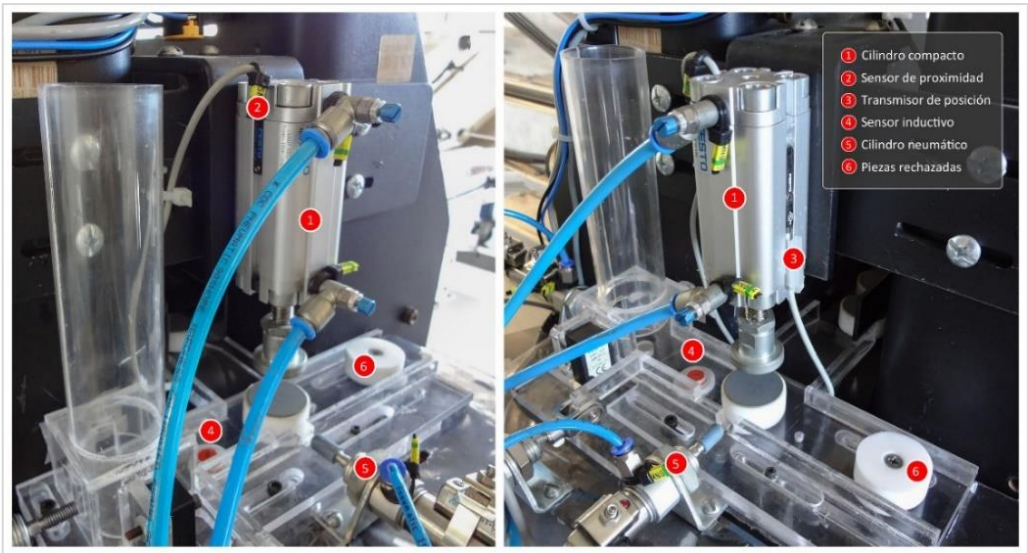


Figura 6. Sistema de clasificación por altura

Los elementos principales del sistema de clasificación por altura se muestran en la Tabla 3.

Cilindro compacto Festo ADVU-20-50-A-P-A	Sensor de proximidad Festo SME-8-K-LED-24	Transmisor de posición Festo SMAT-8M
		
Sensor Inductivo Autonics PR12-4DP	Cilindro neumático Airtac MI 16x125	
		

Tabla 3. Elementos del sistema de clasificación por altura

2.1.3. Clasificación por Material

Dos sensores situados en el recorrido de las piezas determinan el material de la cara superior. Un sensor fotoeléctrico es utilizado para la detección del aluminio y un sensor inductivo para la detección del metal (ver Figura 7). Si ninguno de los sensores registra actividad, el material se considera plástico.

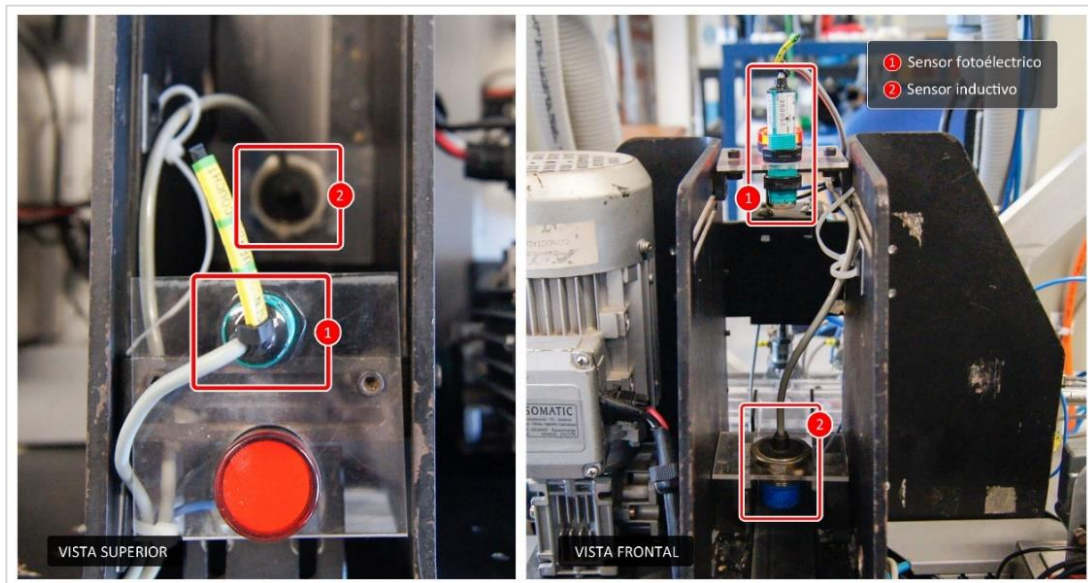


Figura 7. Sistema de clasificación por material

Los elementos principales del sistema de clasificación por material se muestran en Tabla 4.

Sensor fotoeléctrico Conch LS18D-40P	Sensor inductivo Festo SIEN-M30NB-PS-K-L
	

Tabla 4. Elementos del sistema de clasificación por material

2.1.4. Calle de Selección

La calle de selección está formada por una banda transportadora, un motor de inducción trifásico, un encoder, ocho sensores réflex y ocho cilindros neumáticos (ver Figura 8). En el momento de ingresar a la calle de selección, el controlador ya tiene almacenado el tipo de material y la altura de la pieza. Los sensores réflex detectan el paso de las piezas y se activa el cilindro neumático correspondiente para llevar la pieza a su depósito de almacenamiento. El encoder es utilizado para modificar la velocidad de la banda transportadora.

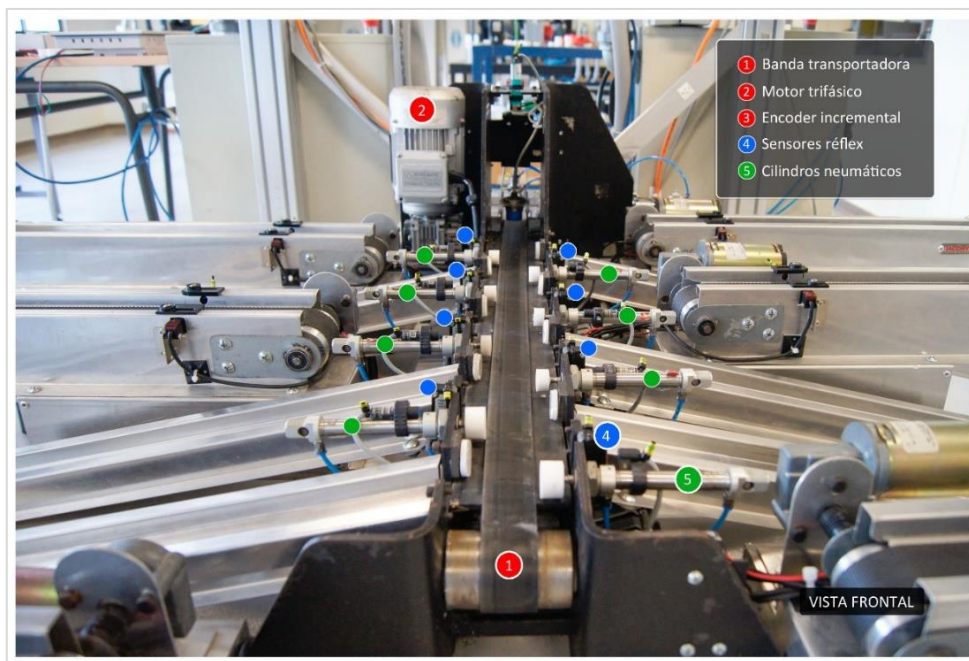


Figura 8. Calle de selección

Los elementos principales de la calle de selección se muestran en la Tabla 5.

Motor de inducción trifásico Y2-632-4 (B14)	Encoder rotatorio incremental Omron E6C2-CWZ5B
Sensor réflex (x8) Festo SOEG-RSP-Q20-PS- S-2L	Cilindro neumático (x8) Airtac MI 16x25

Tabla 5. Elementos de la calle de selección

2.1.5. Almacenamiento

El sistema de almacenamiento está formado por seis canales y seis depósitos. Cada conjunto de canal-depósito está identificado con un color que corresponde a una combinación de material y altura como se muestra en la Figura 9 y en la Tabla 6.

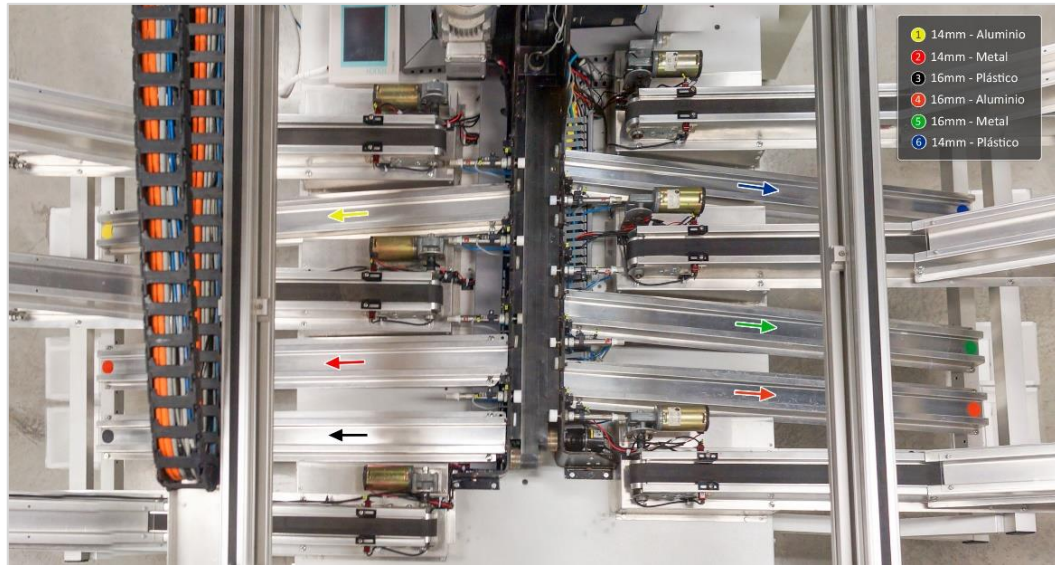


Figura 9. Sistema de almacenamiento

Almacenamiento	Color	Material	Altura
1	Amarillo	Aluminio	14mm
2	Rojo	Metal	14mm
3	Negro	Plástico	16mm
4	Naranja	Aluminio	16mm
5	Verde	Metal	16mm
6	Azul	Plástico	14mm

Tabla 6. Clasificación de piezas

Los depósitos son cajas de acrílico en las cuales se almacenan las piezas clasificadas. En la Figura 10 se muestran los depósitos 2 y 3 que corresponden a los colores rojo y negro.

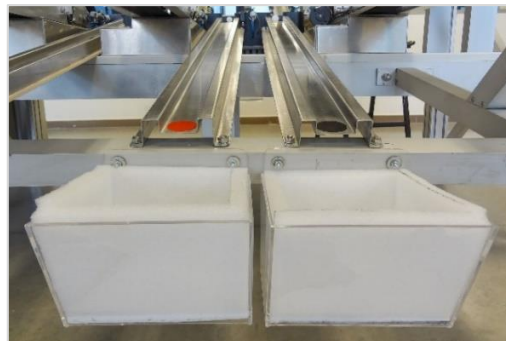


Figura 10. Depósitos de almacenamiento

2.2. Nivel de control

En este nivel se encuentran los controladores y elementos encargados de la regulación, el control de secuencias y la operación del proceso. Los elementos de control la Estación de Clasificación se encuentran en el gabinete mostrado en la Figura 11.

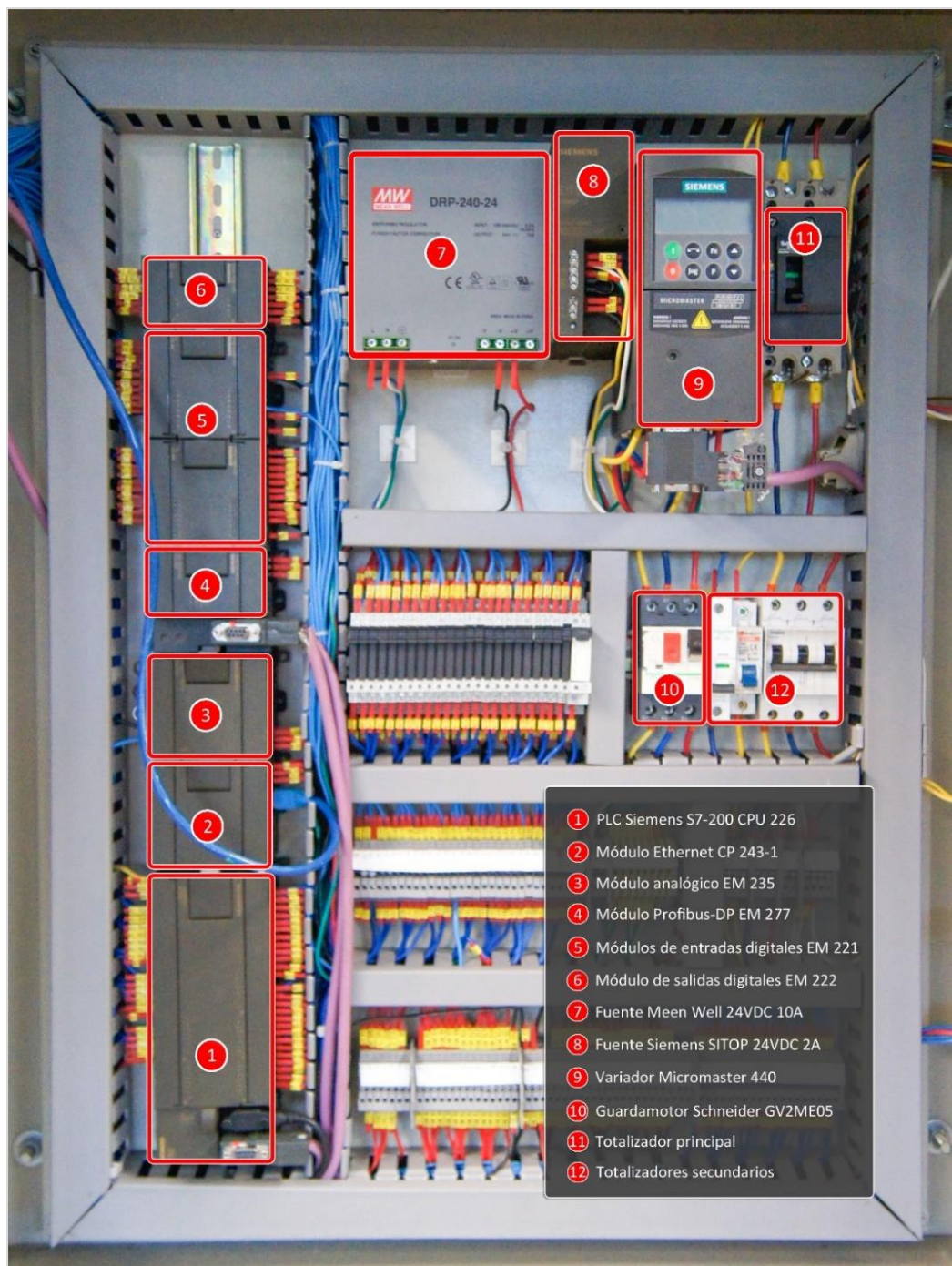


Figura 11. Gabinete de la estación de clasificación

Los elementos principales del gabinete de clasificación se muestran en la Tabla 7.

PLC Siemens S7-200 CPU 226 Ref. 216-2BD23-0XB0  Unidad central de procesamiento	Procesador de comunicaciones Siemens CP 243-1 Ref. 6GK7 243-1EX00-0XE0  Comunicación ethernet	Módulo analógico Siemens EM 235 AI4/AQ1 Ref. 235-0KD22-0XA0  Lectura del sensor de altura
Módulo PROFIBUS-DP Siemens EM 277 Ref. 277-0AA22-0XA0  Comunicación Profibus	Módulo entrada digital Siemens EM 221 DI16 (x2) Ref. 221-1BH22-0XA0  Entradas y salidas digitales	Módulo salida digital Siemens EM 222 DQ8 Ref. 222-1BF22-0XA0  Salidas digitales
Fuente 24VDC 10A Meen Well DRP-240-24  Alimentación de la instrumentación	Fuente 24VDC 2A Siemens SITOP Power 2 Ref. 6EP1331-2BA00  Alimentación de los módulos de control	Variador de frecuencia Siemens Micromaster 440 Ref. 6SE6440-2UC13-7AA1  Control de velocidad del motor de la calle de selección

Tabla 7. Elementos del gabinete de clasificación

2.3. Lista de Señales y Variables

El módulo de comunicaciones del sistema SCADA permite el enlace con el controlador para la lectura y escritura de las entradas-salidas y variables internas del proceso. En la Tabla 8 se muestra el listado de señales y variables necesarias para la implementación del sistema SCADA de la Estación de Clasificación.

Tipo	Nombre	Dirección Física	Memoria Interna	Descripción
Variables Internas	T_CASI_A		VW1002	Tiempo límite para iniciar en dos segundos la alimentación de piezas
	T_ALIM		VW1000	Tiempo para la alimentación de piezas
	KWH_robot		VW307	Consumo en kilovatios del sistema cartesiano
	A_FOTOGRAFICA		VW303	Altura fotográfica
	T_trigger		VD220	Tiempo de disparo
	rev_min		VD212	Revoluciones por minuto del motor de la calle de selección
	P_GO_OUT		VB302	Altura fuera del rango
	P_SIN_TOR		VB301	Pieza sin tornillo o invertida de plástico
	P_INVERTIDA		VB300	Pieza invertida de aluminio o metálica
	M_PLASTICO		V309.4	Material metal
	M_ALUM		V309.3	Material aluminio
	M_METAL		V309.2	Material metal
	AR_BAJO		V309.1	Altura rango bajo
	AR_ALTO		V309.0	Altura rango alto
Salidas Digitales	PILOTO	Q3.7	V605.6	
	MRB1	Q3.4	V606.0	Motor banda 1
	MRB2	Q3.3	V606.1	Motor banda 2
	MRB3	Q3.2	V606.2	Motor banda 3
	MRB4	Q3.1	V606.3	Motor banda 4
	MRB5	Q3.0	V606.4	Motor banda 5
	MRB6	Q1.7	V606.5	Motor banda 6
	CB1	Q1.6	V605.0	Cilindro bodega 1
	CB2	Q1.5	V605.1	Cilindro bodega 2
	CB5	Q1.2	V605.2	Cilindro bodega 5
	CB6	Q1.1	V605.3	Cilindro bodega 6
	CB7	Q1.0	V605.4	Cilindro bodega 7
	CB8	Q0.7	V605.5	Cilindro bodega 8
	CEI	Q0.6	V604.6	Cilindro empuje adentro
	CEO	Q0.5	V604.5	Cilindro empuje afuera
	CAI	Q0.4	V604.4	Cilindro alimentación adentro
	CAO	Q0.3	V604.3	Cilindro alimentación afuera
	CD	Q0.2	V604.2	Cilindro detener
	CFT	Q0.1	V604.1	Cilindro Festo top
	CFD	Q0.0	V604.0	Cilindro Festo down

Entradas Digitales	SRA	I5.7	V600.0	Sensor réflex alimentación
	SMDI	I5.6	V600.5	Sensor magnético detener adentro
	SMEI	I5.5	V600.6	Sensor magnético empuje adentro
	SIA	I5.4	V600.1	Sensor inductivo autonics
	SMEO	I5.3	V600.7	Sensor magnético cilindro empuje afuera
	SMAO	I5.2	V600.4	Sensor magnético de alimentación afuera
	SMAI	I5.1	V600.2	Sensor magnético alimentador adentro
	SMAM	I5.0	V600.3	Sensor magnético alimentador mitad
	SMFR	I4.7	V601.1	Sensor magnético Festo rectangular
	SEROUT6	I3.5	V602.2	Sensor emisor receptor salida 6
	SEROUT5	I3.4	V602.3	Sensor emisor receptor salida 5
	SEROUT4	I3.3	V602.4	Sensor emisor receptor salida 4
	SEROUT3	I3.2	V602.5	Sensor emisor receptor salida 3
	SEROUT2	I3.1	V602.6	Sensor emisor receptor salida 2
	SEROUT1	I3.0	V602.7	Sensor emisor receptor salida 1
	PNO	I2.4		Pulsador normalmente abierto
	PNC	I2.3		Pulsador normalmente cerrado
	SERIN6	I2.2	V602.1	Sensor emisor receptor seis
	SERIN5	I2.1	V602.0	Sensor emisor receptor cinco
	SERIN4	I2.0	V601.7	Sensor emisor receptor cuatro
	SERIN3	I1.7	V601.6	Sensor emisor receptor tres
	SERIN2	I1.6	V601.5	sensor emisor receptor dos
	SERIN1	I1.5	V601.4	sensor emisor receptor uno
	SRB6	I1.4	V603.5	sensor réflex bodega 6
	SRB7	I1.3	V603.4	sensor réflex bodega 7
	SRB8	I1.2	V603.3	sensor réflex bodega 8
	SRB5	I1.0	V603.2	sensor réflex bodega 5
	SAUTOREFLEX	I0.5	V601.2	sensor auto réflex
	SIFESTO	I0.4	V601.3	sensor inductivo Festo
	SRB2	I0.3	V603.1	sensor réflex bodega 2
	SRB1	I0.2	V603.0	sensor réflex bodega 1
Entrada Analógica	SENSOR_ALTURA	AIW0	VW700	Lectura del sensor de altura

Tabla 8. Lista de Señales y Variables

3. REQUERIMIENTOS

En la Figura 12 se muestra un esquema de los requerimientos Hardware y Software para la implementación del sistema SCADA de la Estación de Clasificación. Los requerimientos hardware incluyen todos los elementos del nivel de instrumentación y del nivel de control. Mientras que, los requerimientos software se han clasificado en dos categorías: requerimientos software para desarrollo y para ejecución.

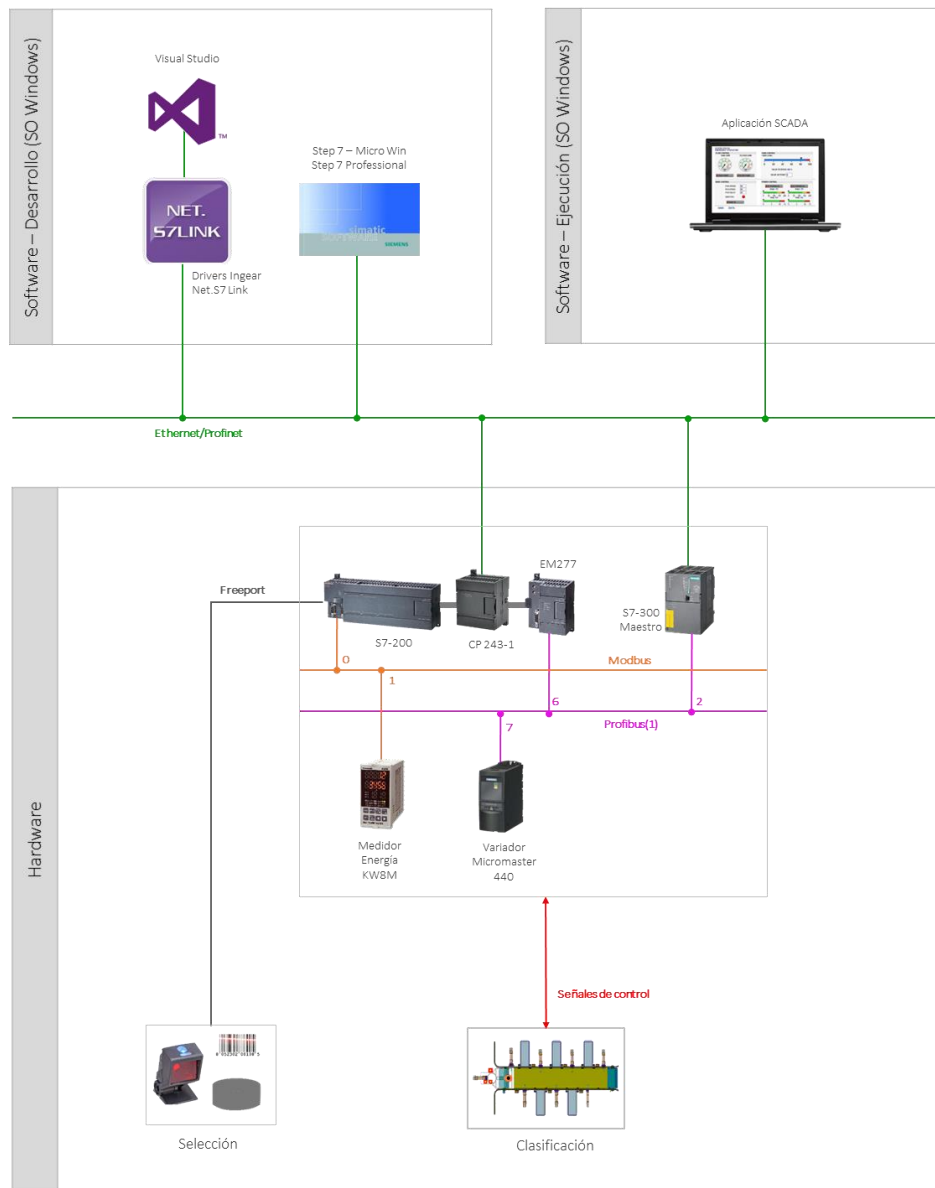


Figura 12. Requerimientos de Hardware y Software

3.1. Hardware

Los requerimientos hardware para la implementación del sistema SCADA incluyen los elementos que hacen parte de la Estación de Clasificación de la Línea de Producción. En la Figura 12 se muestra el hardware principal y los buses de campo empleados para la comunicación entre los diferentes elementos.

En enlace de comunicación para la adquisición de datos del sistema SCADA se realiza sobre dos elementos del nivel de control de la Línea de Producción: el módulo de comunicaciones CP243-1 (S7200) y el controlador S7-300 Maestro. Para más detalles de los requerimientos hardware ver Nivel de Instrumentación (pág. 5) y Nivel de control (pág. 11)

Además de los elementos hardware mostrados en el esquema, es necesario un PC para el desarrollo y ejecución de la Interfaz Gráfica que cumpla con ciertos requisitos mínimos. En la Tabla 9 se muestran los requisitos de hardware para Visual Studio 2013 y Step 7 Profesional v5.5 SP1.

Requisito	Visual Studio 2013 [2]	Step 7 Professional v5.5 SP1 [3]
Sistema operativo compatible	Windows 8.1 (x86 y x64) Windows 8 (x86 y x64) Windows 7 SP1 (x86 y x64) Windows Server 2012 R2 (x64) Windows Server 2012 (x64) Windows Server 2008 R2 SP1 (x64)	Windows 7 32 bits Ultimate, Professional y Enterprise (instalación estándar), con o sin SP1 Windows 7 64 bits Ultimate, Professional y Enterprise con o sin SP1 Windows Server 2008 R2 (64 bits) con o sin SP1 Windows XP Professional SP2 o SP3 (32 bits). Windows Server 2003 R2 SP2 (32 bits) standard edition como estación de trabajo.
Procesador	Procesador a 1,6 GHz o superior	Procesador mínimo 600 MHz (Windows XP) Procesador mínimo 1 GB de RAM (Windows 7) Procesador mínimo 2.4 GHz (Windows Server)
RAM	1 GB de RAM (1,5 GB si se ejecuta en una máquina virtual)	512 MB de RAM (Windows XP) 1 GB de RAM (Windows 7) 1 GB de RAM (Windows Server)
Espacio en disco	10 GB de espacio disponible.	STEP 7 V5.5 necesita entre unos 650 MB y 1,2 GB de memoria libre en el disco duro.
Tarjeta de video	Tarjeta de vídeo compatible con DirectX 9 que funcione con una resolución de pantalla de 1024 x 768 o superior	--

Tabla 9. Requisitos Hardware para Visual Studio 2013 y Step 7 v5.5

3.2. Software

Los requerimientos de software se han clasificado en dos categorías: requerimientos software para desarrollo y requerimientos software para ejecución. En la Tabla 10 se muestra el software requerido para la programación de los controladores y el desarrollo de la interfaz gráfica.

Software	Funcionalidad
Windows XP o superior	Sistema operativo para el desarrollo de la aplicación
Step 7 Micro/Win SP9	Programación del controlador S7200
Step 7 Professional v5.5 SP4	Programación del controlador S7300 Maestro
Visual Studio 2013	Desarrollo de la Interfaz gráfica
Ingear Net.S7 Link v2.0	Licencia de Net.S7 Link para la comunicación con los controladores Siemens de la familia S7

Tabla 10. Requerimientos Software para desarrollo

Los requerimientos para ejecución se muestran en la Tabla 11. Como se puede observar, los requerimientos para ejecución no incluyen Step7 ni Visual Studio. En lugar de esto, el PC para ejecución debe tener instalados los drivers de Ingear y los paquetes requeridos al ejecutar aplicaciones desarrolladas en Visual Studio.

Software	Funcionalidad
Windows XP o superior	Sistema operativo para ejecución de la aplicación.
Paquetes redistribuibles de Visual C++ para visual Studio 2013 [4]	Los paquetes redistribuibles de Visual C++ instalan componentes en tiempo de ejecución necesarios para las aplicaciones de creadas con Visual Studio 2013
.NET Framework [4]	.NET Framework es un entorno de ejecución runtime. La mayoría de aplicaciones creadas con Visual Studio tienen una dependencia de .NET Framework
Ingear Net.S7Link v2.0	No es necesario la licencia. Unicamente instalar el software para que ejecutar la aplicación.

Tabla 11. Requerimientos software para ejecución

3.3. INGEAR NET.S7LINK

INGEAR NET.S7LINK es el software empleado para el desarrollo de la interfaz gráfica de este proyecto. INGEAR NET.S7LINK es una librería de clases para los controladores lógicos programables de Siemens que se encuentren sobre redes Ethernet TCP/IP. El software proporciona una interfaz de programación común para desarrollar programas de Windows, aplicaciones de consola, servicios de sistema, servicios web ASP.NET, páginas web y programas para dispositivos móviles. [5]

Existen cuatro tipos de licencias disponibles según los requerimientos:

- Developer Edition
- Developer Team Edition
- Compact Framework
- Single Machine Edition

En la Tabla 12 se muestran las características de los tipos de licencias ofrecidas por Ingear.

Licencia	Precio (US)	Características
Developer	\$999	Duración ilimitada. Diseño, creación e implementación de aplicaciones Windows, servicios de sistema de aplicación de consola, servicios web ASP.NET, entre otras.
Team	2 miembros \$1598 (ahorra \$400) 3 miembros \$2197 (ahorra \$800) 4 miembros \$2796 (ahorra \$1200) 5 miembros \$3395 (ahorra \$1600)	Ofrece descuentos para desarrollo de proyectos de control y automatización en equipo.
Compact Framework	\$999	Duración ilimitada. Diseño, creación e implementación de aplicaciones para paneles de Windows CE (Windows Embebbed Compact), escáneres de mano, dispositivos móviles, entre otros.
Single Machine	\$299	Diseño, prueba, depuración y ejecución de aplicación Windows, servicios del sistema, aplicaciones de consola y más, en una sola máquina.

Tabla 12. Tipos de licencias de Ingear Net.S7 Link [6]

Los requerimientos de software para la instalación de Ingear Net.S7 Link se muestran en la Tabla 13.

Lenguajes y herramientas soportadas	Microsoft Visual Studio 2010/2008/2005 Microsoft Visual Studio 2010/2008/2005 Express Editions
Sistemas operativos soportados	Microsoft Windows 7 (32-bit/64-bit) Microsoft Vista (32-bit/64-bit) Microsoft Windows Server (2003/2008) Microsoft Windows XP (32-bit/64-bit) Microsoft Windows CE.NET (4.x/5.x/6.x) Microsoft Windows Mobile (5.x/6.x) Linux with Mono Framework
Microsoft .NET Framework soportados	Version 2.0, 3.x, 4.x
Máquinas virtuales soportadas	Microsoft Virtual PC VMWare VirtualBox

Tabla 13. Requerimientos de software de Ingear Net.S7 Link [5]

La licencia empleada para el desarrollo de la interfaz gráfica es de tipo *Developer*. Además, esta licencia fue suministrada con una llave USB *Dongle* (Figura 13), que proporciona facilidad y flexibilidad para intercambiar licencia entre PCs. El costo del *Dongle* es de US \$100 adicionales.



Figura 13. Llave de licencia USB [5]

4. CONFIGURACIÓN

La configuración para el desarrollo de la Interfaz Gráfica incluye dos procedimientos. En primer lugar la creación de un enlace al módulo CP243-1 para garantizar la comunicación con el controlador S7200 y posteriormente, la instalación del software Net.S7 Link y su configuración en Visual Studio.

4.1. Creación enlace en módulo CP243-1 del S7-200

La comunicación con el controlador S7-200 se realiza a través de un enlace Ethernet al módulo CP 243-1. Este módulo permite un máximo de 8 enlaces. En la Figura 14 y la Figura 15 se muestra el procedimiento para configurar en enlace que permita la adquisición de datos del sistema SCADA.

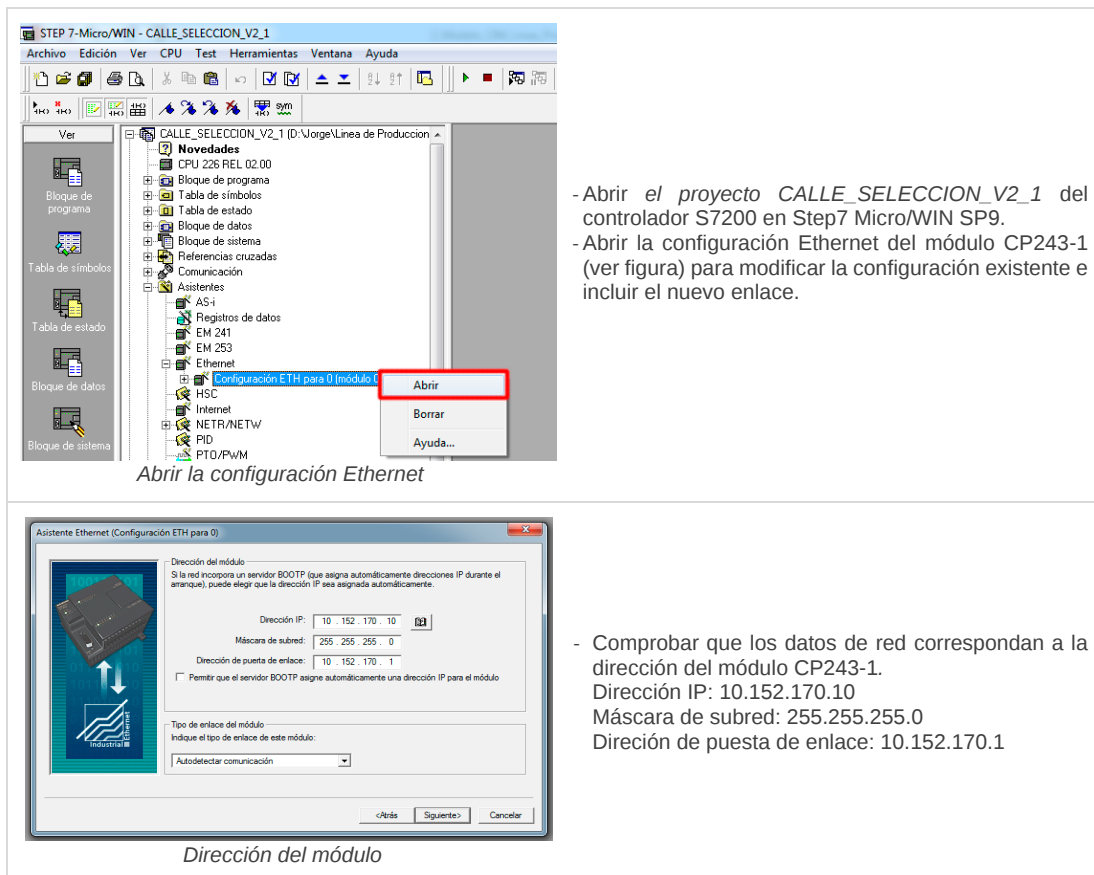
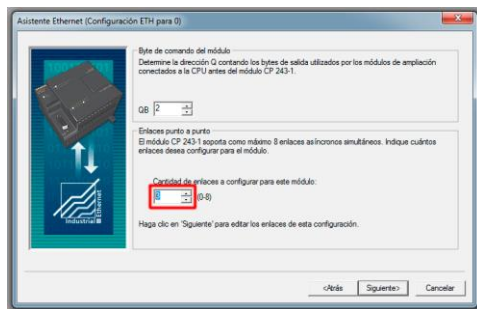
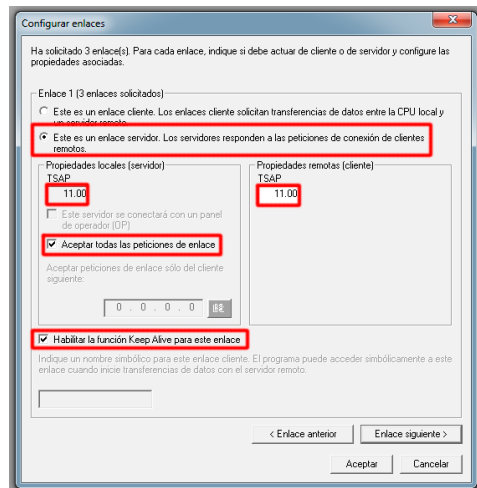


Figura 14. Creación de enlace para comunicación en módulo CP243-1 (Parte 1)



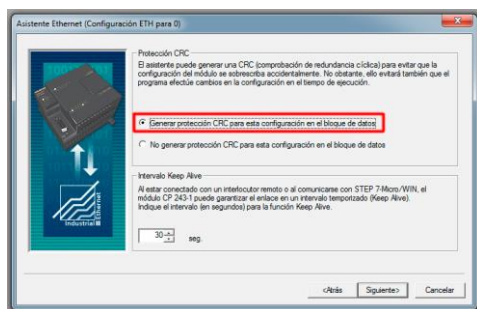
Definir cantidad de enlaces

- Aumentar en 1 en número de enlaces a configurar en el módulo, teniendo en cuenta el máximo de 8 enlaces.



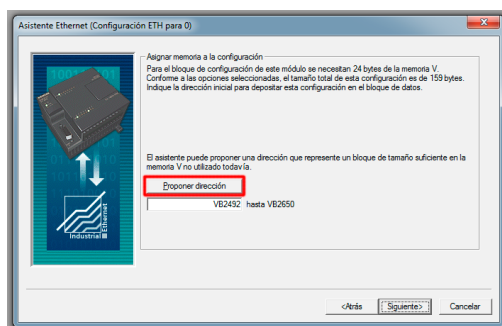
Configurar enlace

- En la ventana *Configurar Enlace* seleccionar el enlace creado (ir al último).
- Seleccionar los *checkbox* que se resaltan en la figura.
- En los campos TSAP (Transport Service Access Point) asegurar que los valores servidor y cliente sean iguales. Recordar el TSAP para más adelante realizar la conexión con el controlador desde Visual Studio.



Protección CRC

- Seleccionar *Generar protección CRC*.



Asignación de memoria a la configuración

- Hacer clic en *Proponer dirección* para que el asistente encuentre un espacio de memoria disponible para la configuración.

Importante: Una vez finalizada la configuración del nuevo enlace. Cargar el proyecto en el controlador.

Figura 15. Creación de enlace para comunicación en módulo CP243-1 (Parte 2)

4.2. Instalación del software Net.S7 Link de Ingear

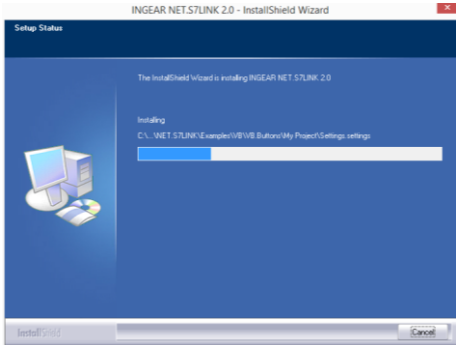
Si la instalación del software Net.S7Link se realiza sobre el PC de desarrollo se recomienda instalar previamente Microsoft Visual Studio 2005 o superior. Para más información acerca de los requerimientos de instalación ver Tabla 10 y Tabla 11.

El paquete de instalación de Net.S7 Link contiene un CD y una llave USB *Dongle*. En la Tabla 14 se muestra la descripción del contenido del CD.

Fichero	Descripción
 NET.S7LINK_Help	Documentación de software
 ns720lic	Instalador del <i>License Manager</i>
 s7link20	Instalador del software Net.S7 Link

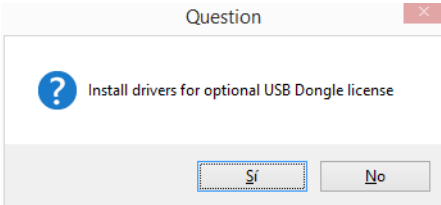
Tabla 14. Contenido del CD de instalación de Net.S7 Link

El procedimiento de instalación del software Net.S7 Link y activación de la licencia se muestra en la Figura 16 y la Figura 17.



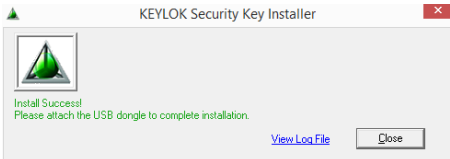
- Instalar el software Net.S7 Link (fichero s7lin20.exe)

Instalación del software Net.S7 Link



- Al finalizar la instalación del software se mostrará una ventana sugiriendo la instalación de los drivers de la licencia USB *Dongle*.
- Aceptar la instalación de los *drivers*.

Instalación de drivers de la licencia USB Dongle



- Si la instalación de los drivers es exitosa se pedirá insertar la licencia USB *Dongle* para completar la instalación.

Insertar USB Dongle para finalizar instalación

Figura 16. Instalación del software Net.S7 Link (Parte 1)

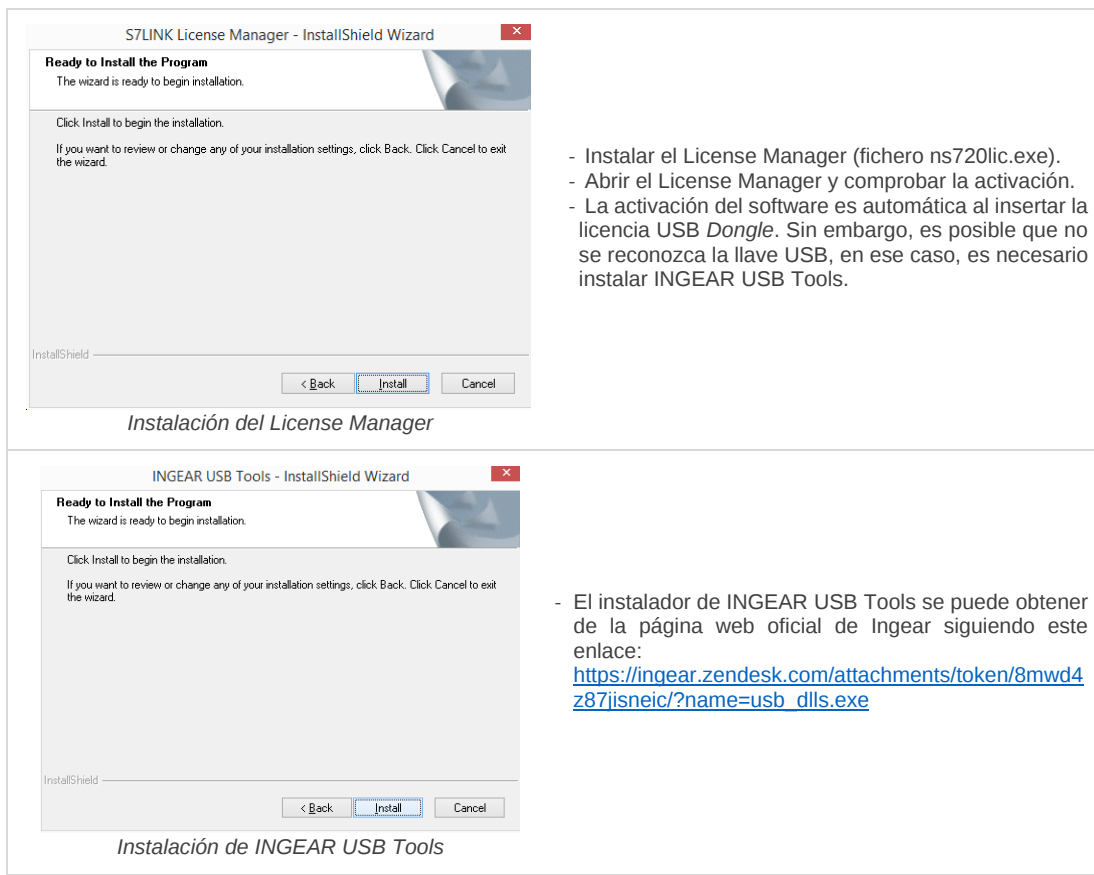
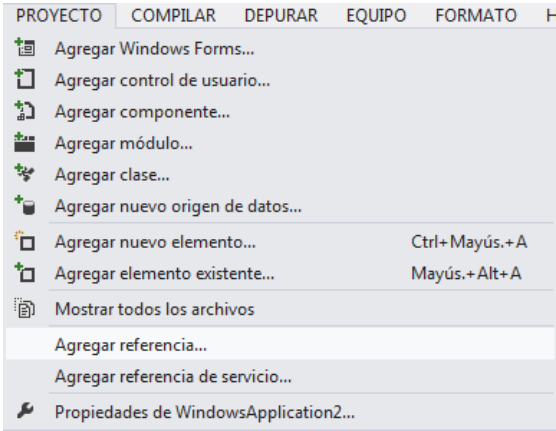


Figura 17. Instalación del software Net.S7 Link (Parte 2)

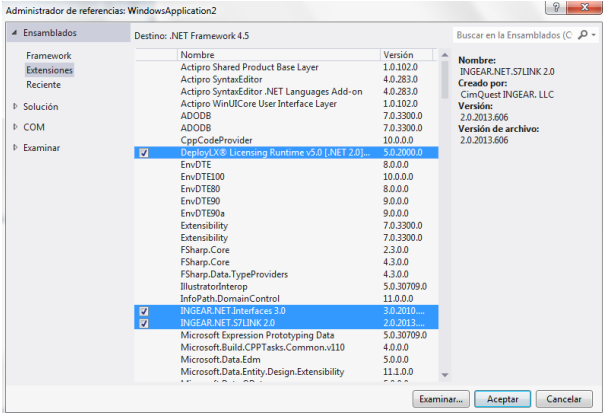
4.3. Configuración de Net.S7 Link en Visual Studio

Una vez instalado el software Net.S7 Link se debe realizar la configuración de Microsoft Visual Studio para poder hacer uso de las librerías que permiten la comunicación y adquisición de datos de los controladores Siemens. En la Figura 18 se muestra el procedimiento de configuración.



- Agregar Windows Forms...
- Agregar control de usuario...
- Agregar componente...
- Agregar módulo...
- Agregar clase...
- Agregar nuevo origen de datos...
- Agregar nuevo elemento... Ctrl+Mayús.+A
- Agregar elemento existente... Mayús.+Alt+A
- Mostrar todos los archivos
- Agregar referencia...
- Agregar referencia de servicio...
- Propiedades de WindowsApplication2...

Agregar referencia



Nombre	Versión
Actipro Shared Product Base Layer	1.0.102.0
Actipro SyntaxEditor	4.0.283.0
Actipro WinUICore .NET Languages Add-on	4.0.283.0
Actipro WinUICore User Interface Layer	1.0.102.0
ADODB	7.0.3300.0
ADODB	7.0.3300.0
CppCodeProvider	10.0.0.0
DeployLX Licensing Runtime v5.0 [.NET 2.0]...	5.0.2000.0
EnvDTE	8.0.0.0
EnvDTE100	10.0.0.0
EnvDTE80	8.0.0.0
EnvDTE90	9.0.0.0
EnvDTE90a	9.0.0.0
Extensibility	7.0.3300.0
Extensibility	7.0.3300.0
FSharp.Core	23.0.0
FSharp.Core	43.0.0
FSharp.Data.TypeProviders	43.0.0
IllustratorInterop	5.0.30709.0
InfoPath.DomainControl	11.0.0.0
INGEAR.NET.Interfaces 3.0	3.0.2010.0
INGEAR.NET.S7LINK 2.0	2.0.2013.606
Microsoft Expression Prototyping Data	5.0.30709.0
Microsoft.Build.CPPTasks.Common.v110	4.0.0.0
Microsoft.Data.Edm	5.0.0.0
Microsoft.Data.Entity.Design.Extensibility	11.1.0.0

Selección de componentes Net.S7Link

```
using S7Link;

public class Form1{

    Controller S7PLC = new Controller();

    //Ingresar código aquí

}
```

Importar S7Link

- Abrir Microsoft Visual Studio y crear un proyecto tipo: Aplicación de Windows Form.
- Ir al menú *Proyecto* y hacer clic en *Agregar referencia*.
- En el administrador de referencias, seleccionar los componentes que se muestran en la figura:
 - INGEAR.NET.S7LINK 2.0
 - INGEAR.NET.Interfaces 3.0
 - DeployLX Licensing Runtime v5.0 [.NET 2.0]
- En el proyecto creado se debe importar el espacio de nombres que hace referencia a NET.S7LINK (*using S7Link*) y crear una instancia de la clase *Controller* (*new Controller*) como se muestra en la figura.
- En *Ingresar código aquí* se pueden utilizar los distintos miembros de *Controller*, eventos y demás clases proporcionadas por S7Link. Para más información ver la documentación que contiene el CD de instalación.

Figura 18. Configuración de Net.S7 Link en Visual Studio

5. COMUNICACIÓN CON NET.S7 LINK

El sistema de comunicaciones de un sistema SCADA soporta el intercambio de información entre los elementos de planta, la arquitectura de hardware implementada y los elementos de gestión. [1]

En este capítulo se mostrarán fragmentos de código de la Interfaz Gráfica implementada para el control y supervisión de la Estación de Clasificación. El código que se muestra describe las funciones principales para la comunicación entre Visual Studio y la familia de controladores S7 de Siemens empleando el software Net.S7 Link.

5.1. Conexión a los PLCs Siemens

Esté código contiene instrucciones necesarias para realizar la conexión con los PLCs Siemens S7200 y S7300 Maestro de la Línea de Producción.

```
using S7Link;
public partial class page03 : Form{
    Controller S7200 = new Controller(); //Definir S7200
    Controller S7300 = new Controller(); //Definir S7300 Maestro

    private void PLC_Connection(){ //Conexión con PLCs S7-200 y S7-300

        //Conexión S7200
        try {
            S7200.IPAddress = "10.152.170.10"; //Dirección IP S7200
            S7200.CPUType = Controller.CPU.S7200; //Definir tipo de CPU
            S7200.Path = "1100.1100"; //TSAP
            S7200.Connect(); //Conectar S7200

            //Resultado de la conexión S7200
            if (S7200.ErrorCode != ResultCode.E_SUCCESS){
                connected_S7200 = false;
            }else{
                connected_S7200 = true; //Conexion exitosa
            }
        }
        catch (System.Exception ex){Log(ex.Message);}

        //Conexión S7300
        try {
            S7300.IPAddress = "10.152.170.12"; //Dirección IP S7300
            S7300.CPUType = Controller.CPU.S7300; //Definir tipo de CPU
            S7300.Path = "0.2"; //Rack y Slot de la CPU
            S7300.Connect(); //Conectar S7300

            //Resultado de la conexión S7300
            if (S7300.ErrorCode != ResultCode.E_SUCCESS){
                connected_S7300 = false;
            }else{
                connected_S7300 = true; //Estado de conexión ON
            }
        }
        catch (System.Exception ex){Log(ex.Message);}
    }
}
```

5.2. Adquisición de datos

La lectura y escritura de variables y señales de los controladores S7 de Siemens desde Visual Studio se realiza a través de las funciones incluidas en la librería de Net.S7Link. A continuación se muestra el procedimiento para acceder a la variable *Drive_on_off*, la cual se encarga del encendido y apagado del motor que mueve la banda transportadora. La variable *Drive_on_off* corresponde una memoria interna booleana del controlador S7300.

5.2.1. Definición de un nuevo Tag para la variable asociada

```
public partial class page03 : Form{
    ...
    Tag tag_drive_on_off = new Tag(); //Definición de un Tag para
    ...
}
```

5.2.2. Definición de los parámetros del Tag

```
public void init_tags(){
    ...
    tag_drive_on_off.Name = "M4.5"; //Memoria interna asociada
    tag_drive_on_off.Length = 1;
    tag_drive_on_off.DataType = S7Link.Tag.ATOMIC.BOOL; //Tipo de variable
    ...
}
```

5.2.3. Lectura (ReadTag Function)

```
if (S7300.ReadTag(tag_drive_on_off) == ResultCode.E_SUCCESS){
    if (tag_drive_on_off.QualityCode == ResultCode.QUAL_GOOD){
        //Lectura Exitosa
        //Se puede acceder al valor leído en "tag_drive_on_off.Value"
    }
}
else{
    //Error de lectura, muestra el mensaje de error
    MessageBox.Show(tag_drive_on_off.ErrorString);
}
}
```

5.2.4. Escritura (WriteTag Function)

```
Tag_drive_on_off.Value = true; //Asignación de valor al Tag

if (S7300.WriteTag(tag_drive_on_off) == ResultCode.E_SUCCESS) {
    if (tag_drive_on_off.QualityCode == ResultCode.QUAL_GOOD)
    {
        //Escritura exitosa
    }
}
else{
    //Error de escritura, muestra el mensaje de error
    MessageBox.Show(tag_drive_on_off.ErrorString);
}
}
```

5.3. Estándar IEEE754

Las variables en punto flotante son almacenadas en los controladores Siemens de la familia S7 como un entero de 32 bits siguiendo el estándar IEEE754 precisión simple.

El estándar IEEE754 ha sido definido por IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y establece dos formatos básicos para representar los números reales en una computadora digital. Estos formatos permiten la representación utilizando un número fijo de bits: 32 bits para precisión simple y 64 bits para precisión doble. [7]

En precisión simple, se usan 32 bits (4 bytes) para escribir un número real: 1 bit para el signo (s) del número, 23 bits para la mantisa (m) y 8 bits para el exponente (e) como se muestra en la figura.

31	30 ... 23	22	...	0
s	e	m		
Signo	Exponente	Mantisa		

Figura 19. Distribución de bits para el estándar IEEE754 Precisión Simple [7]

En la implementación de la Interfaz Gráfica fue necesario crear una función para convertir el valor del controlado en formato IEEE754 y convertirlo en un número real. Para más detalle, ver la función “*convert_ieee754tofloat*” en el código de la Interfaz Gráfica que se adjunta con este documento.

6. NORMATIVIDAD

Existen varias iniciativas para el establecimiento de estándares y buenas prácticas con el objetivo de normalizar el desarrollo de Interfaces Gráficas y de esta manera, reducir la tasa de errores, tiempos de aprendizaje, costo, diseño, entre otros. Algunas de estas normas son:

ISO 9241 y EN 29241: Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos.

ISO 11064: Diseño ergonómico de centros de control

Real Decreto 485/97: Convención de colores para las señales de sistemas.

DIN-2403/UNE 1063: Utilización de colores en tuberías.

Para la implementación del sistema SCADA de este proyecto se siguieron recomendaciones de las normas ISO 9241 - ISO 11064.

6.1. ISO 11064 – Part 5: Displays and Controls

La parte 5 de la norma ISO 11064 contiene principios, procesos, reglas y recomendaciones para adoptar en el diseño e implementación de pantallas HMI para operación y supervisión de cuartos de control. [8]

Las reglas y recomendaciones están basados en principios de ergonomía para:

- Seleccionar los tipos de control y las pantallas apropiadas.
- Estructurar y presentar información en pantallas.
- Establecer procedimientos de control y diálogos.

A continuación se presentan las recomendaciones de la norma ISO 11064-Part5 que fueron adoptadas para el desarrollo e implementación de la HMI de este proyecto.

Capas de fondo: Los colores oscuros deberían ser evitados en ambientes con altos niveles de iluminación y viceversa.

Capas estáticas: Los datos estáticos deberían permitir al usuario interpretar el significado de la información mostrada.

Capa de información: Los datos dinámicos deberían ser presentados en la capa de información y distinguirse fácilmente del fondo y la capa estática.

Capa prioritaria: En esta capa se debería presentar información urgente que requiere atención del operador.

Distribución de páginas: Cada pantalla debería mostrar todas las categorías de la información. Los controles de navegación deberían ser consistentes en las diferentes páginas.

6.2. ISO 9241 – Part11: Guidance on usability

La ISO 9241-11 define la usabilidad y explica cómo identificar la información que es necesaria tener en cuenta en el momento de especificar o evaluar la usabilidad de un terminal en términos de medidas de desempeño y satisfacción del usuario. [9]

Las recomendaciones de la norma ISO 9241-Part11 que fueron adoptadas para el desarrollo e implementación de la HMI de este proyecto se presentan a continuación:

Texto: Se debería utilizar minúsculas en el texto continuo para reducir el tiempo de lectura. Las mayúsculas se deben usar la identificación de tareas permitiendo realizar búsquedas con eficiencia. Se debe emplear un formato estándar para todas las páginas. Los mensajes mostrados al usuario deben contener declaraciones positivas.

Diagramas: Los diagramas deberían contener la cantidad mínima de detalles necesarios para para la representación de datos. Debería ser posible identificar fácilmente todos los componentes del sistema.

Elementos de diseño: El área para los elementos dinámicos debería ser amplia para facilitar el reconocimiento y la interpretación de estados y valores. Deberían resaltar los datos dinámicos.

Elementos de pantalla: El tamaño de los elementos de pantalla debe estar relacionado con la distancia de trabajo del operador. Los controles críticos (ejemplo: *start* y *stop* remotos) deberían estar ubicados de tal forma que se eviten errores accidentales por parte del operario.

Tiempos de respuesta: Los tiempos de respuesta en la interacción con la HMI no debería afectar el comportamiento del proceso.

7. INTERFAZ GRÁFICA

Las interfaces gráficas permiten la elaboración de pantallas de usuario con múltiples combinaciones de imágenes y/o textos, definiendo así las funciones de control y supervisión de planta. [1]

La Interfaz Gráfica para la Estación de Clasificación se desarrolló en Microsoft Visual Studio 2013. Esta interfaz está formada por 6 pantallas con resolución de 1366x768 píxeles. El código que soporta la comunicación con los controladores Siemens está escrito en Lenguaje C#.

7.1. Inicio

La pantalla de Inicio o pantalla de presentación contiene la descripción del proceso de la Estación de Clasificación.

7.2. Control de usuario

La ventana de Control de Usuario mostrada en la Figura 20 está formada por los campos *Usuario* y *Contraseña* y los botones *Aceptar* y *Recordar Contraseña*. Al hacer clic sobre el botón *Aceptar*, el programa verifica los datos introducidos por el operador y accede a la pantalla *PROCESO* en caso de ser correcta la validación.

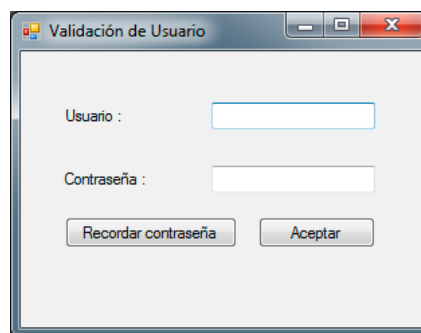


Figura 20. Pantalla Control de Usuario

Los datos de acceso pueden ser recuperados mediante correo electrónico usando el botón *Recordar Contraseña*. Estos datos serán enviados a una dirección predeterminada al aceptar la confirmación de envío (ver Figura 21).

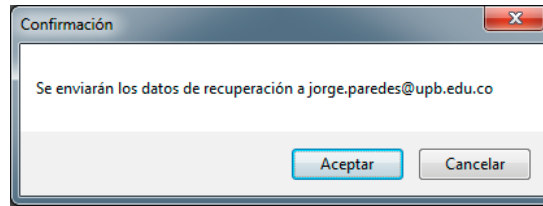


Figura 21. Confirmación de Recuperación de Contraseña

Para el envío de correo electrónico fue necesario incluir los siguientes recursos en Visual Studio:

```
using System.Net.Mail;           //Enviar mail smpt
using System.ComponentModel;     //Utilizar la funcion SendCompletedCallback
```

Para más información, ver la función "p2_forget_pass_button_click" en el código de la Interfaz Gráfica que se adjunta con este documento.

7.3. Proceso

PROCESO es la pantalla principal de la Interfaz Gráfica implementada. En la Figura 22 se muestra la distribución de los elementos que conforman esta pantalla.

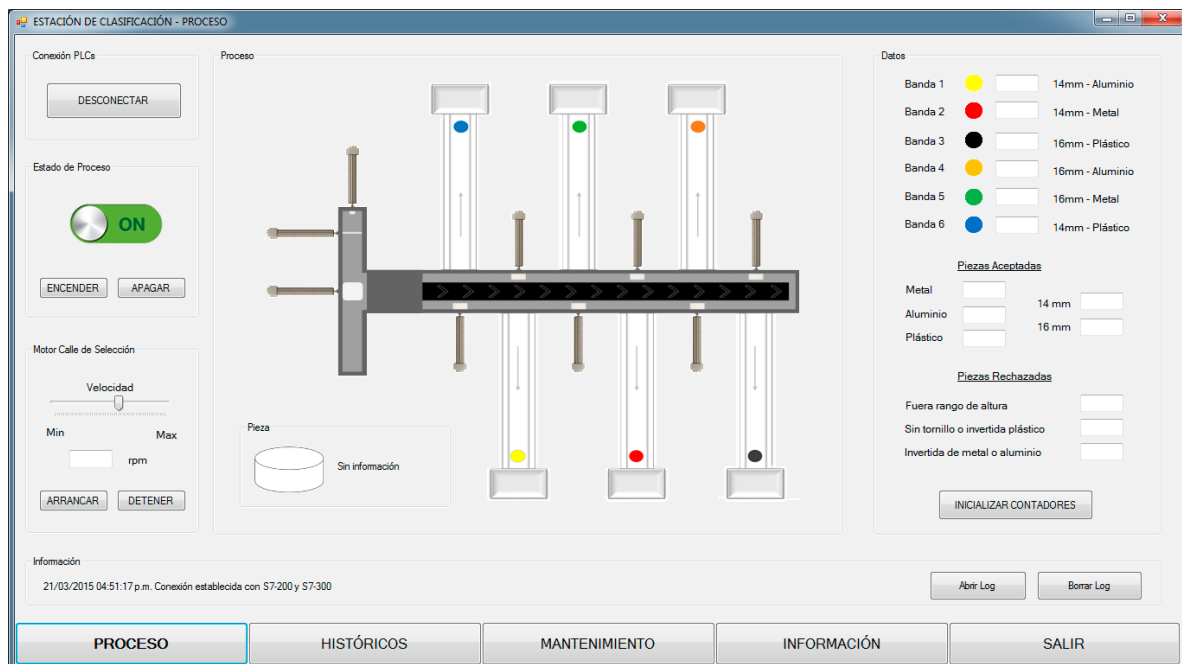


Figura 22. Pantalla Proceso

La información mostrada en *PROCESO* se agrupa en cuatro categorías: Conexión e inicialización, proceso, registro y datos de proceso.

7.3.1. Conexión e Inicialización

En la Figura 23 se muestra la categoría de Conexión e Inicialización formada por tres *Groupbox*.

- *Conexión PLCs*: contiene un botón para *CONECTAR* y *DESCONECTAR* el enlace con los controladores Siemens. El texto del botón se alterna de acuerdo al estado actual de la conexión.
- *Estado de Proceso*: contiene un indicador para mostrar el estado del proceso y dos botones que permiten apagar y encender la Estación de Clasificación. Al intentar apagar el proceso se muestra un mensaje de confirmación para evitar alguna acción involuntaria.
- *Motor Calle de Selección*: contiene un control tipo barra deslizante para ajustar la velocidad del motor de la calle de selección que está acoplado a la banda transportadora. Un indicador muestra la velocidad del motor en revoluciones por minutos y dos botones cumplen con las funciones de arranque y detención del motor.

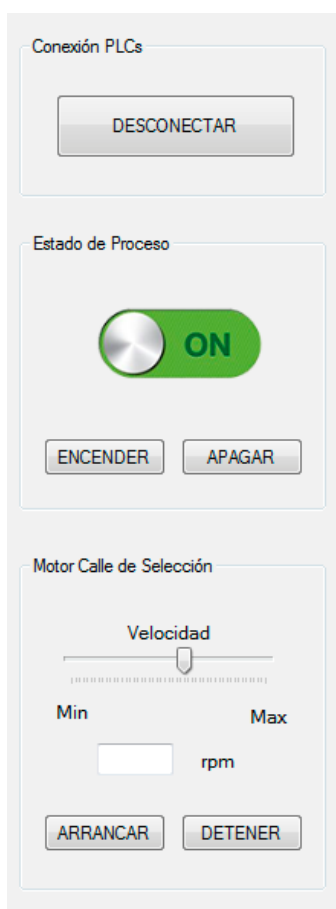


Figura 23. Conexión e Inicialización de Proceso

7.3.2. Proceso

La categoría Proceso contiene un gráfico animado (ver Figura 24) que representa la operación de la Estación de Clasificación. En el gráfico se muestran los componentes principales del proceso y la ubicación aproximada en tiempo real de la pieza. Esta categoría contiene un *subGroupBox* llamado *Pieza* que muestra información de la pieza relacionada con su altura, tipo de material y motivo de rechazo.

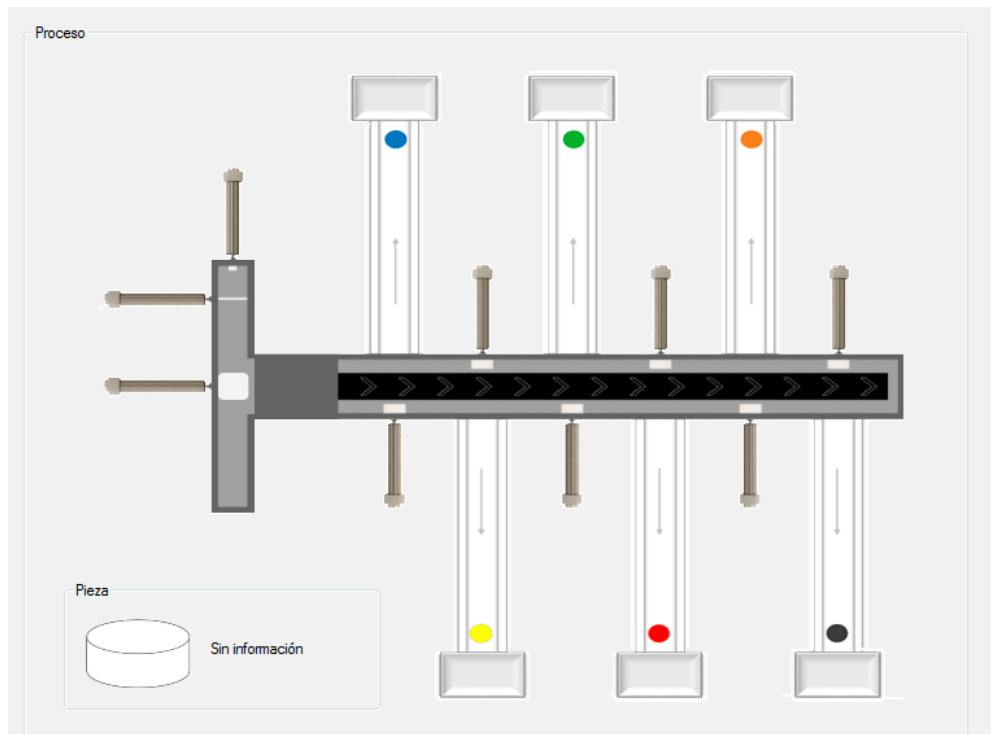


Figura 24. Representación gráfica del proceso

7.3.3. Registro

La categoría *Registro* mostrada en la Figura 25 contiene un indicador de texto que muestra los eventos del proceso. Estos eventos son almacenados en el archivo *log.txt* dentro del directorio del programa. Con los botones se puede abrir o eliminar el archivo de registro. Para eliminar se pedirá confirmación.

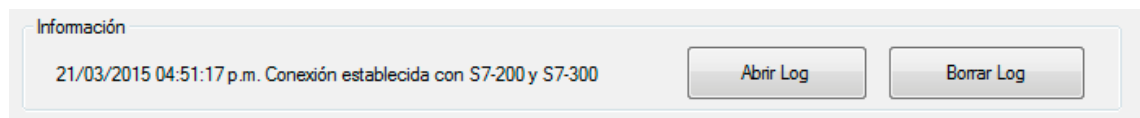


Figura 25. Registro de eventos

7.3.3. Datos de Proceso

La categoría *Datos de proceso* contiene campos numéricos que muestran información relacionada con el conteo de piezas de la Estación de Clasificación (ver Figura 26).

En la parte superior se muestra el conteo por bandas. Cada una de las bandas almacena un tipo de pieza que corresponde a una combinación específica de material y altura.

En la parte inferior, se muestran conteos relacionados con las piezas aceptadas y rechazadas. Para las piezas aceptadas el conteo se hace por tipo de material (plástico, metal y aluminio) y altura (14mm y 16mm). Para las piezas rechazadas el conteo se hace por motivo de rechazo (fuera rango, sin tornillo e invertidas).

El botón *INICIALIZAR CONTADORES* se encarga de poner a cero todos los campos numéricos. Este botón muestra un mensaje de confirmación antes de realizar la operación para evitar acciones involuntarias.

Datos

Banda	Color	Contador	Descripción
Banda 1	Yellow		14mm - Aluminio
Banda 2	Red		14mm - Metal
Banda 3	Black		16mm - Plástico
Banda 4	Orange		16mm - Aluminio
Banda 5	Green		16mm - Metal
Banda 6	Blue		14mm - Plástico

Piezas Aceptadas

Material	14 mm	16 mm
Metal		
Aluminio		
Plástico		

Piezas Rechazadas

Fuera rango de altura	
Sin tornillo o invertida plástico	
Invertida de metal o aluminio	

INICIALIZAR CONTADORES

Figura 26. Datos de Proceso

7.4. Históricos

La pantalla *HISTÓRICOS* mostrada en la Figura 27 permite almacenar las variables de proceso en un fichero de Microsoft Excel. Esta pantalla está compuesta por dos *GroupBox*: *Registro* y *Valor Actual de Variables*.

Figura 27. Pantalla Históricos

- *Registro*: Contiene los campos *Tiempo de Muestreo* y *Duración de registro* que permiten establecer los parámetros de adquisición de datos. *Tiempo de Muestreo* especifica el intervalo de tiempo entre muestras de datos, mientras que, *Duración de registro* determina el tiempo durante el cual se tomarán muestras.

Los indicadores *Inicio*, *Fin*, *# Registros* y *Ruta*, se habilitan cuando se inicia el almacenamiento de datos. Estos indicadores muestran la hora de inicio (hh:mm:ss am/pm), hora de finalización (hh:mm:ss am/pm), número de registros almacenados en el fichero y ubicación del archivo de Excel donde se almacenan los datos. El nombre del archivo de Excel tiene el siguiente formato: *dd-mm-aaaa_Data_Clasificación.xls*, donde *dd-mm-aaaa* corresponde a la fecha de registro.

- *Valor Actual de Variables*: Este *GroupBox* muestra los valores en tiempo real de las variables de proceso. En total, son 14 las variables almacenadas en Excel.

7.5. Mantenimiento

La Pantalla *MANTENIMIENTO* mostrada en la Figura 28 está formada por 2 *GroupBox*: Entradas y Salidas. Esta pantalla solo estará activa si el proceso está detenido y permite comprobar el funcionamiento de la instrumentación.

- *Entradas*: contiene 32 señales digitales y 1 analógica. Cada entrada tiene asociada la dirección física del controlador, el nombre de la señal y un indicador que muestra el estado de la variable. En las entradas digitales el indicador alterna entre color verde y rojo: color verde es equivalente a *True* y el color rojo a *False*. El indicador de la entrada analógica muestra el valor leído directamente desde el sensor.
- *Salidas*: contiene 14 salidas digitales. Cada salida tiene asociada la dirección física del controlador, el nombre de la señal y dos botones para *Activar* y *Desactivar* el actuador correspondiente.

Entradas			Salidas		
Dirección	Nombre	Estado	Dirección	Nombre	Estado
I0.2	SRB1	Green	I3.0	SEROUT1	Green
I0.3	SRB2	Green	I3.1	SEROUT2	Green
I0.4	SIFESTO	Green	I3.2	SEROUT3	Green
I0.5	SAUTOREFLEX	Green	I3.3	SEROUT4	Green
I1.0	SRB5	Green	I3.4	SEROUT5	Green
I1.2	SRB8	Green	I3.5	SEROUT6	Green
I1.3	SRB7	Green	I4.7	SMFR	Green
I1.4	SRB6	Green	I5.0	SMAM	Green
I1.5	SERIN1	Green	I5.1	SMAI	Green
I1.6	SERIN2	Green	I5.2	SMAO	Green
I1.7	SERIN3	Green	I5.3	SMEO	Green
I2.0	SERIN4	Green	I5.4	SIA	Green
I2.1	SERIN5	Green	I5.5	SMEI	Green
I2.2	SERIN6	Green	I5.6	SMDI	Green
I2.3	PNC	Green	I5.7	SRA	Green
I2.4	PNO	Green	I5.7	PNO	Green
			AW0	SENSOR_ALTURA	Value

Dirección	Nombre	Activar	Desactivar
Q0.0	CFD	Button	Button
Q0.1	CFT	Button	Button
Q0.2	CD	Button	Button
Q0.3	CAO	Button	Button
Q0.4	CAI	Button	Button
Q0.5	CEO	Button	Button
Q0.6	CEI	Button	Button
Q0.7	CB8	Button	Button
Q1.0	CB7	Button	Button
Q1.1	CB6	Button	Button
Q1.2	CB5	Button	Button
Q1.5	CB2	Button	Button
Q1.6	CB1	Button	Button
Q3.7	PILOTO	Button	Button

Navigation buttons: PROCESO, HISTÓRICOS, **MANTENIMIENTO**, INFORMACIÓN, SALIR

Figura 28. Pantalla Mantenimiento

7.6. Información

La Pantalla *INFORMACIÓN* mostrada en la Figura 29 contiene la descripción de las señales que se operan en la pantalla de *MANTENIMIENTO*.

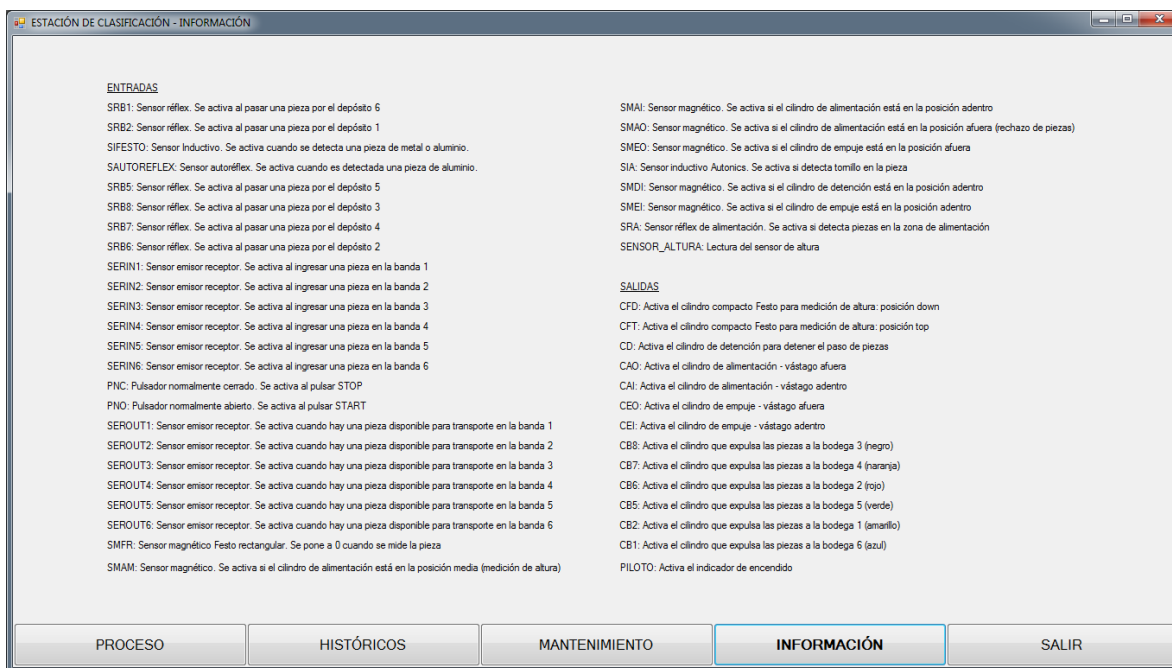


Figura 29. Pantalla Información

8. CONCLUSIONES

Dentro de las alternativas disponibles en el mercado para el desarrollo de sistemas SCADA, Ingear Net.S7 Link y su entorno de desarrollo Visual Studio, destacan notablemente gracias a los requerimientos mínimos de software, simplicidad en la configuración, costo de licencia, cantidad de recursos disponibles para implementación en aplicaciones, lenguajes de programación, entre otros.

A pesar de no contar con librerías dedicadas para sistemas SCADA, como puede ser una librería con gráficos de uso común en procesos industriales, el entorno de desarrollo Visual Studio permite crear aplicaciones robustas aprovechando la gran variedad de recursos que ofrece y la documentación disponible para su implementación, ejemplo de esto son, el uso de gráficos animados para la representación del proceso, almacenamiento de históricos en ficheros de Excel o el control de usuario con recuperación de contraseña a través de correo electrónico; características que han sido implementadas en la Interfaz Gráfica desarrollada para este proyecto.

La comunicación es también uno de los puntos fuertes de Ingear Net.S7 Link. La fortaleza radica en su simplicidad. Al ejecutar la aplicación desarrollada, la comunicación es transparente para el usuario que únicamente debe asegurar que el equipo este dentro de la red de trabajo. Esta ventaja favorece la implementación de los niveles restantes en la pirámide CIM de automatización.

Las aplicaciones desarrolladas con Ingear Net.S7 Link solo pueden ejecutarse en equipos con sistemas operativos Windows, sin embargo, esta limitación se compensa con el hecho de que más del 70% de los equipos tienen instalado uno de los sistemas operativos de Microsoft. Por lo tanto, Ingear Net.S7 Link es una alternativa fuerte para el desarrollo de aplicaciones propias con controladores Siemens que, además de incluir características destacadas en cuanto al control y supervisión, también cumplan con los requisitos y recomendaciones que establezca la normativa vigente.

REFERENCIAS

- [1] A. Rodríguez Penin, Sistemas SCADA, 3ra ed., México: Alfaomega, 2013, p. 472.
- [2] Microsoft, «Requisitos Visual Studio,» 2015. [En línea]. Available: https://www.visualstudio.com/products/visual-studio-professional-with-msdn-vs#Fragment_SystemRequirements.
- [3] Siemens, «Requisitos para la instalación de STEP7 v5.5,» 2013. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/24059046?lc=es-WW>.
- [4] Microsoft, «Requisitos previos para la implementación de aplicaciones,» [En línea]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-es/library/h4k032e1.aspx>.
- [5] C. INGEAR, «Documentación de IngearDrivers,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ingeardrivers.com/index.htm>.
- [6] INGEAR, «Siemens S7 Ethernet Drivers for Visual Studio .NET,» [En línea]. Available: <http://www.ingeardrivers.com/s7link/s7link.htm>.
- [7] D. R. Llanos Ferraris, Fundamentos de informática y programación en C, Paraninfo, 2010.
- [8] *Ergonomic design of control centres -- Part 5: Displays and controls*, ISO 11064-5, 2008.
- [9] *Ergonomics of human-system interaction*, ISO 9241, 2010.