



**TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON  
WINCC FLEXIBLE**

**RAFAEL ANTONIO DOMINGUEZ ARRIETA  
REYNALDO ANTONIO HERNÁNDEZ PETANO  
MAGALY DEL CARMEN OROZCO DE AVILA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS  
INGENIERIA ELECTRICA ELECTRÓNICA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
CARTAGENA DE INDIAS D.T.C. e H  
JUNIO DE 2012**



**TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON  
WINCC FLEXIBLE**

**RAFAEL ANTONIO DOMINGUEZ ARRIETA  
REYNALDO ANTONIO HERNÁNDEZ PETANO  
MAGALY DEL CARMEN OROZCO DE AVILA**

**Monografía presentada  
como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Electrónico**

**Director:  
PhD. JOSE LUIS VILLA RAMIREZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍAS ELECTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
CARTAGENA DE INDIAS D.T.C. e H  
JUNIO DE 2012**

**Cartagena de Indias junio de 2012**

**Señores:**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Comité de evaluación de proyectos

La ciudad

Estimados señores:

Cordialmente me permito presentar a ustedes la monografía titulada: **“TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON WINCC FLEXIBLE”**, desarrollada por los estudiantes de Ingeniería Electrónica, **RAFAEL A. DOMINGUEZ ARRIETA, REYNALDO HERNANDEZ PETANO Y MAGALY DEL CARMEN OROZCO DE AVILA.**

Con relación a dicho trabajo, el cual he dirigido, lo considero de gran valor para el desarrollo de competencias en futuros estudiantes al momento de poner en práctica las actividades y aplicaciones planteadas.

Sinceramente,

---

José Luis Villa Ramírez

PhD. Ingeniería electrónica

## AUTORIZACIÓN

**Cartagena de Indias D.T.C. e H, junio de 2012**

Nosotros, RAFAEL A. DOMINGUEZ ARRIETA, REYNALDO HERNANDEZ PETANO Y MAGALY DEL CARMEN OROZCO DE AVILA, identificados con las cédulas de ciudadanía números 1.128.050.067 de Cartagena, 1.143.324.315 de Cartagena y 1.143.324.746 de Cartagena respectivamente, manifestamos en este documento nuestra voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final denominado **“TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON WINCC FLEXIBLE”**, producto de nuestra actividad académica para optar el título de ingenieros en electrónica de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribimos este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entregamos al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

---

Reynaldo Hernández Petano  
C.C 1.143.324.315 de Cartagena

---

Rafael Domínguez Arrieta  
C.C 1.128.050.067 de Cartagena

---

Magaly Orozco De Ávila  
C.C 1143324746 de Cartagena

**Cartagena, junio de 2012**

**Señores:**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Comité de evaluación de proyectos.

La ciudad

Estimados señores:

Cordialmente nos permitimos presentar a ustedes la monografía titulada: **“TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON WINCC FLEXIBLE”**, para su estudio, consideración y aprobación, como requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico, además para la aprobación del Minor de Automatización Industrial.

En espera que se cumpla con las normas pertinentes establecidas por la institución.

Sinceramente,

---

Reynaldo Hernández Petano

Código: T00014459

---

Rafael Domínguez Arrieta

Código: T00014492

---

Magaly Orozco De Ávila

Código: T00015331

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco primero que todo a Dios por darme la fortaleza, paciencia y perseverancia para alcanzar este logro en mi vida; A mis padres por todo este esfuerzo, apoyo incondicional y por siempre creer en mí; a Vivian López y Edgardo Mercado por acompañarme durante todo este proceso con su ayuda y consejos; Gracias a mis profesores y todas esas personas que compartieron sus conocimientos; En general agradezco a todos aquellos que aportaron su granito de arena a lo largo de este camino.*

**Rafael Antonio Domínguez Arrieta**

*Inicialmente quiero agradecer a Dios por permitirme alcanzar este gran logro, por darme fuerzas, voluntad, la salud, por guiarme por el camino del bien y cuidarme todos los días de mi vida.*

*Agradezco a mi familia, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida, por su sincero amor, a mis hermanas Laury y María, a mi hermano Richard, y un agradecimiento muy profundo y especial para mi ángel de la guarda en la tierra, mi madre, y a mi padre Reynaldo, quienes han sido las personas que más han influenciado positivamente en mi vida, me han apoyado, enseñado valores y a aprender a valorar todo cuanto Dios nos ha dado, por estar conmigo en las buenas y en los momentos más difíciles y decisivos y sobre todo por ayudarme a ser quien quiero ser como profesional y como persona, los amo con todo mi corazón y les dedico esta monografía.*

*Agradezco a mis compañeros y amigos de estudio, a Jorge, Piedy, a Cristian y a todos los que siempre han creído en mí y me han apoyado incondicionalmente en todo el proceso de formación, también quiero agradecer a mis profesores y a todos mis compañeros de trabajo por haber contribuido en mi formación. Y a todos quienes hicieron posible la culminación de esta monografía, a mis compañeros Rafael y Magaly, y también a Jose Villeros.*

*Un especial agradecimiento a la empresa Propilco S.A y a la Universidad Tecnológica de Bolívar, que me otorgaron beca completa y manutención para realizar mis estudios, a Propilco agradezco el haberme dado la oportunidad de realizar las prácticas en su organización y después la gran oportunidad de trabajar y ser parte de la familia Propilco. Agradezco también a todas las personas e instituciones que han apoyado y orientaron a mi familia, en especial al señor Álvaro, a la señora Matilde y a la ONG Plan internacional por mostrarnos el horizonte y apoyarnos, para lograr nuestros sueños.*

*A todos muchas gracias*

**Reynaldo Antonio Hernández Petano**

*Ante todo agradezco a Dios por bendecirme y permitirme llegar hasta este punto de mi vida. Quiero agradecer también a mis padres Magaly De Ávila y Manuel Orozco quienes con su paciencia y amor me han brindado siempre su apoyo, incluso en las situaciones más difíciles. A mis hermanos, Audrey, Erika, María y Wilmar que los quiero mucho y que los felicito porque siempre ponen todo su empeño para salir adelante y me han servido mucho de ejemplo para ver en ellos las fortalezas y proyecciones para salir adelante.*

*Agradezco a mis profesores por todos los conocimientos que han compartido conmigo y por su valioso tiempo dedicado a este trabajo.*

*Un agradecimiento profundo a aquellos amigos que han estado a mi lado apoyándome con sus consejos día a día de las situaciones vividas a lo largo de este proceso.*

*Finalmente quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera hicieron posible la terminación de esta monografía y que no las mencione.*

*A todos gracias.*

***Magaly Del Carmen Orozco De Ávila.***

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	17
1.1	Objetivos del proyecto .....	18
1.2	Aspectos generales de la programación de HMI .....	18
1.2.1	Estándares y directrices.....	18
1.2.2	Como especificar un HMI .....	19
1.2.3	Especificando elementos comunes: Sección general.....	19
1.3	Arquitectura de automatización y lugar de los paneles de operaciones	20
1.4	Posibles conexiones para supervisión remota de HMI basados en WinCC flexible .....	21
1.4.1	Sm@rtService.....	21
1.4.2	Sm@rtAccess.....	22
1.4.3	Capturar los datos operativos con OPC.....	24
1.5	Principios de organización – Estación de trabajo .....	25
1.6	Descripción del proyecto de automatización .....	26
1.7	Herramientas para realizar el proyecto.....	27
1.7.1	Hardware.....	27
1.7.2	Conexionado.....	32
1.7.3	Software .....	33
2	COMUNICACIÓN PLC S7-200, PC DE CONFIGURACION Y PANEL OPERADOR OP177B PN/DP .....	34
2.1	Programación S7-200.....	34
2.2	Comunicación entre S7-200 y PC de configuración .....	34
2.3	Comunicación entre PC y panel operador OP177B PN/DP .....	37
2.4	Comunicación entre PLC y panel de operador OP177B PN/DP .....	39
3	CREAR UN PROYECTO .....	41
3.1	Crear el proyecto en WinCC flexible .....	41
3.1.1	Iniciar WinCC flexible .....	42
3.1.2	Crear un proyecto nuevo .....	42
3.1.3	Selección de la configuración de equipos para operar la planta piloto de nivel.....	43
3.1.4	Selección del panel operador, la conexión y el PLC.....	43
3.2	El proyecto.....	47
4	CREAR IMÁGENES.....	48

4.1	Crear una variable.....	48
4.2	Insertar una imagen.....	51
4.3	Insertar campos de E/S en la imagen.....	60
4.4	Visualización del nivel del tanque.....	62
4.5	Insertar botones.....	64
4.6	Crear Visualización de curvas.....	68
5	CONFIGURAR LOS AVISOS.....	70
5.1	Avisos de bit.....	70
5.2	Avisos analógicos.....	71
6	CONFIGURAR ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS.....	72
6.1	Crear un grupo.....	72
6.2	Crear un usuario.....	73
6.3	Crear una imagen para vista de usuarios.....	74
7	INSERTAR OTRO IDIOMA AL PROYECTO.....	75
7.1	Agregar el idioma ingles.....	75
7.2	Introducir los textos en inglés.....	76
7.3	Imagen para cambiar idioma.....	77
8	INSERTAR CAMBIOS DE IMAGEN.....	80
8.1	Crear cambio de imagen.....	80
9	COMPROBAR Y SIMULAR EL PROYECTO.....	87
9.1	Comprobar el proyecto.....	87
9.2	Simular el proyecto.....	87
10	TRANSFERIR EL PROYECTO.....	89
10.1	Transferir el proyecto al panel OP 177B 6" DP/PN.....	89
	CONCLUSIONES.....	90
	BIBLIOGRAFIA.....	91
	ANEXOS.....	92

## FIGURAS

FIGURA 1. PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN .....	21
FIGURA 2. MANEJO Y VISUALIZACIÓN REMOTOS DE SISTEMAS SIMATIC HMI A TRAVÉS DE INDUSTRIAL ETHERNET O INTRANET/INTERNET .....	22
FIGURA 3. COMUNICACIÓN ENTRE SISTEMAS HMI VÍA INDUSTRIAL ETHERNET .....	23
FIGURA 4. FUNCIONAMIENTO COORDINADO DE VARIAS ESTACIONES DE MANDO .....	23
FIGURA 5. MANEJO Y VISUALIZACIÓN DE SISTEMAS HMI UTILIZADOS A PIE DE MÁQUINA DESDE UNA ESTACIÓN CENTRAL .....	24
FIGURA 6. COMUNICACIÓN VÍA OPC.....	24
FIGURA 7. PLANTA PILOTO DE NIVEL .....	26
FIGURA 8. PLC S7-200.....	28
FIGURA 9. VISTA FRONTAL Y LATERAL OP-177B PN/DP.....	29
FIGURA 10. VISTA INFERIOR OP-177B PN/DP .....	29
FIGURA 11. VISTA POSTERIOR OP-177B PN/DP .....	30
FIGURA 12. PLANTA PILOTO DE NIVEL TANQUES PARALELOS.....	30
FIGURA 13. FUENTE MDR-60-24.....	31
FIGURA 14. CABLE RS232 / USB Y RS232/RS485 .....	32
FIGURA 15. CABLE PROFIBUS .....	33
FIGURA 16. ESQUEMA DE CONEXIÓN PC-PLC .....	34
FIGURA 17. AJUSTAR INTERFACE PG/PC.....	35
FIGURA 18. PROPIEDADES PC/PPI CABLE PPI .....	35
FIGURA 19. SELECCIÓN DE CONEXIÓN LOCAL.....	36
FIGURA 20. COMUNICACIÓN .....	36
FIGURA 21. PARÁMETROS DE COMUNICACIÓN .....	36
FIGURA 22. ESQUEMA DE CONEXIÓN PC-PANEL OPERADOR OP177B .....	37
FIGURA 23. LOADER OP177B PN/DP .....	37
FIGURA 24. CONFIGURACIÓN DE TRANSFERENCIA .....	38
FIGURA 25. SELECCIÓN DE CONEXIÓN LOCAL.....	38

FIGURA 26. CONEXIÓN EN WINCC FLEXIBLE 2008.....	38
FIGURA 27. CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN OP177B PN/DP Y S7-200 .....	39
FIGURA 28. ESQUEMA DE CONEXIÓN PANEL OPERADOR OP177B- PLC.....	39
FIGURA 29. CONFIGURACIÓN DE TRANSFERENCIA CANAL 2 .....	40
FIGURA 30. PARÁMETROS PROFIBUS .....	40
FIGURA 31. ELEMENTOS A UTILIZAR EN EL PROYECTO.....	41
FIGURA 32. EJECUTAR WINCC FLEXIBLE.....	42
FIGURA 33. ASISTENTE DE CREACIÓN DE PROYECTOS .....	42
FIGURA 34. SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS .....	43
FIGURA 35. SELECCIÓN DEL PANEL OPERADOR.....	43
FIGURA 36. SELECCIÓN DE CONEXIÓN.....	44
FIGURA 37. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR S7 200.....	44
FIGURA 38. PARÁMETROS DE PLANTILLA.....	45
FIGURA 39. NAVEGACIÓN DE IMÁGENES.....	45
FIGURA 40. LIBRERÍAS DE WINCC.....	46
FIGURA 41. INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....	46
FIGURA 42. WINCC FLEXIBLE 2008.....	47
FIGURA 43. VENTANA DE PROCESO PLANTA PILOTO DE NIVEL ..	48
FIGURA 44. CREACIÓN DE VARIABLE .....	48
FIGURA 45. CONFIGURACIÓN DE LA VARIABLE .....	49
FIGURA 46. INSERTAR IMAGEN .....	51
FIGURA 47. TAMAÑO Y POSICIÓN DE LA IMAGEN.....	51
FIGURA 48. INSERTANDO TUBERÍAS .....	52
FIGURA 49. TAMAÑO Y POSICIÓN DE TUBERÍA.....	52
FIGURA 50. INSERTAR VÁLVULA .....	53
FIGURA 51. POSICIÓN DE LAS VÁLVULAS.....	53
FIGURA 52. TRANSMISORES DE PRESIÓN Y BOMBAS .....	54
FIGURA 53. INSERTAR OBJETOS BÁSICOS.....	54
FIGURA 54. INSERTAR TEXTOS.....	55
FIGURA 55. INSERTANDO LUZ PILOTO .....	55
FIGURA 56. VENTANA DE PROPIEDADES REPRESENTACIÓN LUZ ON .....	56

FIGURA 57. VENTANA DE PROPIEDADES VISIBILIDAD LUZ ON .....	56
FIGURA 58. INSERTANDO LUZ PILOTO OFF .....	56
FIGURA 59. VENTANA DE PROPIEDADES “REPRESENTACIÓN OFF” .....	57
FIGURA 60. VENTANA DE PROPIEDADES “VISIBILIDAD OFF” .....	57
FIGURA 61. LUCES PILOTOS .....	57
FIGURA 62. INSERTANDO FLECHAS.....	58
FIGURA 63. REPRESENTACIÓN DE FLECHAS .....	58
FIGURA 64. MOVIMIENTO VERTICAL DE LAS FLECHAS.....	59
FIGURA 65. VISIBILIDAD DE LA FLECHA. ....	59
FIGURA 66. FLECHAS DE FLUJO.....	60
FIGURA 67. INSERTAR CAMPO DE ENTRADA SETPOINT 1 .....	60
FIGURA 68. PARÁMETROS DE CAMPO E/S DE SETPOINT 1.....	61
FIGURA 69. AJUSTE DEL TAMAÑO CAMPO E/S SETPOINT 1.....	61
FIGURA 70. CAMPOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	61
FIGURA 71. INSERTAR BARRA .....	62
FIGURA 72. CONFIGURACIÓN DE LA ESCALA Y VARIABLE VP1_REAL.....	62
FIGURA 73. APARIENCIA DE LA BARRA DEL TANQUE .....	63
FIGURA 74. BARRAS DE NIVEL .....	63
FIGURA 75. INSERTAR BOTÓN START .....	64
FIGURA 76. APARIENCIA DEL BOTÓN FIGURA.....	64
FIGURA 77 . LISTA DE FUNCIONES ACTIVAR BIT .....	65
FIGURA 78. ASIGNANDO FUNCIÓN ACTIVARBIT .....	65
FIGURA 79. ASIGNANDO FUNCIÓN DESACTIVARBIT .....	65
FIGURA 80. ASIGNAR FUNCIÓN Y VARIABLE .....	65
FIGURA 81. RENOMBRANDO IMAGEN DE PROCESO .....	66
FIGURA 82. INSERTANDO IMAGEN CONTROL PID TANQUE 1.....	66
FIGURA 83. INSERTANDO IMAGEN SINTONIA PID TANQUE 1 .....	66
FIGURA 84. SINTONIA PID 1.....	67
FIGURA 85. SINTONIA PID 2.....	67
FIGURA 86. INSERTANDO VISUALIZACIÓN DE CURVAS .....	68
FIGURA 87. VISUALIZACIÓN DE CURVAS REPRESENTACIÓN .....	68
FIGURA 88. AJUSTE DE EJES IZQUIERDO Y DERECHO .....	69

FIGURA 89. PROPIEDADES DE LA CURVA.....	69
FIGURA 90. CREAR AVISO DE BIT .....	70
FIGURA 91 . CREAR AVISO ANALÓGICO.....	71
FIGURA 92.VISTA DE AVISOS.....	71
FIGURA 93. CREAR GRUPO.....	72
FIGURA 94. MODIFICANDO PARÁMETROS DE GRUPO .....	72
FIGURA 95. AGREGAR USUARIO .....	73
FIGURA 96. PARÁMETROS DE USUARIO .....	73
FIGURA 97. INSERTAR VISTA DE USUARIO.....	74
FIGURA 98. INSERTANDO EL BOTÓN IMPORTAR .....	74
FIGURA 99. INSERTANDO EL BOTÓN IMPORTAR .....	75
FIGURA 100. AGREGAR IDIOMA INGLÉS.....	75
FIGURA 101. CONFIGURAR IDIOMA Y FUENTE EN PANEL OPERADOR .....	76
FIGURA 102. TEXTOS DEL PROYECTO .....	76
FIGURA 103. VARIABLE PARA CAMBIO DE IDIOMA .....	77
FIGURA 104. CREAR UNA NUEVA LISTA DE GRÁFICOS.....	77
FIGURA 105. ENTRADA PARA EL IDIOMA ESPAÑOL.....	78
FIGURA 106. ENTRADAS PARA LOS IDIOMAS .....	78
FIGURA 107. CREACIÓN BOTÓN DE IDIOMA .....	79
FIGURA 108. PROPIEDADES BOTÓN DE IDIOMA .....	79
FIGURA 109. IMAGEN DE SELECCIÓN.....	80
FIGURA 110. INSERTAR CAMBIOS DE IMAGEN.....	80
FIGURA 111. CAMBIOS DE IMAGEN.....	81
FIGURA 112. INSERTAR CAMPO DE FECHA Y HORA.....	81
FIGURA 113. INSERTAR BOTÓN CAMBIAR LENGUAJE.....	82
FIGURA 114. ACTIVAR IMAGEN CAMBIO DE IDIOMA .....	82
FIGURA 115. INSERTAN BOTÓN CERRAR SESION .....	83
FIGURA 116. EDICIÓN DE BOTONES CAMBIOS DE IMAGEN.....	84
FIGURA 117. INSERTAR GRAFICO DE ENTRADA SALIDA .....	85
FIGURA 118. AJUSTE DE INICIO DE SESIÓN .....	85
FIGURA 119. SEGURIDAD EN RUNTIME .....	86
FIGURA 120. SELECCIÓN DE IMAGEN INICIAL .....	86
FIGURA 121. COMPROBACIÓN DEL PROYECTO.....	87

FIGURA 122. INICIAR SIMULADOR .....	87
FIGURA 123. TABLA DE SIMULACIÓN .....	88
FIGURA 124. IMAGEN DE BIENVENIDA, SELECCIÓN DE IMÁGENES, PROCESO Y MENSAJES. ....	88
FIGURA 125. TRANSFERENCIA DEL PROYECTO PC→PANEL .....	89

## **TABLAS**

TABLA 1. REQUISITOS DEL PC DE CONFIGURACIÓN .....	31
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CABLE PROFIBUS. ...	32
TABLA 3. SIMBOLOGÍA DE VARIABLES UTILIZADAS EN S7-200 .....	34
TABLA 4. VARIABLES EN WINCC FLEXIBLE 2008 .....	50

## **ANEXOS**

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE PROGRAMACIÓN DEL S7-200 .....	92
-------------------------------------------------------	----

# 1 INTRODUCCIÓN

La sigla HMI es la abreviación en inglés de Interfaz Humano Maquina. Se puede pensar como una ventana de un proceso, la cual puede estar en dispositivos especiales como paneles de operadores o en una computadora. A los sistemas HMI en computadores se les conoce como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales de proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el computador, PLC's, RTU o variadores de velocidad. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que el HMI pueda entender.

Básicamente hay dos tipos de HMI, los desarrollados a medida en entornos de programación gráfica, como visual basic, VC++, Visual Basic, Delphi, etc, y por otra parte los paquetes embebidos HMI, que consisten en paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándar de los sistemas SCADA, Ejemplos de este tipo de paquetes son el Wonderware y el WinCC flexible.

Las funciones principales de un software HMI son las siguientes:

- ✚ Monitoreo: Es la capacidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, estos pueden ser números, texto o gráficos que permitan una mejor interpretación.
- ✚ Supervisión: Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde el computador o panel.
- ✚ Alarmas: es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos, basándose en límites de control preestablecidos
- ✚ Control: es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y mantenerlos dentro de ciertos límites
- ✚ Históricos: es la capacidad de muestrear a una determinada frecuencia datos del proceso y almacenarlos en archivos, dicho almacenamiento es una poderosa herramienta para la optimización de procesos

Las tareas de un software de supervisión y control son:

- ✚ Permitir una comunicación con dispositivos de campo
- ✚ Actualizar bases de datos con las variables de proceso
- ✚ Visualizar las pantallas con objetos animados (mímicos)
- ✚ Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso mediante botones, controles ON/OFF y ajustes continuos con los periféricos de entrada
- ✚ Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales
- ✚ Almacena valores de las variables para análisis estadísticos y/o control
- ✚ Controla en forma controlada ciertas variables de proceso

## 1.1 Objetivos del proyecto

Una guía de configuración y construcción de HMI, representa una gran ayuda para las personas que se inician en el campo de la automatización de procesos en la industria, los cuales en materia de tecnológica avanzan día tras día, dicha guía permite estar a la vanguardia de la tecnología en cuanto a crear y parametrizar la interfaz de usuario en un panel operador, de igual forma a los procesos asistidos por dichos paneles y sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) en los diferentes procesos industriales que impliquen este tipo de herramientas.

El principal objetivo, es familiarizarse con el control SCADA y realizar funciones de control y monitoreo de procesos industriales a través de un panel operador, configurarlo mediante su software de programación haciendo uso de los elementos de construcción del HMI, su interfaz con el PLC, y conexión del mismo a un HMI de planta.

En el tutorial de la presente monografía, se pretende formar al ejecutor en la programación y configuración de paneles operadores de procesos industriales abordando las distintas comunicaciones (PC---PANEL OPERADOR Y PLC---PANEL OPERADOR), mediante los software WinCC flexible y Step 7 Microwin (comunicación PC---PLC) de SIEMENS, para ello se toma como planta el proyecto “**Automatización de una planta piloto de nivel de dos tanques en paralelo**”<sup>1</sup>. Al finalizar el tutorial de la presente práctica el ejecutor debe estar en capacidad de:

- ✚ Crear un proyecto en WinCC flexible
- ✚ Crear las imágenes del proceso a controlar
- ✚ Configurar los avisos de bit y analógicos
- ✚ Configurar administración de usuarios en el HMI
- ✚ Crear interfaz de usuario multilingüe
- ✚ Crear navegación de imágenes
- ✚ Comprobar y simular el proyecto
- ✚ Transferir el proyecto
- ✚ Colocar en marcha el proyecto

## 1.2 Aspectos generales de la programación de HMI

### 1.2.1 Estándares y directrices

En cuanto a estándares y directrices se deben tener en cuenta normas las normas IEEE 830 y IEEE 12.33. Las cuales ayudan a la hora de establecer especificaciones y requerimientos para sistemas HMI.

A partir de esto se debe tener en cuenta 3 puntos relevantes a la hora de especificar sistemas HMI.

---

<sup>1</sup>Chávez Víctor, Montenegro Nicolás, *Automatización de una planta piloto de nivel de dos tanques en paralelo*, Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2009.

1. Para sistemas HMI cada requerimiento debe contribuir a lograr la misión del sistema
2. Los requerimientos deben ser clasificados por importancia y estabilidad.
3. Las especificaciones deben ser verificables. Esto es, debe ser posible comprobar todos sus requerimientos.

### **1.2.2 Como especificar un HMI**

Se debe tener presente, que ser extremadamente detallado en las especificaciones puede adicionar costos, sin agregarle valor al proyecto. Es importante mantener un balance entre el nivel de formalidad y los detalles de una especificación, su accesibilidad y costo. A continuación se proporcionan algunos trucos para lograr encontrar un balance adecuado.

- ✚ Una buena comunicación entre los responsables de crear las especificaciones y los responsables de implementarlas, constituye un camino adecuado para producir un documento que capture lo esencial, sin quedar atascado en discusiones.
- ✚ Incluir pantallazos o alguna otra representación gráfica de la última versión de la maqueta resultante del test de implementación, ayudará a simplificar las especificaciones y mantenerlas legibles.
- ✚ El uso apropiado de una escritura clara, ayudará a disminuir ambigüedades, y a permitir una fácil comunicación entre las partes involucradas.

### **1.2.3 Especificar elementos comunes: Sección general**

Al especificar un HMI, los siguientes elementos son adecuados para ser ubicados en una sección general:

- ✚ Plantillas utilizadas como guía para el proceso de diseño. Por ejemplo, si se crearán plantillas o reportes de estado, este es un buen lugar para ubicarlos.
- ✚ Navegación a través de los componentes del HMI. Una buena herramienta para describir dicha navegación es un diagrama de burbujas. Cada burbuja corresponde a cada pantallazo, y las líneas entre las burbujas, corresponden a los caminos de navegación. Esto es conocido comúnmente como mapa de navegación.
- ✚ Colores, iconos, y otro tipo de codificación utilizada en los distintos displays.

- ✚ Gestión de alarmas, lo cual incluye, el tipo de alarmas, que ocurre cuando las alarmas desaparece y como se visualiza una alarma en la pantalla.
- ✚ Las etiquetas y comportamiento de los botones. Por ejemplo, si tiene un botón “OK”, se describirá su función y definición.
- ✚ Componentes físicos como dispositivos de entrada (Por ejemplo, teclados, mouse, paneles operadores y dispositivos de visualización)

### 1.3 Arquitectura de automatización y lugar de los paneles de operaciones

En la arquitectura de automatización (Figura 1) o también llamada pirámide CIM se pueden distinguir los siguientes niveles:

- ✚ **Nivel de campo o proceso:** En este nivel se adquieren datos del proceso mediante los elementos de medición de las variables con sensores y transmisores situados en él y también actuadores como válvulas y motores. Las señales enviadas por los sensores y transmisores llegan a los sistemas de control que se encuentran ubicados en el siguiente nivel de la pirámide, para que ejecuten los algoritmos de control, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíen órdenes oportunas a los actuadores.
- ✚ **Nivel de control:** en este nivel se encuentran los dispositivos lógicos de control, autómatas programables, computadores industriales, elementos de mando y control de maquinaria, sistemas de control distribuido, control numérico computarizado, robots industriales.
- ✚ **Nivel de supervisión:** En este nivel se encuentran los sistemas de adquisición de datos, de monitorio y supervisión de las variables del proceso y alarmas. **En este nivel se encuentran los paneles y pantallas de supervisión y control de procesos.**
- ✚ **Nivel de gestión o gerencia:** en este nivel se realiza gestión e integración de los niveles inferiores como la planificación y control de la producción, control de inventarios, órdenes de compra y ventas, estadísticas, gestión de mantenimiento, gestión de calidad, archivos. En este, se consideran los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global.

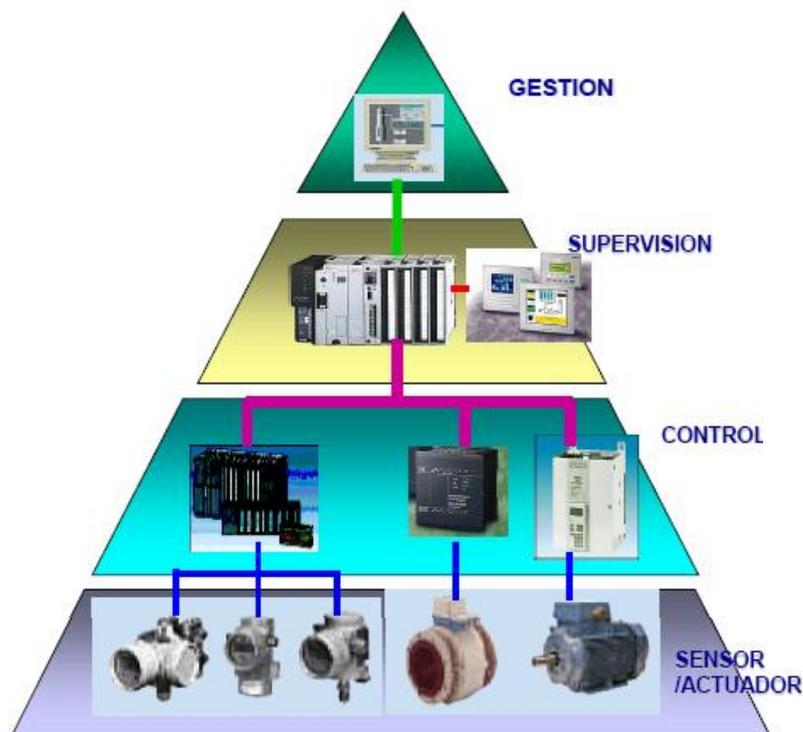


Figura 1. Pirámide de automatización<sup>2</sup>

#### 1.4 Posibles conexiones para supervisión remota de HMI basados en WinCC flexible

Es posible realizar conexiones de acceso remoto a HMI's basados en WinCC flexible, mediante las aplicaciones Sm@rtService, Sm@rtAccess, y Capturar los datos operativos con OPC.

##### 1.4.1 Sm@rtService

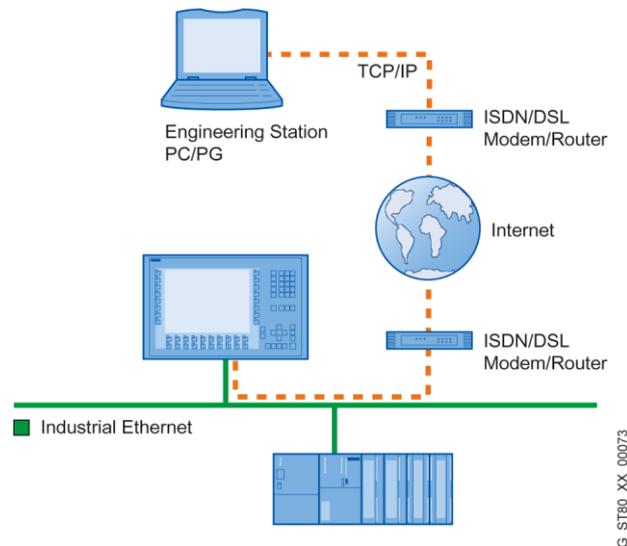
Con ayuda de la opción Sm@rtService, es posible conectarse desde el propio puesto de trabajo con un panel de operador a través de una red (Internet, LAN).Figura 2

El acceso remoto a través de la red puede utilizarse para las siguientes aplicaciones:

- ✚ Control y supervisión remotos: Desde el propio puesto de trabajo se puede controlar un panel de operador y observar el proceso en curso.
- ✚ Administración remota: El usuario puede transferir un proyecto desde su puesto de trabajo al panel de operador. De este modo se pueden actualizar los proyectos de forma centralizada.

<sup>2</sup>Imagen tomada de minor 2011 "modulo de redes industriales" por Msc. Jorge Eliécer Duque Pardo

- ✚ Diagnóstico remoto: Cada panel pone a disposición páginas HTML en las que se puede consultar p. ej. El software instalado, la versión o los avisos de sistema mediante un navegador web.



**Figura 2. Manejo y visualización remotos de sistemas SIMATIC HMI a través de Industrial Ethernet o Intranet/Internet\***

#### 1.4.2 Sm@rtAccess

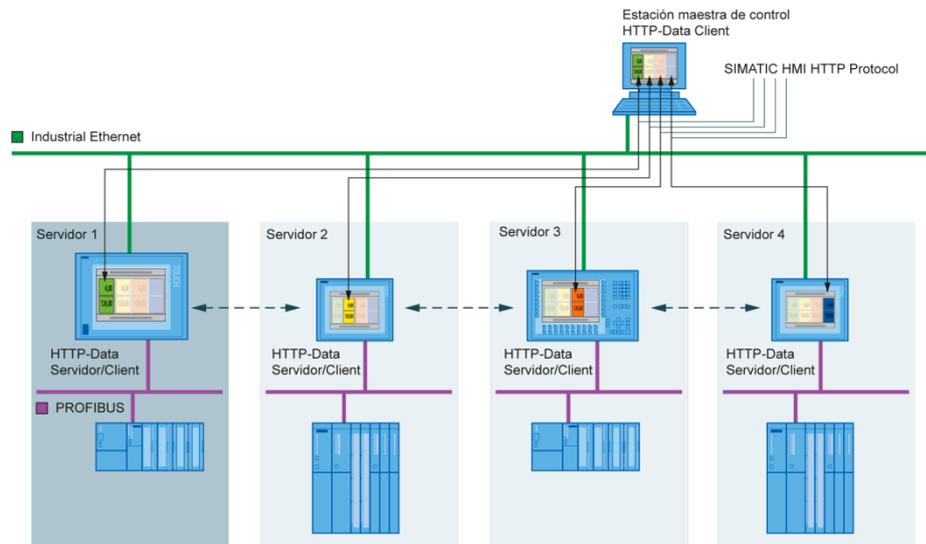
Sm@rtAccess permite acceder de forma remota a los datos de proceso y presenta soluciones cliente/servidor, la comunicación entre los sistemas HMI se realiza en redes Ethernet, o bien vía Intranet/Internet.

- ✚ Concepto de Sm@rtClient: Observación y control remotos de un sistema HMI desde otro sistema HMI.
- ✚ Comunicación entre sistemas HMI: Acceso de lectura o escritura de variables de otros sistemas HMI a través del protocolo «SIMATIC HMI HTTP».
- ✚ Conexión de paneles de operador al entorno de MS Office: Acceso de lectura o escritura desde MS Excel a variables de otros sistemas HMI a través del «Simple Object Access Protocol» (SOAP).

Entre sus aplicaciones están las siguientes:

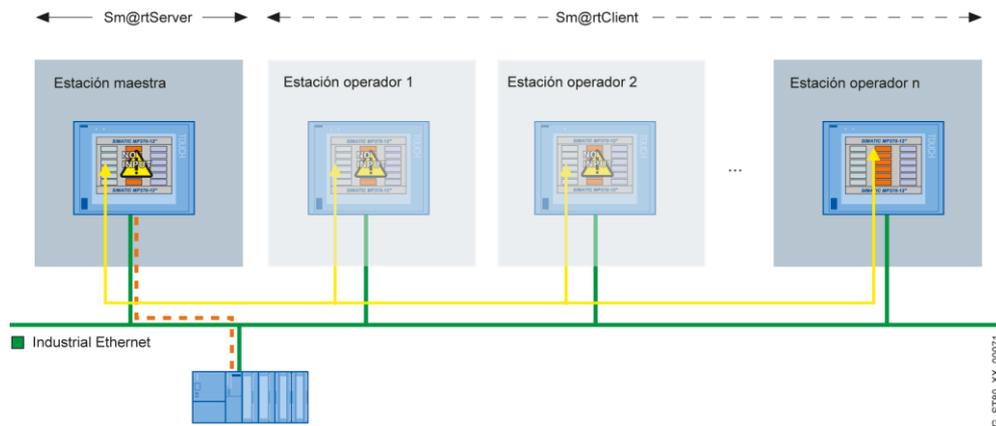
- ✚ Empleo de sistemas HMI a pie de máquina como servidores de datos para componentes de automatización superiores como, por ejemplo, sistemas de control o sistemas ofimáticos. En la imagen de control (figura 3) se muestran, por ejemplo, valores de proceso procedentes de distintas máquinas.

\* Imagen tomada de "www.support.automation.siemens.com/"



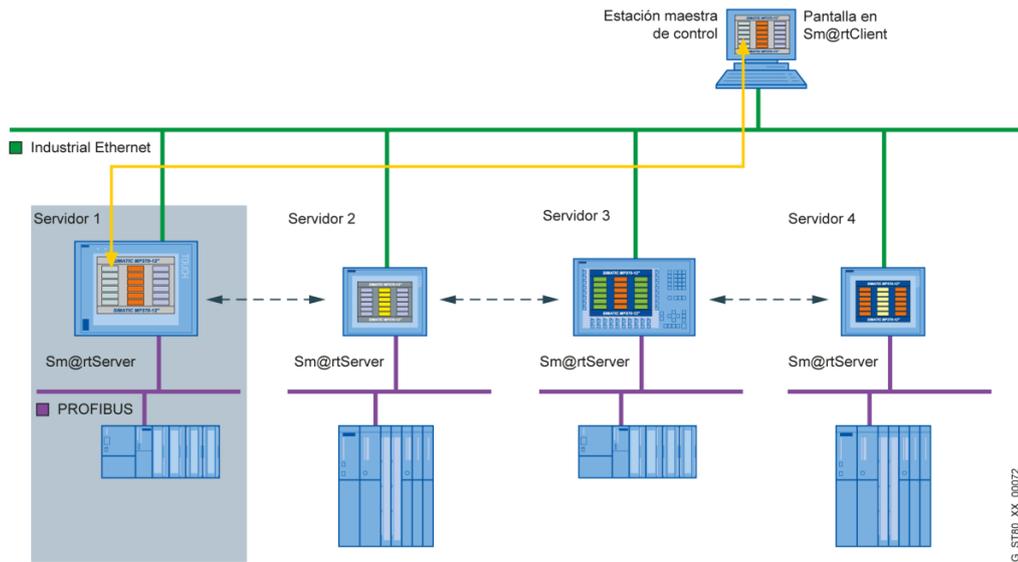
**Figura 3. Comunicación entre sistemas HMI vía Industrial Ethernet\***

- Manejo y visualización de máquinas de gran extensión espacial por un operador con varias estaciones de mando. Figura 4.



**Figura 4. Funcionamiento coordinado de varias estaciones de mando\***

- Manejo y visualización de sistemas HMI utilizados a pie de máquina desde una estación central (p. ej. estación central de una línea de fabricación o desde un puesto de control). Figura 5.

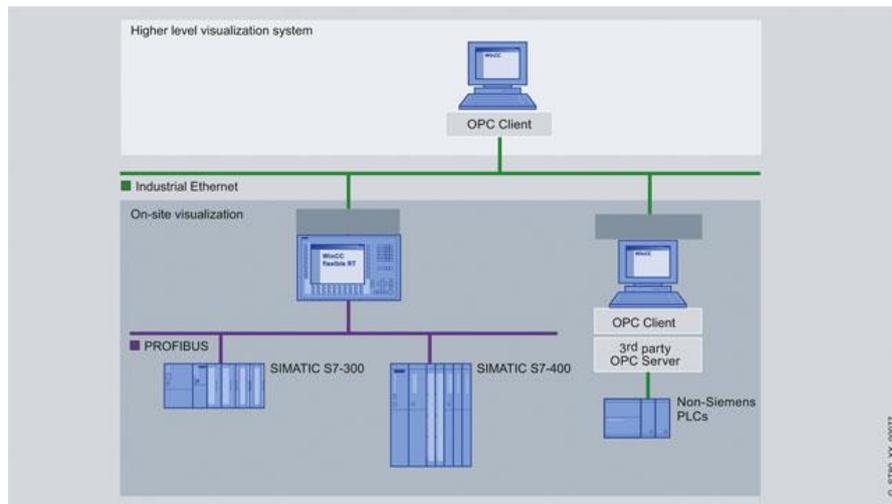


**Figura 5. Manejo y visualización de sistemas HMI utilizados a pie de máquina desde una estación central\***

### 1.4.3 Capturar los datos operativos con OPC

OPC (OLE for Process Control) designa una interfaz de software homogénea e independiente del fabricante. Diferentes equipos y aplicaciones pueden intercambiar datos a través de la interfaz OPC.

WinCC flexible Runtime o el SIMATIC Multi Panel (servidor OPC) se encarga de la puesta a disposición de datos para uno o varios clientes OPC. Así es posible visualizar y procesar datos a nivel local pero también obtener información desde cualquier punto de la instalación o archivar datos de proceso. Figura 6.



**Figura 6. Comunicación vía OPC\***

## 1.5 Principios de organización – Estación de trabajo

Con el fin de proveer una guía que permita organizar de forma adecuada los componentes de un sistema HMI en el cuarto de control, se deben establecer las características de los diferentes tipos de estaciones de trabajo.

Estaciones de trabajo “Seated” o “sentado”:

- ✚ Su aplicabilidad se evidencia en procesos de monitoreo y control que requieren periodos de tiempo prolongados.
- ✚ Por otro lado, son muy adecuados para computadores basados en HMI, pero además, pueden ser aplicados en paneles cableados.

Otras consideraciones

- ✚ Es necesario que provean superficies que permitan la lectura de documentos.

Estaciones de trabajo “Stand Up”:

Aplicación

- ✚ Su aplicabilidad se evidencia principalmente en paneles cableados en planta.

Otras consideraciones

- ✚ Las áreas reservadas para colocar este tipo de paneles deben contar con una buena visibilidad, para disminuir la probabilidad de activaciones accidentales.

A continuación se revisaran algunos principios que pueden ser utilizados a la hora de escoger y organizar una estación de trabajo apropiada.

- ✚ Si se ha tomado una decisión, de tal forma que el operador deba emplear la mayor parte de su tiempo en el cuarto de control, se deben tener en cuenta las consolas tipo “seated”. En este caso:
  - Use the 20 – 80 rule to arrange components at the work station. Esto es, ubique el 20% de los componentes del HMI (por ejemplo, sistema telefónico) que el operador utilizará para llevar a cabo el 80% de sus tareas, de tal forma que se encuentren al alcance de la mano, es decir, que el operador no tenga la necesidad de ponerse de pie, ni de estirar sus brazos completamente.
  - Asegurar que la orientación de las estaciones de trabajo con respecto a las ventanas no produzca deslumbramiento. Para esto, evite ubicar ventanas detrás del operador.

✚ Si se espera que el operador se encuentre de pie y en constante movimiento, e invierta menos tiempo en el cuarto de control, las consolas tipo “stand-up” ofrecerían un ahorro de espacio, lo que conduce a cuartos de control más compactos. Para consolas tipo “stand-up”:

- Localizar la señalización, las pantallas y los paneles de control, en las zonas correspondientes.

✚ Si se utilizan consolas de tipo “Seated” y “Stand – Up” en el mismo cuarto de control, entonces:

- Generalmente se aplican las normas establecidas para estaciones de trabajo tipo “Seated”.
- Asegurar que los controles utilizados con más regularidad, se encuentren disponibles en el lugar en el cual se espera que serán más utilizados.
- Asegurar que la información mostrada por la consola tipo “Stand – Up”, (ej. Variables de proceso) sea legible desde las consolas tipo “Seated”, en caso que el operador requiera ver y entender dicha información.

## 1.6 Descripción del proyecto de automatización

La planta piloto (Figura 7) consta de dos tanques (TK-007 y TK-008) de 26 y 44 litros de capacidad, interconectados a través de una válvula de paso por el fondo de cada tanque, e interconectados también por dos válvulas de paso en parte superior de cada tanque.



Figura 7. PLANTA PILOTO DE NIVEL

Ambos tanques vierten el agua en un tanque de depósito (Tanque 3) de 75 litros de capacidad, situado por debajo de ellos, a través la estructura que les soporta. El llenado de los dos tanques se realiza mediante dos bombas sumergibles o bombas de achique de velocidad variable, con caudal máximo de 1100 GPH (4200 Litros por Hora), ubicadas en el Tanque depósito.

El nivel de ambos tanques, (Tanque 1 y 2) es censado por Transmisores de Presión Diferencial (LT1 y LT2) ubicados en la parte inferior de cada tanque.

Actualmente el proceso consta de la planta y su sistema de control mediante un PLC S7-200, además cuenta con un sistema de supervisión con WinCC flexible desde un PC haciendo uso del estándar de comunicación OPC. Se pretende sustituir la supervisión desde el PC por un panel de operaciones OP177B del fabricante SIEMENS, para el control y monitoreo de las variables del sistema.

Para la operación de la planta piloto de nivel a través del panel operador es necesario tener en cuenta las siguientes tareas:

- ✚ Controlar el nivel de llenado del tanque
- ✚ Supervisar y controlar el estado de la planta
- ✚ Introducir y transferir variaciones de punto de ajuste (set point)
- ✚ Asegurar que su manipulación sea por personal autorizado
- ✚ Cambiar idioma

Las tareas anteriormente descritas se realizan configurando el panel de operador mediante los pasos siguientes:

- ✚ Crear el proyecto
- ✚ Crear las imágenes
- ✚ Configurar los avisos
- ✚ Configurar administración de usuarios
- ✚ Crear interfaz de usuario multilingüe
- ✚ Crear navegación de imágenes
- ✚ Comprobar y simular el proyecto
- ✚ Transferir el proyecto

## **1.7 Herramientas para realizar el proyecto**

### **1.7.1 Hardware**

El hardware implementado en la presente práctica se detalla a continuación:

#### **✚ PLC S7-200**

El PLC S7-200 (Figura 8) utilizado en la práctica, posee las siguientes características:

- CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé
- Dimensiones físicas 120,5 x 80 x 62
- Memoria de datos de 8192 bytes
- Puerto de comunicación rs485
- Módulo de expansión (analógico)EM 235 de 4 entradas /1 salida
- Módulo de expansión EM 277 para comunicación vía PROFIBUS DP.

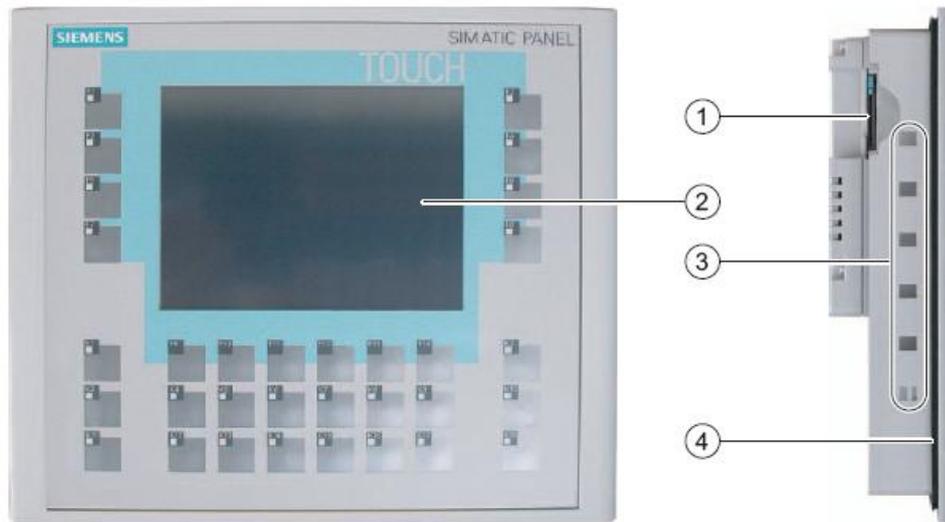


**Figura 8. PLC S7-200**

#### **Pantalla táctil OP 177B PD/NP COLOR**

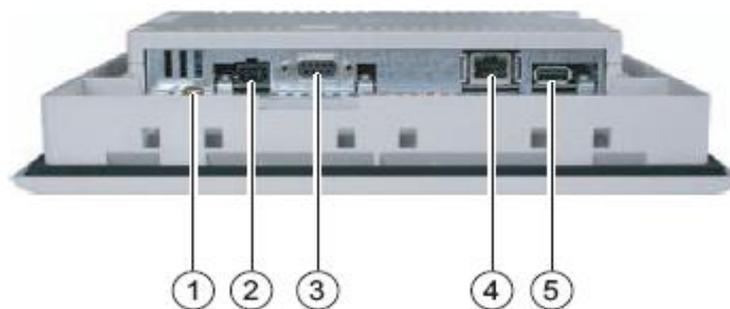
EL panel OP-177B es ideal cuando se trabaja con proyectos basados en textos o gráficos para realizar tareas de manejo y visualización simples o medianas en máquinas e instalaciones, este dispone de conexiones a redes PROFIBUS y PROFINET y además de manejarse con teclado de membrana posee una pantalla táctil, también presenta un tiempo de respuesta mucho más eficiente y gran capacidad de memoria con respecto a los paneles de operador de la gama 170 y anteriores.

En las figuras 9; 10; 11 se observa su estructura.



- ① Ranura para una MultiMediaCard
- ② Display/Pantalla táctil
- ③ Escotaduras para tensores
- ④ Junta de montaje

**Figura 9. Vista frontal y lateral OP-177B PN/DP**



- ① Conexión a masa para equipotencialidad
- ② Conexión para la fuente de alimentación
- ③ Interfaz RS -485/RS -422 (IF 1B)
- ④ Conexión PROFINET (sólo en el OP 177B PN/DP)
- ⑤ Conexión USB

**Figura 10. Vista inferior OP-177B PN/DP**



- ① Ranura para una MultiMediaCard
- ② Placa de características
- ③ Interruptor DIL
- ④ Nombre del puerto

**Figura 11. Vista posterior OP-177B PN/DP**

#### **Planta piloto de nivel**

La planta está constituida por dos tanques en paralelo con 26 y 44 litros de capacidad respectivamente, y el depósito con capacidad de 75 litros de capacidad, interconectados a través de una válvula de paso por el fondo de cada tanque, e interconectados también por dos válvulas de paso en la parte superior de cada tanque, también posee un transmisor diferencial de presión en cada tanque y un panel de control para manipular el proceso, la planta se muestra en la figura 12.



**Figura 12. Planta piloto de nivel tanques paralelos**

## PC de configuración

WinCC flexible 2008 Compact, Standard, Advanced (requisitos mínimos): Sistema operativo

Procesador	RAM	Gráficos	Espacio disco duro	
MS Windows XP Professional SP2 / SP3	1.6 GHz Pentium 4 (o procesador similar) <sup>3)</sup>	1 GB <sup>1)</sup>	XGA o WXGA, 1024 x 768, profundidad de color de 16 bits	2 GB con instalación de un idioma; por cada idioma adicional se necesitan 200 MB extras
MS Windows Vista Business / Ultimate (32-Bit Editions sólo)		1.5 GB <sup>2)</sup>		

Tabla 1. Requisitos del PC de configuración

- 1) Se recomienda una configuración de memoria de 2 GB
- 2) Se recomienda un Pentium M para Windows XP o un Core 2 Duo para Windows Vista (o procesadores similares, respectivamente)
- 2)

## Fuente de alimentación

Para energizar el panel operador se utiliza una fuente de 24VDC a 2,5 A, con una potencia de 60W de referencia MDR-60-24 como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Fuente MDR-60-24

## 1.7.2 Conexionado

### ✚ Cables adaptadores de interfaces punto a punto (PPI)

Estos son los cables utilizados para la comunicación de los PLC's de la serie S7-200, una versión Transforma USB a RS485 y su velocidad de transferencia va desde los 9,6 kbit/s hasta 187,5 kbit/s, se utilizan para la conexión entre el PLC y el PC. La otra versión transforma de RS232 a RS485, con Velocidades de transferencia desde 1.2 Kbit/s hasta 38.4 Kbit/s, esta se utiliza para establecer la transferencia del proyecto HMI desarrollado en el PC hacia el panel operador, ya que el panel de operador OP 177B no permite la transferencia a través del USB/RS485. Figura 14.



Figura 14. Cable RS232 / USB y RS232/RS485

### ✚ Cable PROFIBUS

Este cable está diseñado con cubierta exterior de cloruro de polivinilo PVC FT VI, malla de protección trenzada y separador entre celdas. Además tiene las siguientes características técnicas:

<b>Sección del cable (mín/máx)</b>	7.6mm /8.4m.m
<b>Temperatura de operación</b>	-40°C a 60°C
<b>Resistencia del lazo</b>	≤110 Ω/Km
<b>Capacitancia de operación</b>	28.5 nF
<b>Material/Sección del núcleo.</b>	Cobre Sólido / 3.64mm <sup>2</sup>

Tabla 2. Características técnicas del cable PROFIBUS.

En la figura 15 se muestra el cable disponible en el laboratorio de control.



**Figura 15.Cable PROFIBUS**

### 1.7.3 Software

#### **Step 7 Micro win 4 SP8**

El software STEP 7-Micro/WIN de SIEMENS se utiliza para programar PLC's de la gama S7-200, su manejo no es muy complicado y a través de él, es posible el desarrollo, procesamiento y supervisión de la lógica de control de una aplicación.

STEP 7-Micro/WIN acepta varios tipos de programación, que son:

- AWL: Lista de instrucciones es un lenguaje textual orientado a la máquina.
- KOP: Kontaktplan que en alemán significa plan de contacto o arreglo de contactos, también conocido como diagrama de escalera ó Lenguaje Ladder.
- FUP: Bloque de Funciones el cual utiliza los símbolos gráficos del álgebra booleana para representar la lógica.

#### **WinCC Flexible 2008 SP2**

WinCC flexible es un software HMI de SIEMENS utilizado para aplicaciones industriales, a través de él, es posible crear, controlar y visualizar procesos. La función runtime que posee permite:

- La comunicación con los sistemas de automatización
- La visualización de las imágenes en la pantalla
- El control del proceso, p. ej., mediante entrada de valores de consigna o mediante apertura y cierre de válvulas.
- La grabación de los datos actuales de runtime, como por ejemplo, los valores de proceso y los eventos de aviso

## 2 COMUNICACIÓN PLC S7-200, PC DE CONFIGURACION Y PANEL OPERADOR OP177B PN/DP

### 2.1 Programación S7-200

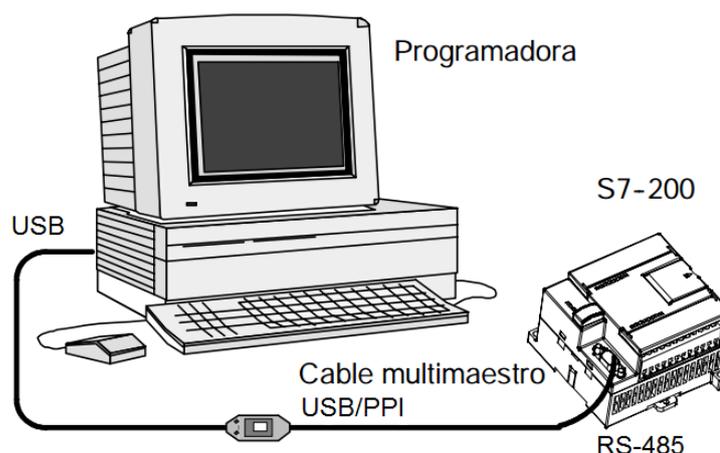
La programación desarrollada e implementada para el control de la planta, está en lenguaje ladder, las variables utilizadas en el programa implementado en el PLC<sup>3</sup> son las mostradas en la tabla 3, las cuales, como se verá en la sección 4.1 serán usadas para la programación del sistema de supervisión en el panel de operador.

SIMBOLO	DIRECCION	COMENTARIO
P_I	I0.1	Pulsador inicio panel de control
P_P	I0.2	Pulsador parada panel de control
S_Aut	I0.3	selector automático panel de control
V_proceso_1	AIW4	Sensor de nivel 1 (LT1)
V_proceso_2	AIW6	Sensor de nivel 2 (LT2)
I_Scada	M0.0	Pulsador inicio en WinCC
P_Scada	M0.1	Pulsador parada en WinCC
Relé	Q0.2	Relé elec.24V/conmutación manual automático
PR_Scada	V20.7	Piloto rojo en WinCC
Set_Point_1	VD60	Nivel ok (TK-007)
Set_Point_2	VD64	Nivel ok (TK-008)

**Tabla 3. SIMBOLOGÍA DE VARIABLES UTILIZADAS EN S7-200**

### 2.2 Comunicación entre S7-200 y PC de configuración

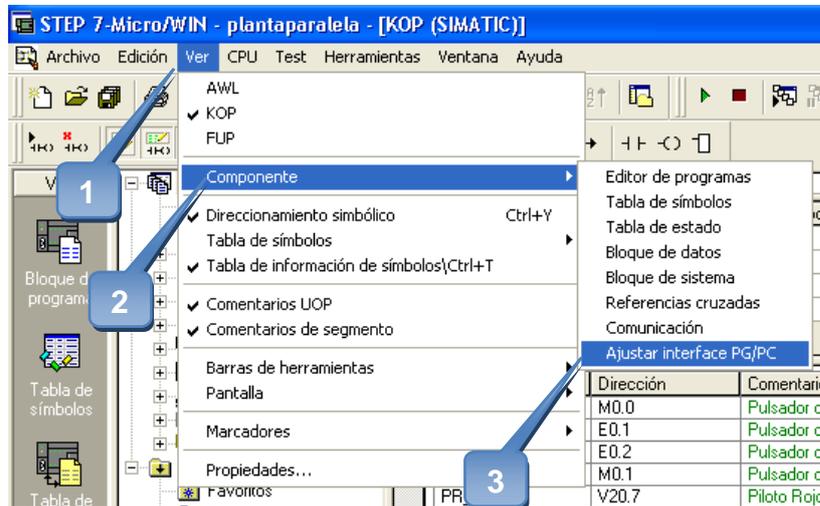
En esta comunicación se establece la configuración de los parámetros del cable y direcciones del PC y PLC para la transferencia del proyecto a la CPU 224 del S7-200, en la figura 16 se muestra el esquema de conexión.



**Figura 16. Esquema de conexión PC-PLC**

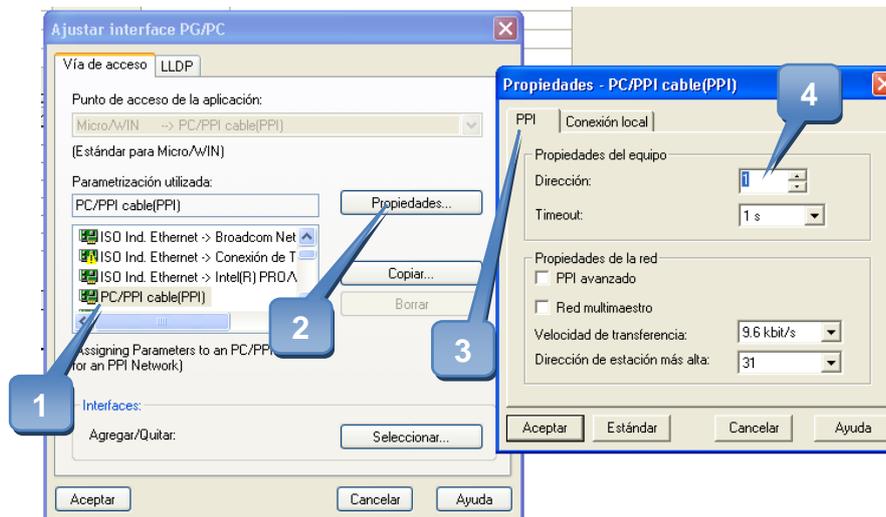
<sup>3</sup>Ver anexo A

Inicialmente, desde Step 7 Microwin se abre el proyecto “plantaparalela.mwp” ubicado en la carpeta “programa PLC” contenida en el CD anexo de la presente monografía, después, se procede a configurar la conexión que se establecerá con el PLC. En el menú ver, se selecciona *componente* y luego *ajustar interface PG/PC* como se muestra en la figura 17.



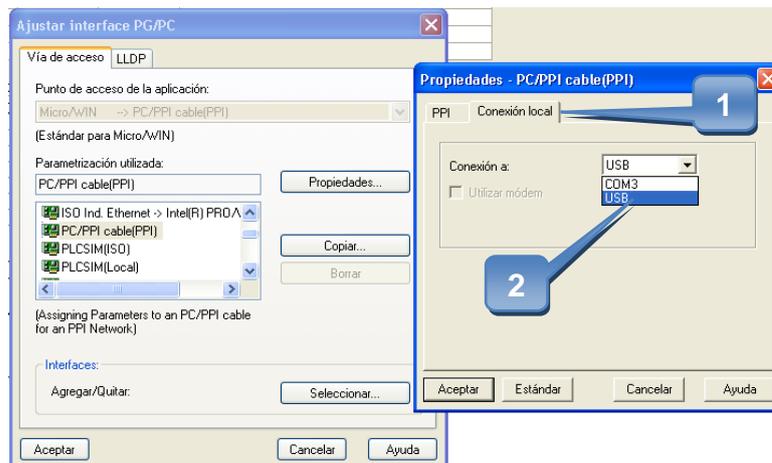
**Figura 17. Ajustar interface PG/PC**

Luego, aparece el recuadro de la figura 18, en el que se escoge la opción PC/PPI cable (PPI), y luego en propiedades, en la pestaña PPI se le asigna la dirección “1” para el PC.



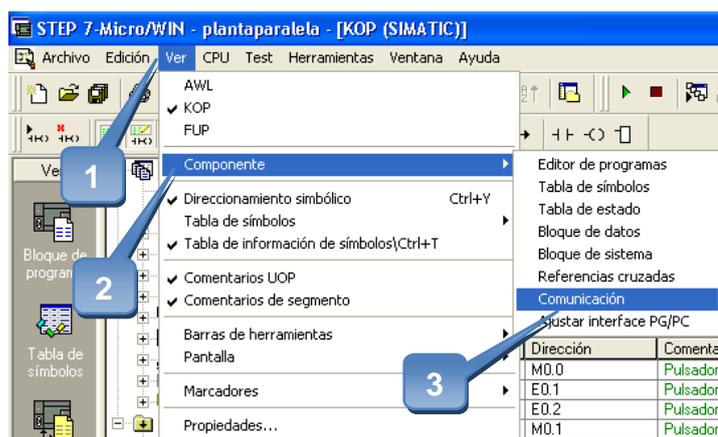
**Figura 18. Propiedades PC/PPI cable PPI**

Por último, en la pestaña conexión local del mismo recuadro se escoge USB (figura 19)

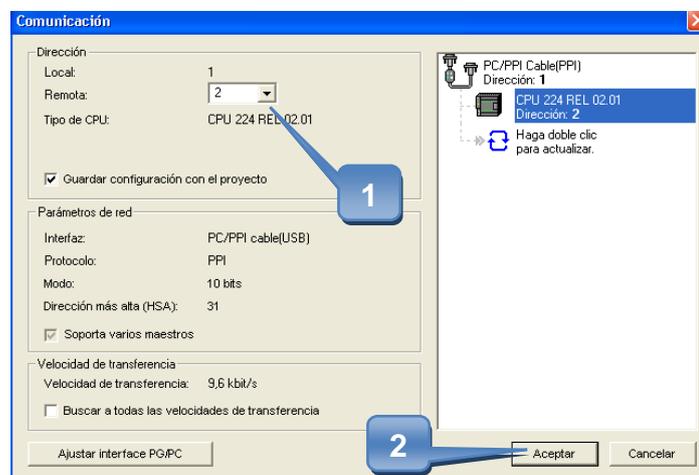


**Figura 19. Selección de conexión local**

Como se ilustra en las figura 20 y 21, se procede a configurar la comunicación entre el PC y la CPU del PLC, la dirección del PC es 1 y la dirección de la CPU es 2, finalmente se da clic en aceptar.



**Figura 20. Comunicación**

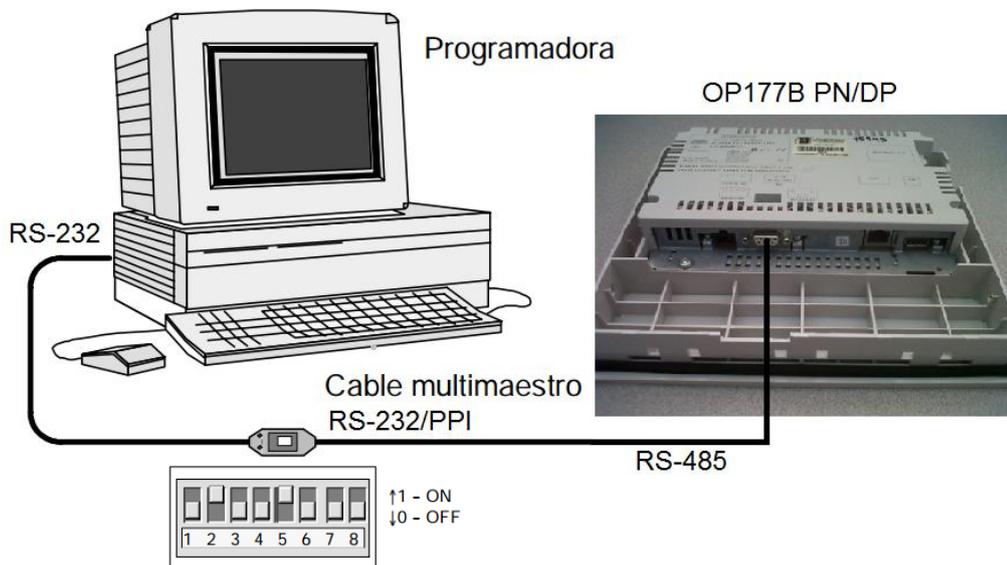


**Figura 21. Parámetros de comunicación**

### 2.3 Comunicación entre PC y panel operador OP177B PN/DP

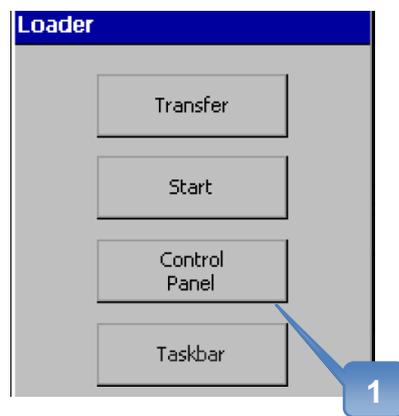
Para realizar la transferencia del HMI creado en WinCC flexible 2008 desde el PC al panel operador es necesario realizar las configuraciones que se describen a continuación:

1. Unir el conector RS-232 del cable multimaestro RS-232/PPI al PC de programación.
2. Unir el conector RS-485(PPI) del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto 0 ó 1 del S7-200.
3. Verificar que los interruptores DIP del cable multimaestro RS-232/PPI estén configurador como se muestra en la figura 22.

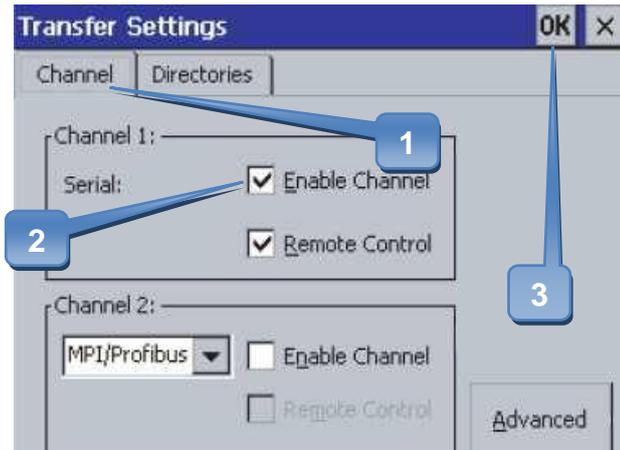


**Figura 22. Esquema de conexión PC-PANEL OPERADOR OP177B**

Lo primero es configurar el panel operador OP177B PN/DP, en la figura 23 y 24 se observa el *Loader* que aparece al encender el panel, de ese menú se selecciona *control panel*, luego *transfer settings* y finalmente se habilita el canal 1, a través del cual se hace la transferencia y se da ok.

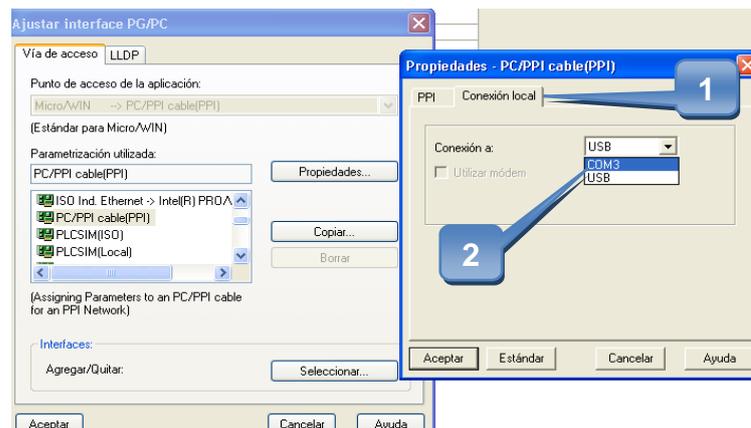


**Figura 23. Loader OP177B PN/DP**



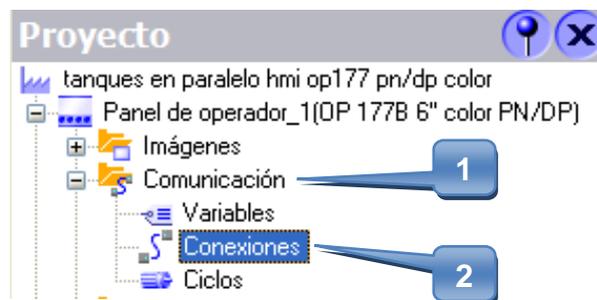
**Figura 24. Configuración de transferencia**

Lo siguiente es configurar los parámetros del cable RS232/RS485 en el PC de configuración como se indico en la figura 12, solo que a diferencia de esta, se escoge en propiedades conexión el puerto com3 como se muestra en la figura 25.



**Figura 25. Selección de conexión local**

Finalmente se configuran los parámetros de conexión en WinCC flexible, en la ventana de proyecto se selecciona comunicación y luego conexiones como se muestra en la figura 26.



**Figura 26. Conexión en WinCC flexible 2008**

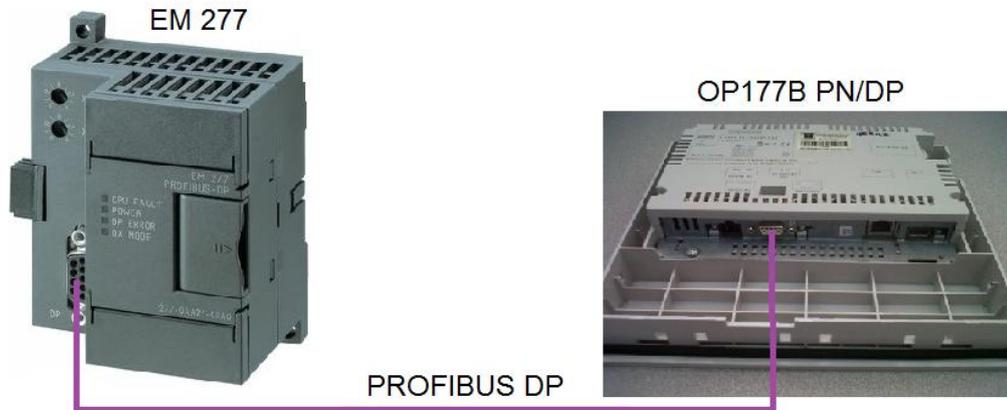
En la ventana de trabajo se definen los parámetros de comunicación entre el panel operador y el PLC, en el perfil de red se escoge DP, debido a que la comunicación entre ellos se hará a través de PROFIBUS DP, la velocidad de transferencia a elegir es de 9600bit/s, porque es la que emplean los PLC's S7-200, y la dirección del PLC se elige 6 debido a que es la dirección asignada al modulo PROFIBUS del PLC. Figura 27.



**Figura 27. Configuración de comunicación OP177B PN/DP y S7-200**

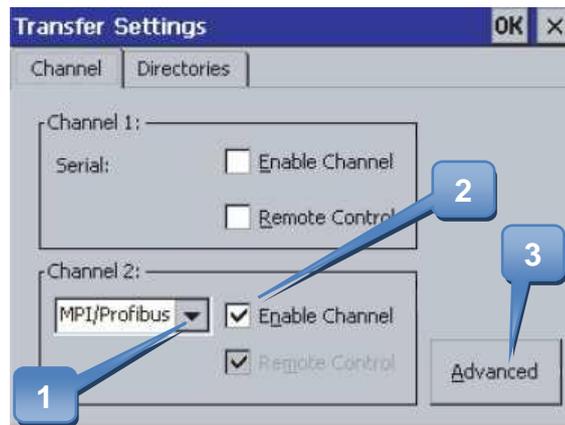
## 2.4 Comunicación entre PLC y panel de operador OP177B PN/DP

Finalmente, cargado el programa correspondiente al PLC y al panel operador su diseño HMI, ahora solo queda configurar los parámetros de comunicación en el panel operador para establecer la conexión del proceso (Figura 28).



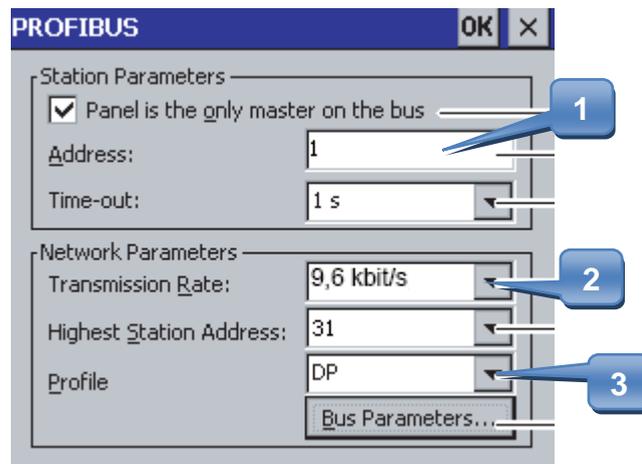
**Figura 28. Esquema de conexión PANEL OPERADOR OP177B-PLC**

En la ventana de transfer settings se elige el canal en este caso el canal 2 y se elige MPI/PROFIBUS. Figura 29.



**Figura 29. Configuración de transferencia canal 2**

Luego en “Advanced” se configura la dirección del panel, en este caso 1, así mismo la velocidad de transferencia que debe coincidir con la velocidad del PLC en este caso 9600bit/s, y en profile se elige DP, por ultimo clic en ok como se muestra en la figura 30.



**Figura 30. Parámetros PROFIBUS**

### 3 CREAR UN PROYECTO

El proyecto es la base de configuración del HMI para el panel operador o para el PC donde posteriormente se visualizará el sistema SCADA del proceso. En el proyecto se crean y configuran todos los objetos necesarios para el control y la supervisión de la planta piloto de nivel, tales como:

- ✚ Imágenes para representar y operar la planta piloto de nivel
- ✚ Variables para intercambiar datos entre el panel de operador y la planta piloto de nivel
- ✚ Avisos para visualizar en el panel de operador los estados operativos de la planta piloto de nivel

#### 3.1 Crear el proyecto en WinCC flexible

Para llevar a cabo los pasos de configuración descritos en la sección 1.6 es necesario instalar WinCC flexible en el PC de configuración, en la figura 31 se muestran los elementos a utilizar.

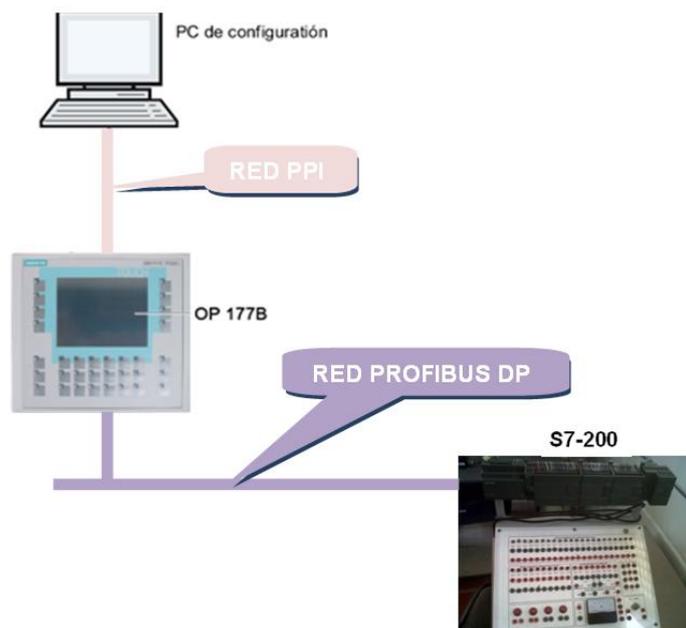


Figura 31. Elementos a utilizar en el proyecto

### 3.1.1 Iniciar WinCC flexible

Para iniciar WinCC flexible se ejecutan los pasos descritos en la figura 32.

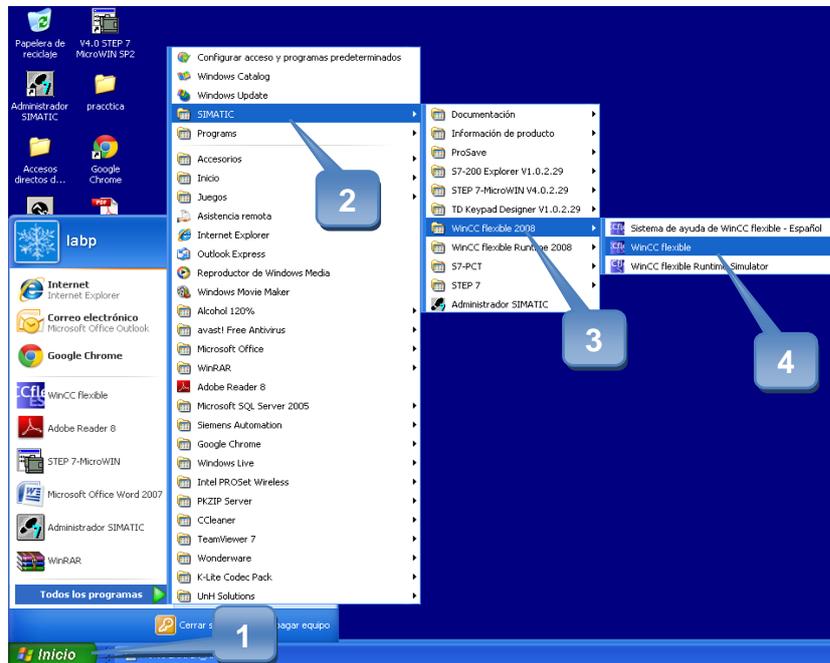


Figura 32. Ejecutar WinCC flexible

Inicialmente, se abre el asistente de creación de proyectos de WinCC flexible como una guía paso a paso para el proceso de configuración, este ofrece distintas opciones para las configuraciones más utilizadas.

### 3.1.2 Crear un proyecto nuevo

Para crear un proyecto nuevo, se elige la opción “**crear proyecto nuevo con el asistente de proyectos**” como se indica en la figura 33.

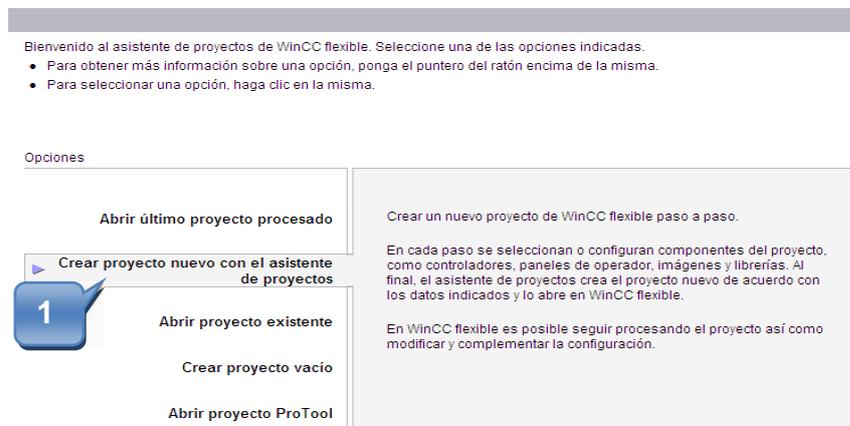


Figura 33. Asistente de creación de proyectos

### 3.1.3 Selección de la configuración de equipos para operar la planta piloto de nivel.

Se selecciona “maquina pequeña” en el asistente de proyectos como se muestra en la figura 34, porque en el presente sistema solo se utiliza un PLC y un panel operador

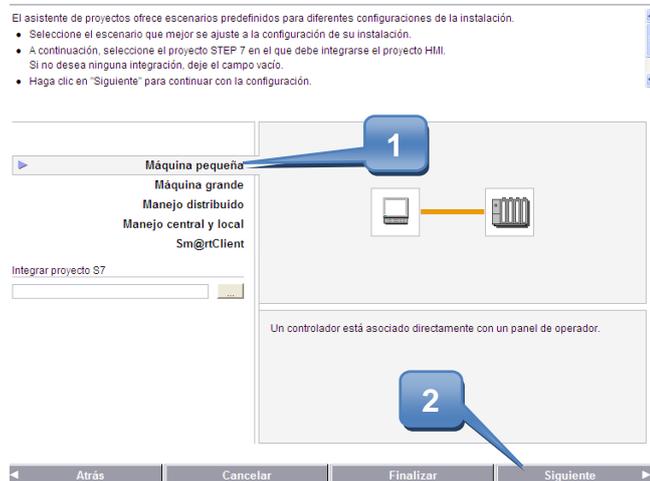


Figura 34. Selección de configuración de equipos

### 3.1.4 Selección del panel operador, la conexión y el PLC

Para elegir el panel operador, en la opción *Tipo de panel operador* se da clic en *panels*, luego en *170* y de la lista que aparece se selecciona el panel *OP 177B 6” color PN/DP*, por último se le da clic en aceptar como se muestra en la figura 35.

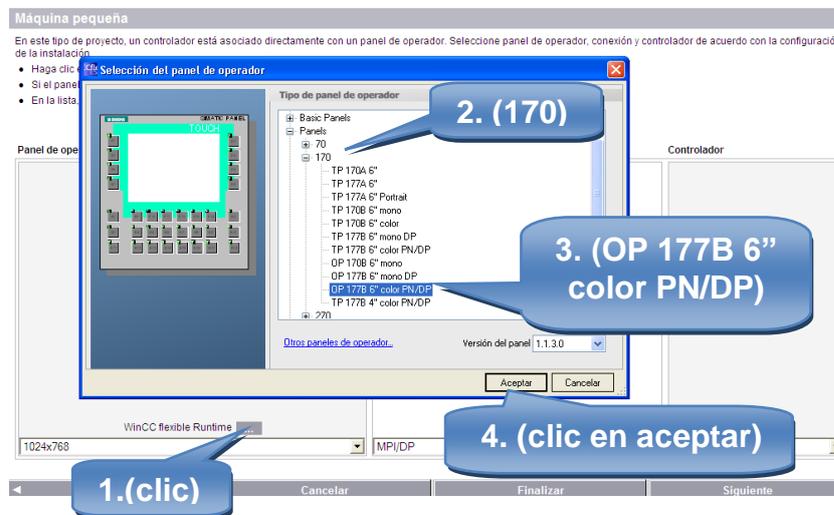
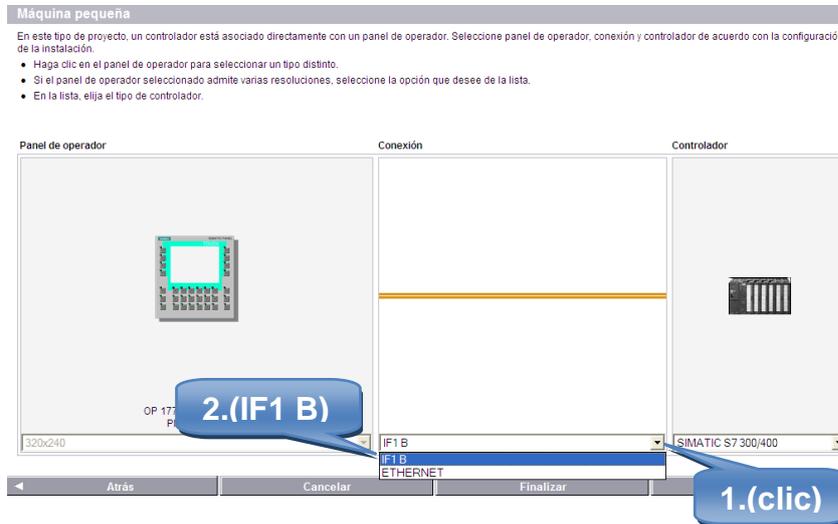


Figura 35. Selección del panel operador

Lo siguiente es establecer el tipo de conexión a utilizar entre el panel y el PLC, se escoge la opción *IF1 B* para utilizar el cable PROFIBUS DP como se muestra en la figura 36.



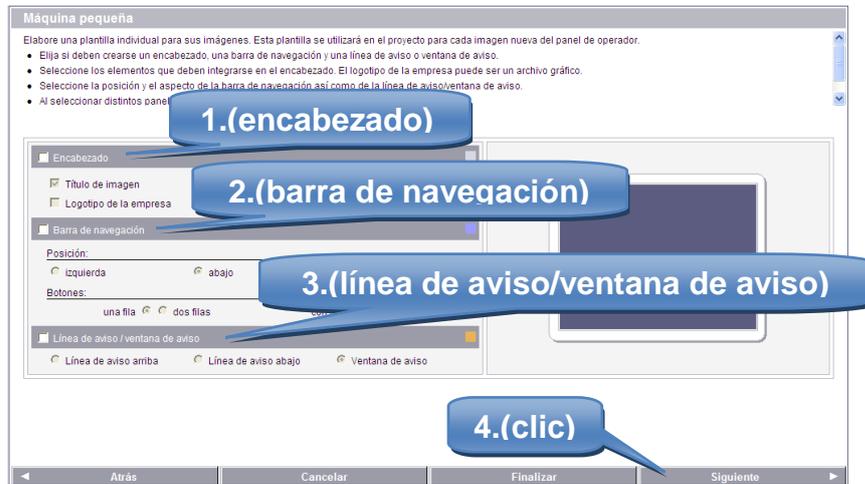
**Figura 36. Selección de conexión**

Finalmente se escoge el controlador utilizado en el proceso *SIMATIC S7 200* y se da clic en siguiente (Figura 37)



**Figura 37. Selección del controlador S7 200**

En la plantilla de imagen se desmarca *encabezado*, *barra de navegación* y *línea de aviso/ventana de aviso*, y clic en «Siguiente» (figura 38)



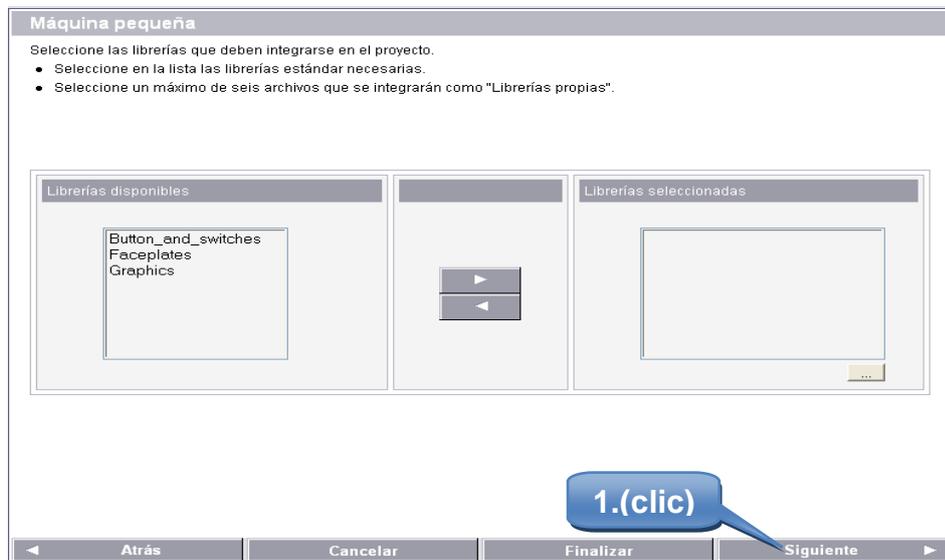
**Figura 38. Parámetros de plantilla**

Al aparecer la Figura 39 (navegación de imágenes) se da clic en «Siguiente»



**Figura 39. Navegación de imágenes**

En la ventana de la figura 40 aplicar los ajustes estándar de las librerías dando clic en «Siguiente»



**Figura 40. Librerías de WinCC**

Además, se ingresa la información del proyecto para identificarlo al momento de guardarlo, se da clic en finalizar y termina el asistente de proyectos. Figura 41.



**Figura 41. Información del proyecto**

## 3.2 El proyecto

Terminada la configuración con el asistente de proyectos aparece la ventana de la figura 42 en WinCC flexible con el nuevo proyecto creado.

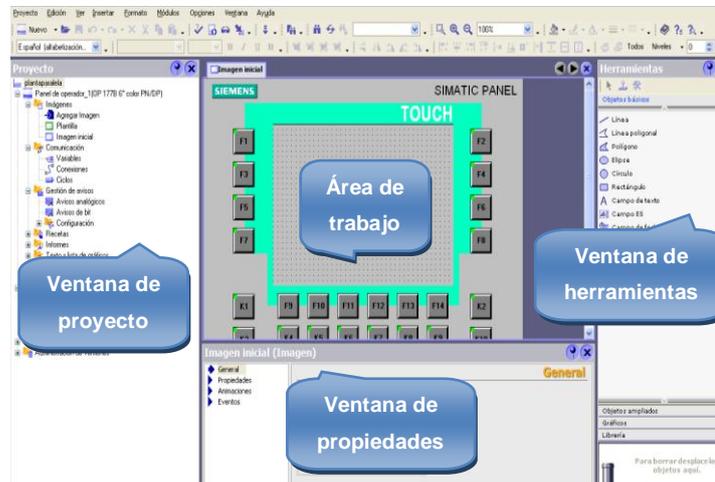


Figura 42. WinCC flexible 2008

En el **área de trabajo** se editan los objetos del proyecto. Todos los elementos de WinCC flexible se agrupan en torno al área de trabajo. A excepción del área de trabajo, todos los elementos se pueden disponer y configurar en función de las necesidades del usuario, ejemplo desplazar u ocultar.

En la **ventana de proyecto** se visualizan en una estructura de árbol todos los componentes y editores disponibles de un proyecto, pudiéndose abrir desde allí. Además, a partir de dicha ventana es posible acceder a las propiedades del proyecto, así como a la configuración del panel de operador.

En la **ventana de propiedades** se editan las propiedades de los objetos, como el color de los objetos, de imagen y otras características adicionales. La ventana de propiedades sólo está disponible en algunos editores.

La **ventana de herramientas** contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, tales como los objetos gráficos o los elementos de mando. Asimismo, la ventana de herramientas dispone de librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de bloques de imagen.

## 4 CREAR IMÁGENES

Las imágenes representan la parte principal del proyecto, a través de ellas se controla y supervisa el proceso, en este caso, en la planta piloto de nivel (Figura 43), se visualiza el nivel de los tanques TK-007 y TK-008, el estado y valor de set point, el estado de la planta etc.

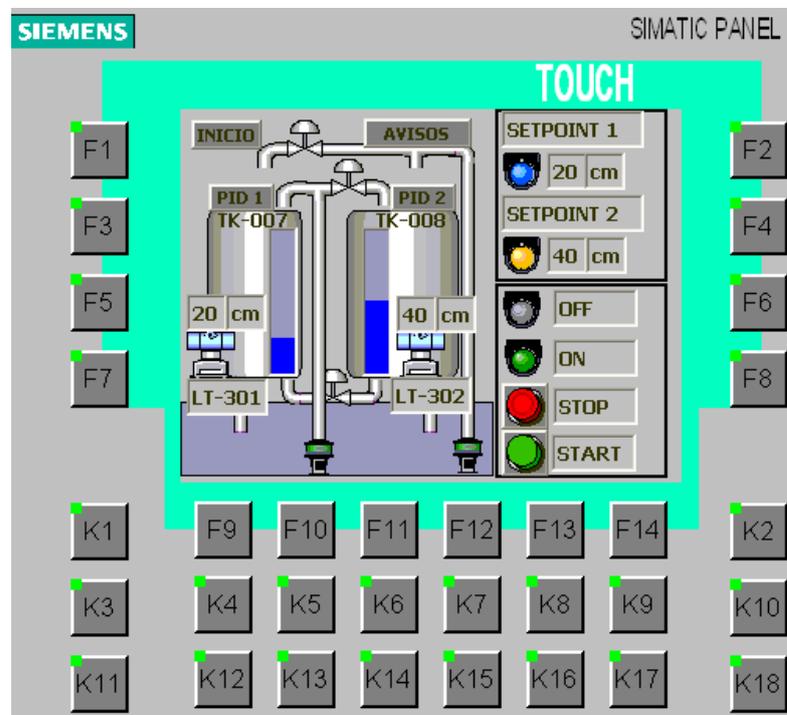


Figura 43. Ventana de proceso planta piloto de nivel

### 4.1 Crear una variable

Para crear una nueva variable en la ventana del proyecto, se da clic en comunicación, en las opciones que se despliegan se da clic derecho a variable; se selecciona la opción agregar variable como se observa en la figura 44.

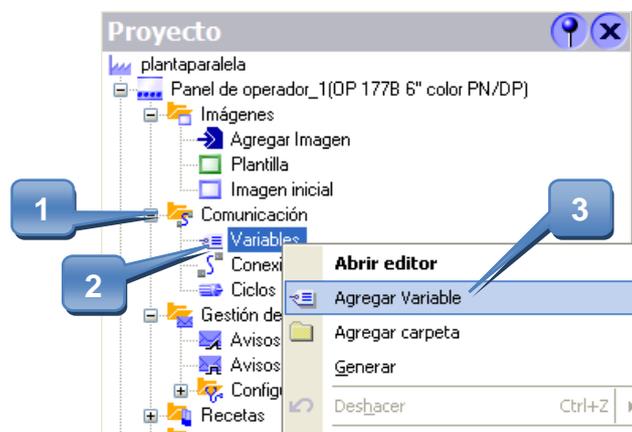


Figura 44. Creación de variable

Luego de crear la variable se le asigna el nombre, el tipo de variable, así como su dirección en el PLC; además se puede colocar un comentario para detallar cada variable. En la figura 45, se muestran los pasos para crear la variable PV\_SCADA (RELE) A0.2.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
PV_SCADA(RELE)	Bool	A 0.2	Relé Electromecánico 24 V DC/ Conmutación Manual-Automático.

**Figura 45. Configuración de la variable**

De la misma forma se crean el resto de variables según su nombre, tipo de datos, dirección y comentarios, estas variables están consignadas en la tabla 4.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
<b>PV_SCADA(RELE)</b>	Bool	A 0.2	Relé Electromecánico 24 V DC/ Conmutación Manual-Automático.
<b>PILOTO AZUL</b>	Bool	A 0.3	Piloto Azul Panel de Control Físico
<b>PILOTO AMARILLO</b>	Bool	A 0.4	Piloto Amarillo Panel de Control Físico
<b>V_PROCESO 1</b>	Int	EW 4	Sensor de Nivel 1
<b>V_PROCESO 2</b>	Int	EW 6	Sensor de Nivel 2
<b>I_SCADA</b>	Bool	M 0.0	Pulsador de Inicio del Programa de WinCC
<b>P_SCADA</b>	Bool	M 0.1	Pulsador de Parada del Programa de WinCC
<b>AUTOMATICO PID 1</b>	Bool	M 0.2	Botón de control PID1 automático
<b>AUTOMATICO PID 2</b>	Bool	M 0.3	Botón de control PID2 automático
<b>PR_SCADA</b>	Bool	V 20.7	Piloto Rojo Para Programa de WinCC
<b>MANUAL PID 1</b>	Real	VD 1000	Variable para ingresar valor entre (0.5 - 1.0) en PID1 manual
<b>MANUAL PID 2</b>	Real	VD 1500	Variable para ingresar valor entre (0.5 - 1.0) en PID2 manual

<b>SETPINT_1_ (-5%)</b>	Real	VD 245	Tolerancia de setpoint 1 por debajo en un 5%
<b>SETPINT_1_ (+5%)</b>	Real	VD 280	Tolerancia de setpoint 1 por encima en un 5%
<b>SETPINT_2_ (-5%)</b>	Real	VD 300	Tolerancia de setpoint 2 por debajo en un 5%
<b>SETPINT_2_ (+5%)</b>	Real	VD 350	Tolerancia de setpoint 2 por encima en un 5%
<b>PROPORCIONAL1</b>	Real	VD 436	Ganancia del lazo PID1
<b>INTEGRAL1</b>	Real	VD 444	Tiempo integral PID1
<b>DERIVATIVO1</b>	Real	VD 448	Tiempo derivativo PID1
<b>VP1_REAL</b>	Real	VD 50	Variable de proceso TK-007
<b>PROPORCIONAL2</b>	Real	VD 556	Ganancia del lazo PID2
<b>INTEGRAL2</b>	Real	VD 564	Tiempo integral PID2
<b>DERIVATIVO2</b>	Real	VD 568	Tiempo derivativo PID2
<b>SETPOINT_1</b>	Real	VD 60	Nivel Deseado Tanque 1
<b>SETPOINT_2</b>	Real	VD 64	Nivel Deseado Tanque 2
<b>VP2_REAL</b>	Real	VD 70	Variable de proceso TK-008
<b>LANZADOR DE BIT 1 OK</b>	Int	VW 1	Lanzador para aviso de bit 1
<b>LANZADOR DE BIT 2 OK</b>	Int	VW 10	Lanzador para aviso de bit 2
<b>SALIDA_PWM1</b>	Int	VW 110	Salida de PWM1
<b>SALIDA_PWM2</b>	Int	VW 120	Salida de PWM2
<b>CAMBIO DE IDIOMA</b>	Int		Variable interna para cambio de idioma

**Tabla 4. Variables en WinCC flexible 2008**

## 4.2 Insertar una imagen

En la ventana de herramientas se encuentran diferentes imágenes y objetos para los paneles operadores incluidos en el programa, para agregar una imagen por ejemplo el tanque TK-007, en la *ventana de herramientas*, se selecciona *carpetas de gráficos de WinCC flexible*, *simbol Factory graphics*, *symbol Factory 256 color*, *tanks*, *tank 1.wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo como se observa en la figura 46.

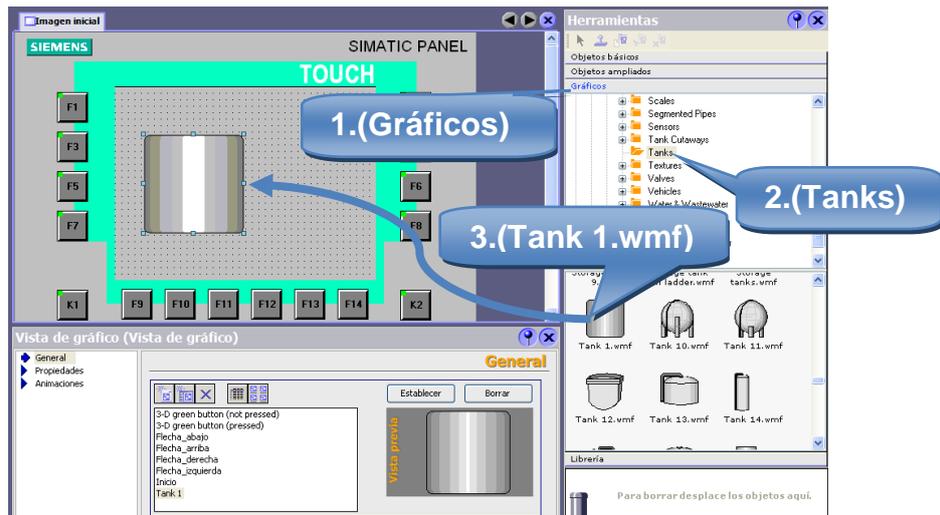


Figura 46. Insertar imagen

Luego en la ventana de propiedades, en la opción *representación* se edita la posición ( $x=22$ ,  $y=62$ ) y el tamaño (64, 113) respectivamente como se muestra en la figura 47.

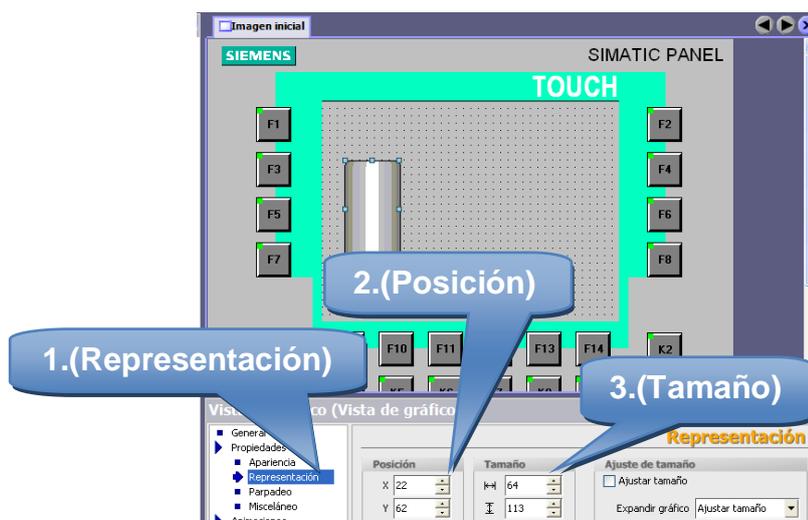
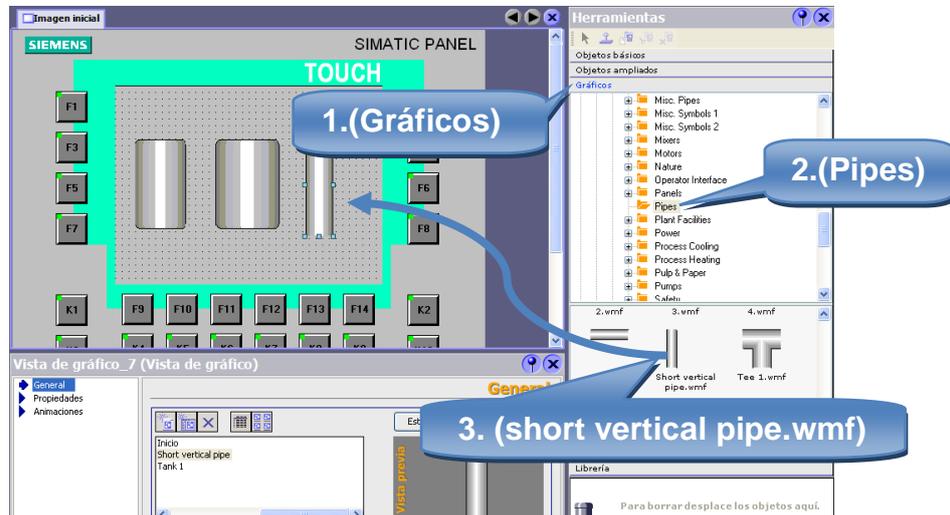


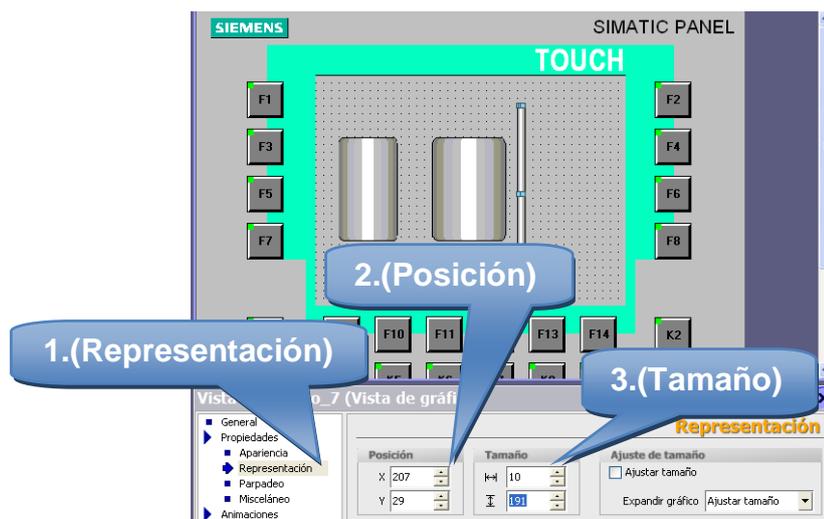
Figura 47. Tamaño y posición de la imagen

Así mismo se inserta el otro tanque pero variándole la posición ( $x=118$ ,  $y=62$ ) y el tamaño (80, 113), luego las tuberías que se encuentran en *gráficos*, *symbol Factory graphics*, *symbol Factory 256 color*, *pipes* y allí se selecciona *short vertical pipe.wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo como se observa en la figura 48.



**Figura 48. Insertar tuberías**

Una vez insertada al igual que el tanque se modifica la posición ( $x=207$ ,  $y=29$ ) y el tamaño (10, 191) de la tubería como se observa en la figura 49, el resto de la tubería se edita con el mismo procedimiento variándole los parámetros de tamaño y posición.



**Figura 49. Tamaño y posición de tubería**

Lo siguiente a insertar son las válvulas, en la ventana de herramientas se elige la carpeta de gráficos de WinCC flexible, simbol Factory graphics, simbol Factory 256 color, valves, 3D-valve.wmf y se arrastra hasta el área de trabajo como se observa en la figura 50.

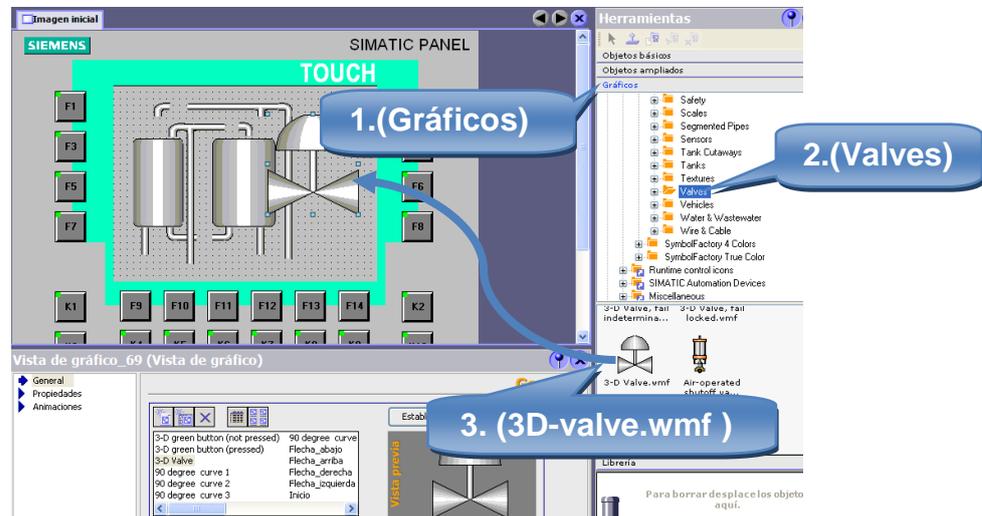


Figura 50. Insertar válvula

En este proceso solo se utilizan 3 válvulas todas del mismo tamaño (24, 25), lo que varían son las posiciones, la primera de edita con (x=67, y=6), la segunda con (x=128, y=31) y la tercera con (x=96, y=166), al final debe quedar como la figura 51.

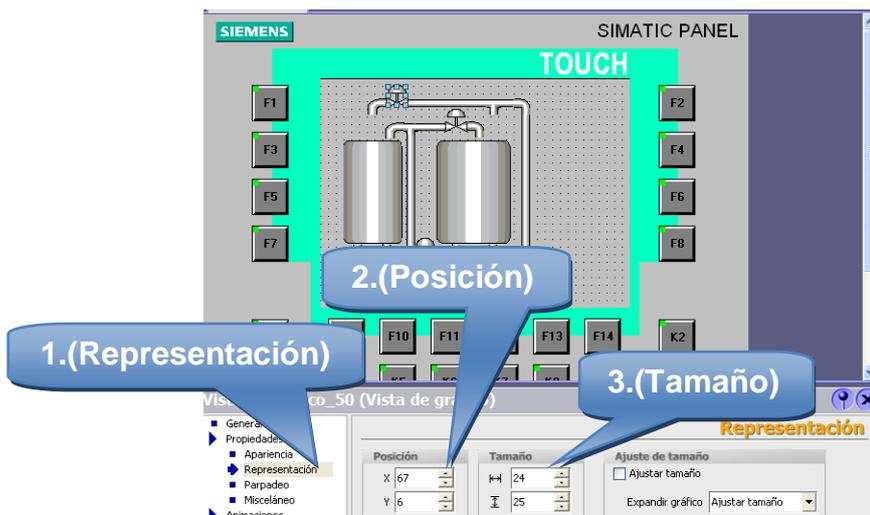


Figura 51. Posición de las válvulas

Por último se insertan los transmisores de presión, en la ventana de herramientas se selecciona *carpetas de gráficos de WinCC flexible, simbol Factory graphics, simbol Factory 256 color, sensors, pressure transmitter.wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo, de igual forma se insertan las bombas en *pumps* y se elige *vertical pump 5.wmf* figura 52.

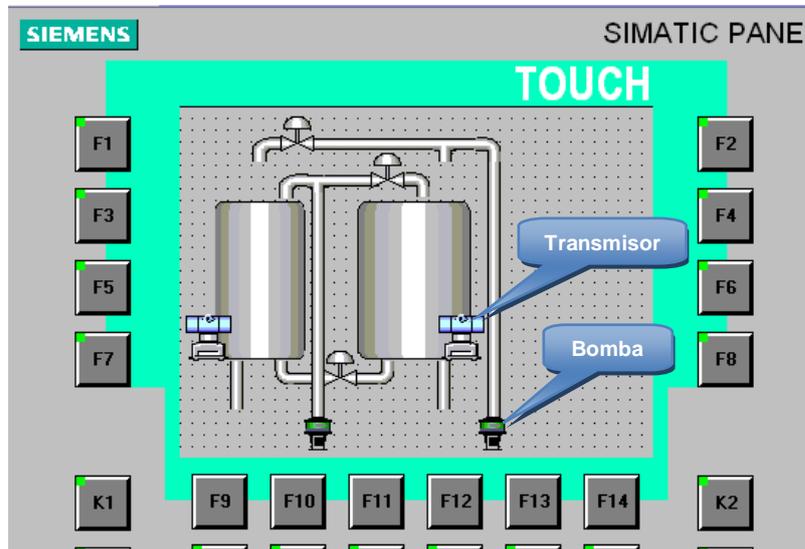


Figura 52. Transmisores de presión y bombas

Los siguiente a insertar son los tableros sobre los cuales se insertaran los botones y pilotos de setpoint, en la ventana de herramientas se selecciona objetos básicos y luego rectángulo arrastrándolo al área de trabajo, en la ventana de propiedades se elige la posición (x=255, y=0) y tamaño (88, 112), también se inserta el segundo rectángulo como se muestra en la figura 53.

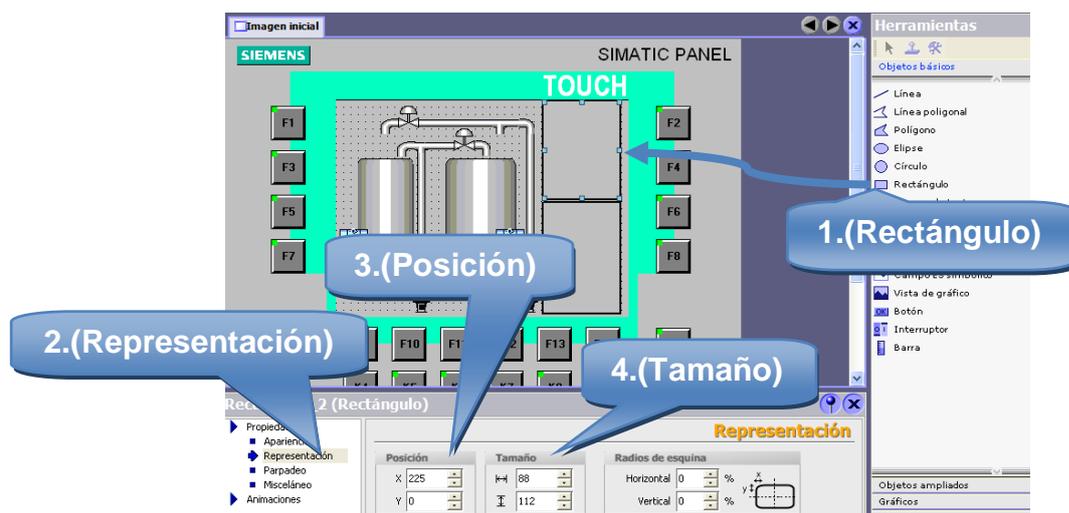
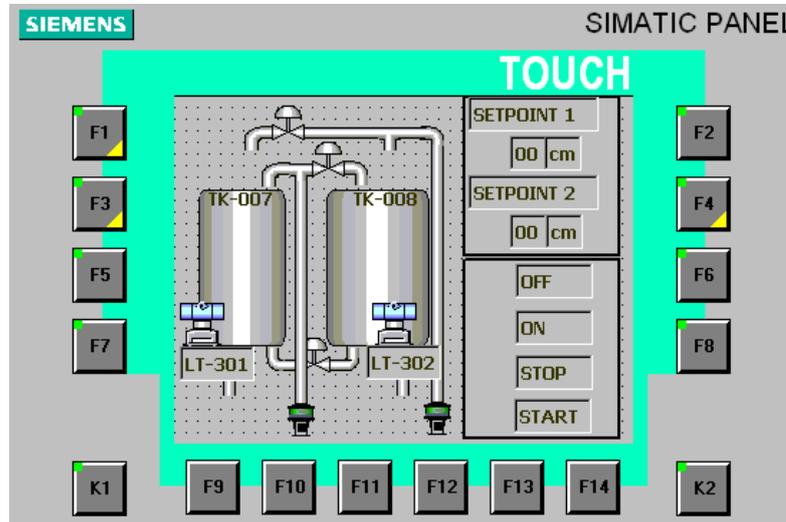


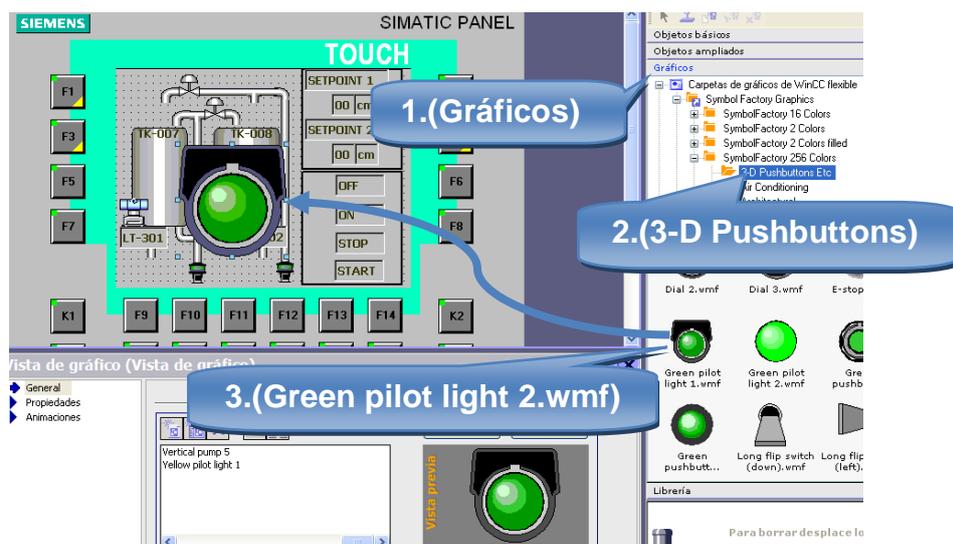
Figura 53. Insertar objetos básicos

Los campos de texto se insertan de la misma forma que el rectángulo y en la ventana de propiedades, en la opción *general* se escribe el texto, en *apariencia* el color de fondo, en *representación* se ajusta el tamaño y se selecciona ajustar automáticamente para que no ocupe más espacio que el necesario, por ultimo en la opción *texto* se modifica el estilo de fuente y alineación. Una vez insertados todos los textos se visualiza la figura 54.



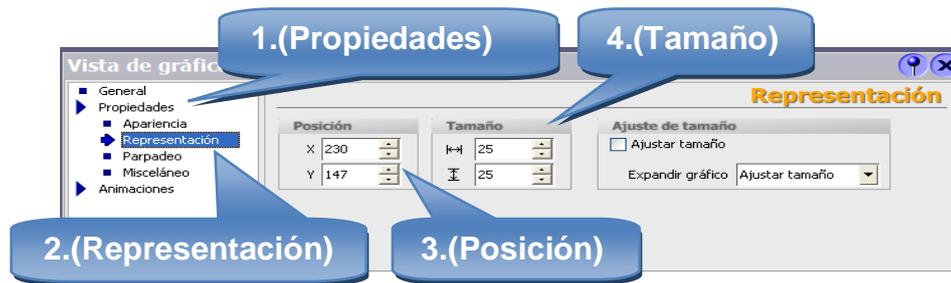
**Figura 54. Insertar textos**

Las luces pilotos indican un estado ON/OFF, en este caso se utilizan para indicar que la planta está encendida o apagada, si el proceso ha llegado o no al setpoint y también si los PID están en automático o manual. Para insertar una luz piloto, en la ventana de herramientas se selecciona *carpetas de gráficos de WinCC flexible*, *symbol Factory graphics*, *symbol Factory 256 color*, *3-D Pushbuttons*, *Green pilot light 2.wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo, como se muestra en la figura 55.



**Figura 55. Insertar luz piloto**

Ahora en la ventana de propiedades, en *representación* se ajustan los parámetros de posición y tamaño como se observa en la figura 56.



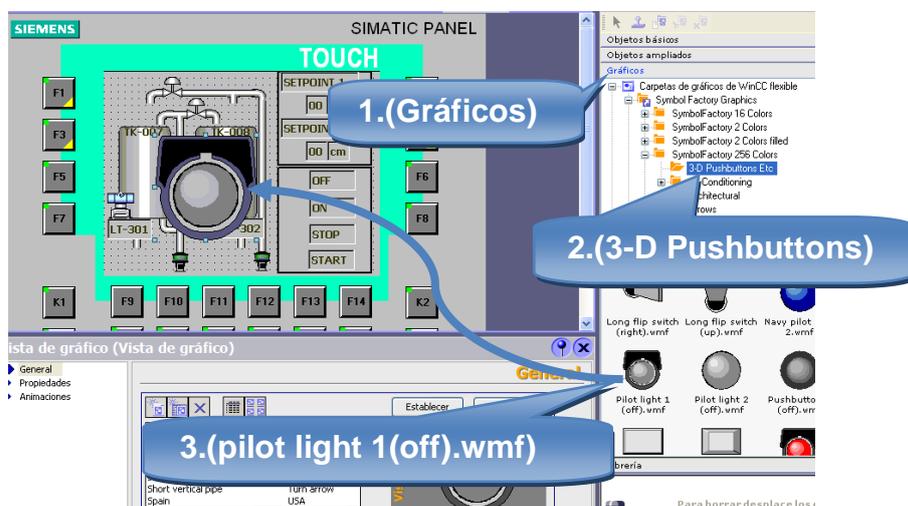
**Figura 56. Ventana de propiedades representación luz ON**

Para visualizar el efecto de encendido, en animaciones se elige visibilidad y luego se activa, se le asigna la variable para este caso el piloto de encendido de la planta PV\_SCADA (RELE), además se ajusta la visibilidad y el tipo de variable como se muestra en la figura 57.



**Figura 57. Ventana de propiedades visibilidad luz ON**

Lo siguiente es insertar la luz que simboliza el estado de apagado de la luz piloto, en la ventana de herramientas se selecciona *carpetas de gráficos de WinCC flexible, simbol Factory graphics, symbol Factory 256 color, 3-D Pushbuttons, pilot light 1(off).wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo, como se muestra en la figura 58.



**Figura 58. Insertar luz piloto OFF**

Al igual que la luz que representa el encendido del piloto, se modifica la posición y el tamaño de forma idéntica tal que se sobreponga la luz verde como se muestra en la figura 59.



Figura 59. Ventana de propiedades “Representación OFF”

Además para visualizar el efecto off se modifica la *visibilidad* asignando la misma variable PV\_SCADA (RELE), pero en este caso oculto como se muestra en la figura 60.



Figura 60. Ventana de propiedades “visibilidad OFF”

Las luces (ON/OFF) para el piloto rojo (PR\_SCADA), piloto amarillo y piloto azul se insertan siguiendo el procedimiento descrito para el piloto verde, claro está variando su posición y asignándoles sus respectivas variables, las posiciones deben quedar como se muestra en la figura 61.

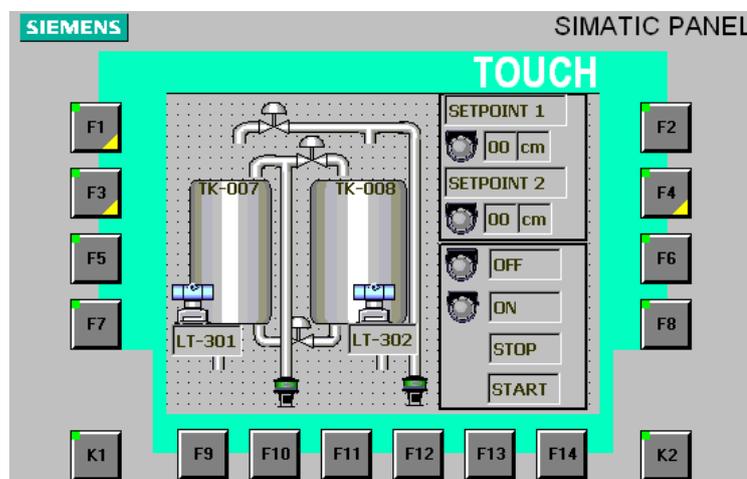


Figura 61. Luces pilotos

Ahora se insertan las flechas que indicaran si hay o no flujo en las tuberías, en la ventana de herramientas se selecciona *carpetas de gráficos de WinCC flexible, symbol Factory graphics, symbol Factory 256 color, Arrows, Straight arrow 3.wmf* y se arrastra hasta el área de trabajo, como se muestra en la figura 62.

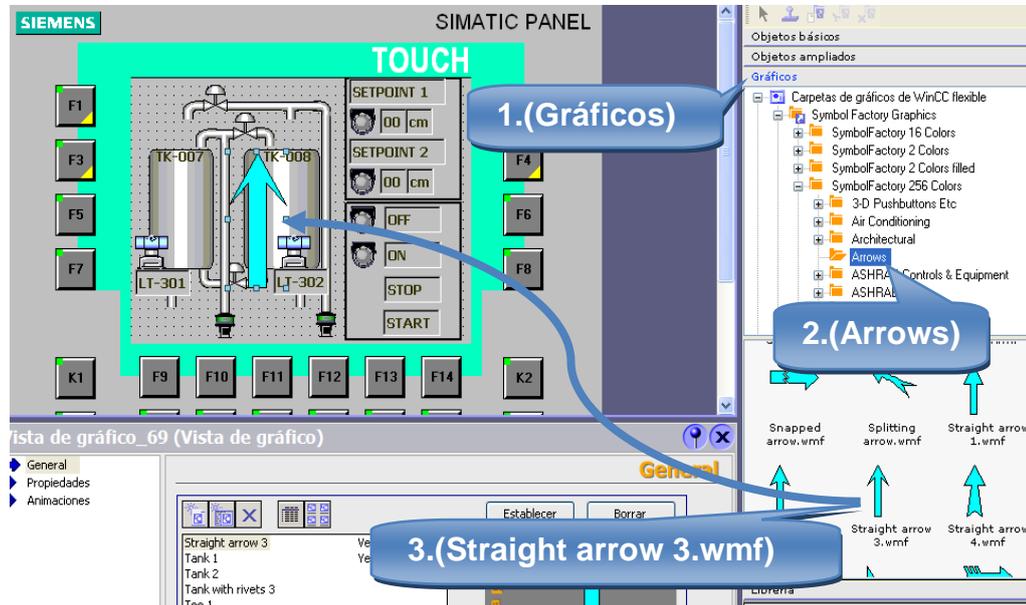


Figura 62. Insertar flechas

Una vez insertada, en la ventana de propiedades, en la opción *Representación* se modifica la posición y el tamaño (figura 63).

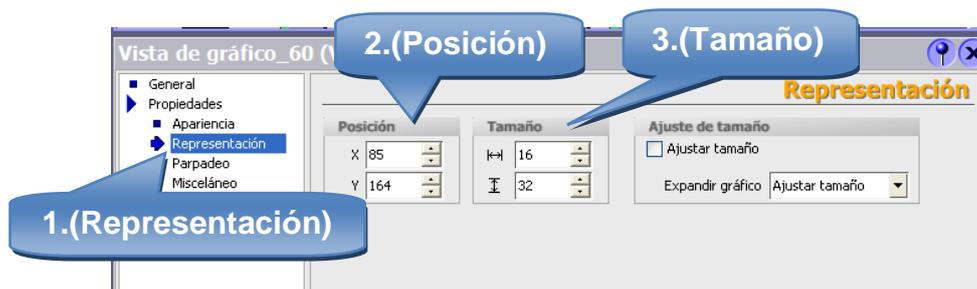


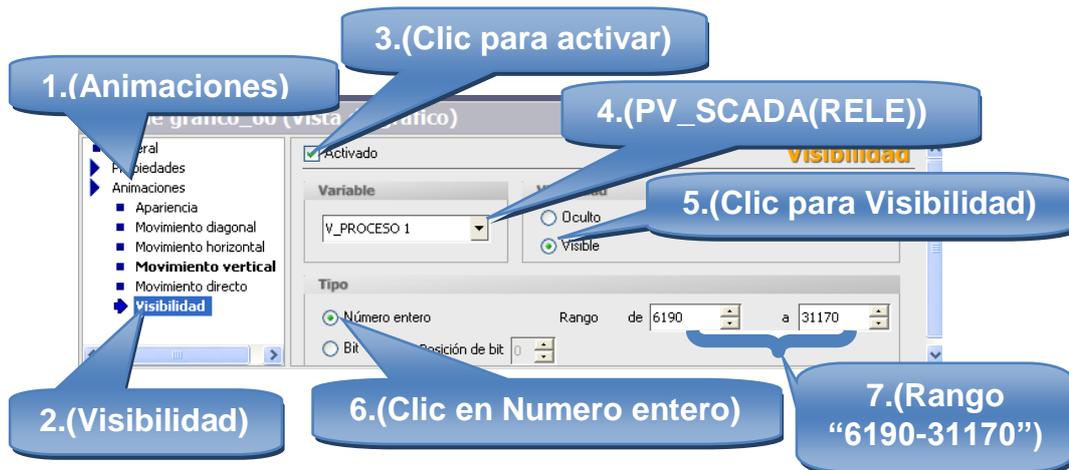
Figura 63. Representación de flechas

Además para crear el efecto de flujo en las tuberías, en la opción *movimiento vertical* se da clic en *activado*, se escoge la variable del proceso del tanque *V\_PROCESO 1*, con un rango de 6190 a 31170, también se le asigna la posición inicial y final (figura 64)



**Figura 64. Movimiento vertical de las flechas**

En la opción *visibilidad*, la flecha se configura para que sea visible solo cuando el proceso este activo y dentro del rango calibrado para el transmisor diferencial de presión (6190 - 31170), como se observa en figura 65.



**Figura 65. Visibilidad de la flecha.**

Las flechas restantes se crean igual que esta, solo que en la tubería del segundo tanque se modifica la variable por V\_PROCESO 2 y el rango va de 6242 a 31170, como se muestra en la figura 66.

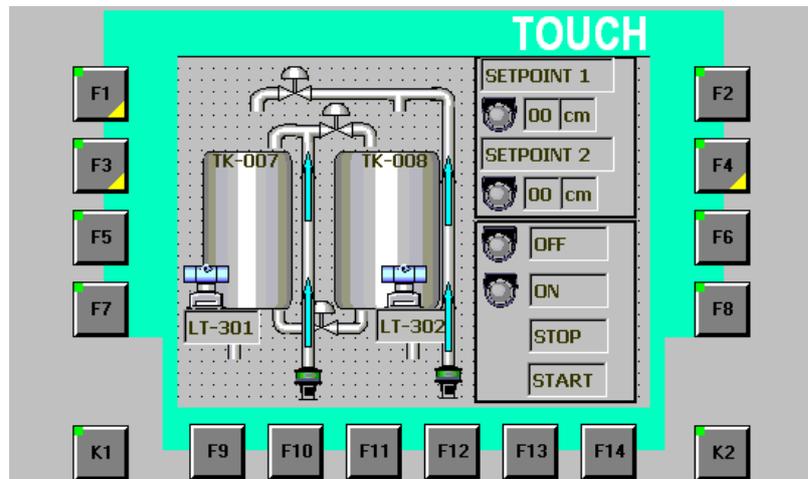


Figura 66. Flechas de flujo

### 4.3 Insertar campos de E/S en la imagen

Los campos de entrada/salida permiten la visualización de diferentes variables, en este caso por ejemplo se visualiza el valor del nivel de llenado de los tanques, las variables de setpoint, la ganancia de los lazos, los tiempos integral y derivativo de cada uno de los PID, entre otros. En la figura 67 se ilustra como insertar el campo de entrada del setpoint 1.

Sit...	Nombre	Información	Con
	PROPORCIONAL1	VD 436	
	PROPORCIONAL2	VD 556	
	PV_SCADA(RELE)	A 0,2	F
	SALIDA_PWM1	VW 110	
	SALIDA_PWM2	VW 120	
	SETPINT_1_(+5%)	VD 280	1
	SETPINT_1_(-5%)	VD 245	1
	SETPINT_2_(+5%)	VD 350	1
	SETPINT_2_(-5%)	VD 300	1
	SETPOINT_1	VD 60	
	SETPOINT_2	VD 64	F
	V_PROCESO 1	EW 4	

Figura 67. Insertar campo de entrada Setpoint 1

Luego en la ventana de propiedades, en la opción general se configuran los parámetros del campo tales como formato, si es de entrada o salida, y la variable asociada al proceso *SETPOINT\_1* (figura 68)



Figura 68. Parámetros de campo E/S de setpoint 1

En la ventana de *representación* en la opción *ajuste de tamaño* se da clic en *ajustar automáticamente*, para que el campo de E/S no ocupe más espacio del que requiere (figura 61)



Figura 69. Ajuste del tamaño campo E/S setpoint 1

Para insertar el campo de entrada de la variable de setpoint 2 el procedimiento es el mismo, solo que se cambia la variable y su posición, también aplica para insertar campos de salida para la lectura del nivel de los tanques en las cuales se usan *VP1\_REAL* y *VP2\_REAL* como variables de proceso. Figura 70.

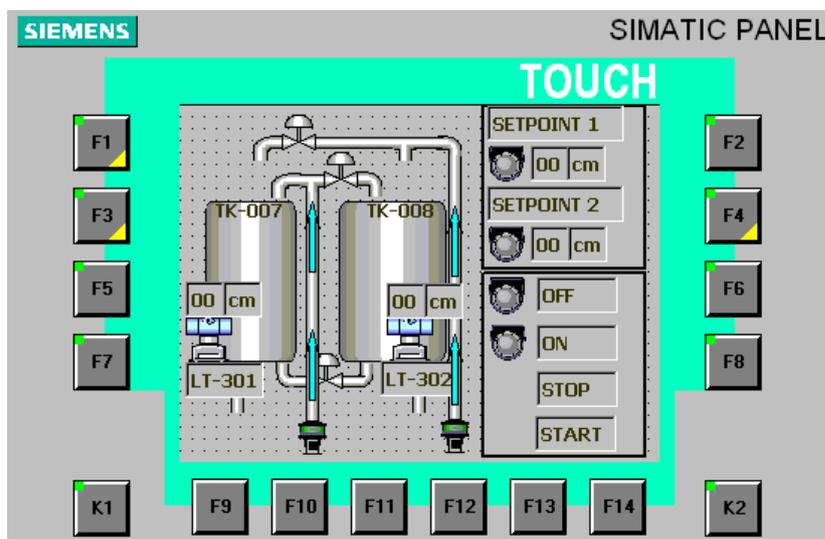


Figura 70. Campos de entrada y salida

## 4.4 Visualización del nivel del tanque

Para la visualización gráfica del nivel de los tanques es necesario insertar una barra desde la ventana de herramientas como se indica en la figura 71.

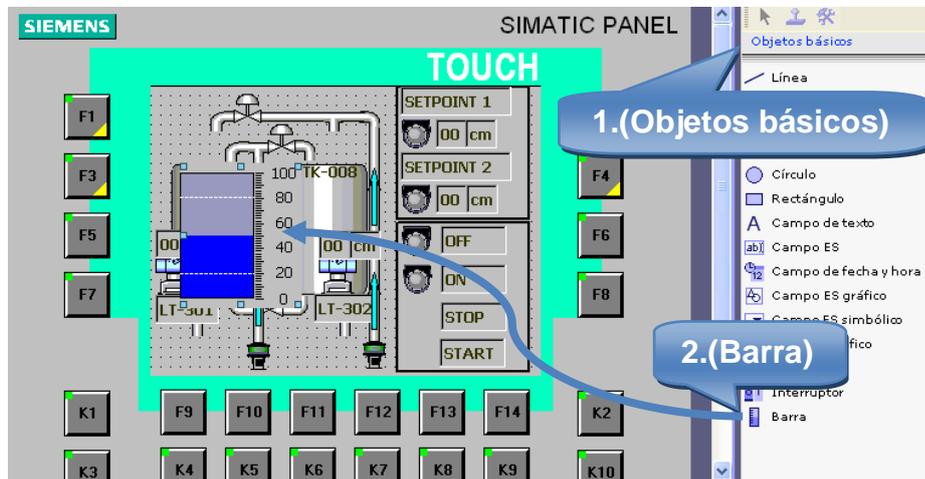


Figura 71. Insertar barra

Luego de esto, se asigna la variable y parámetros sobre los cuales está trabajando el proceso, en la figura 72 se observa como configurar la barra del nivel.

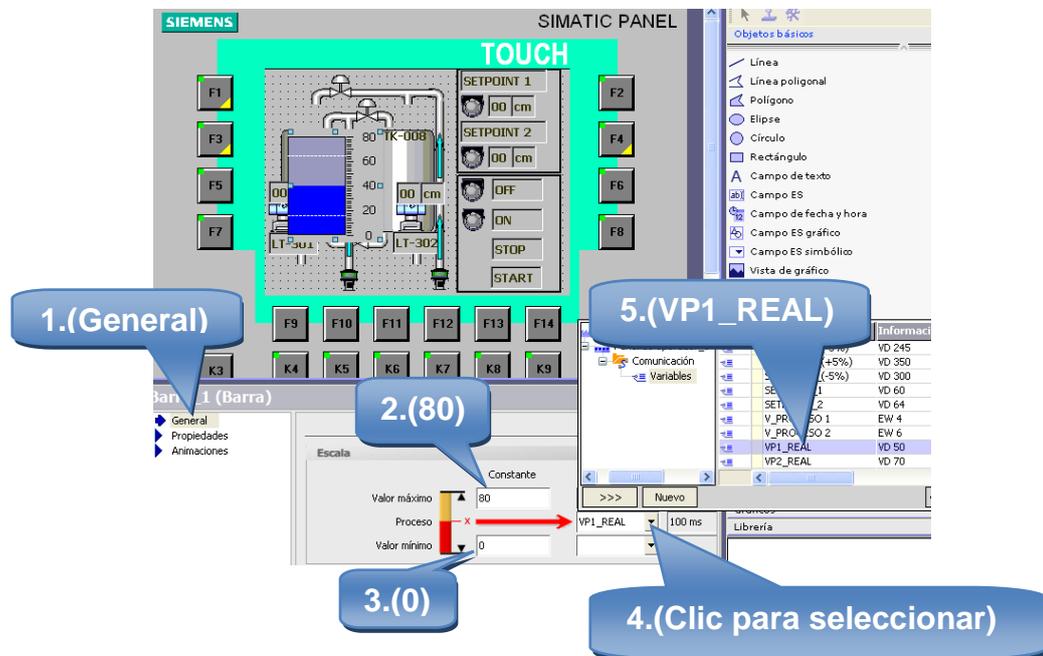
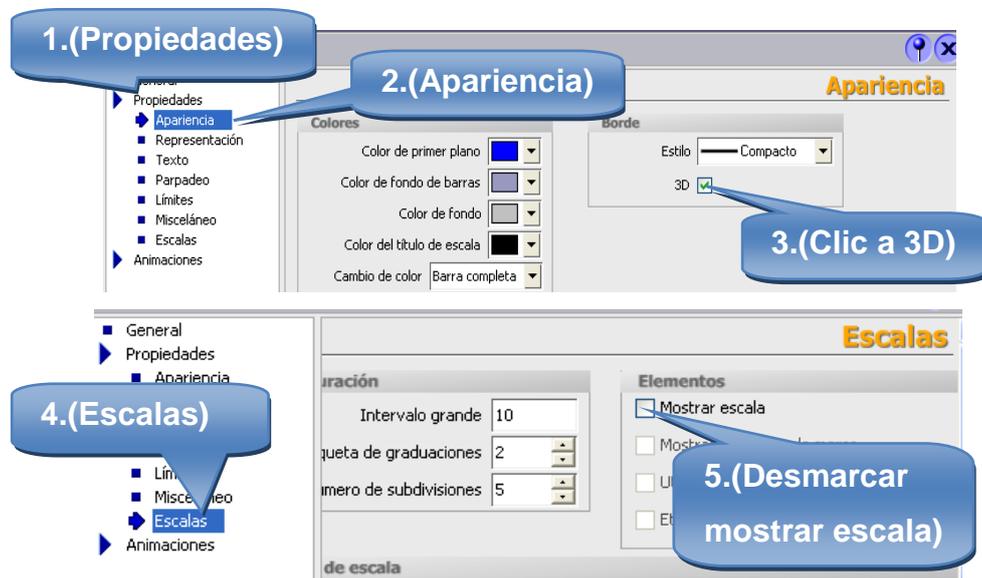


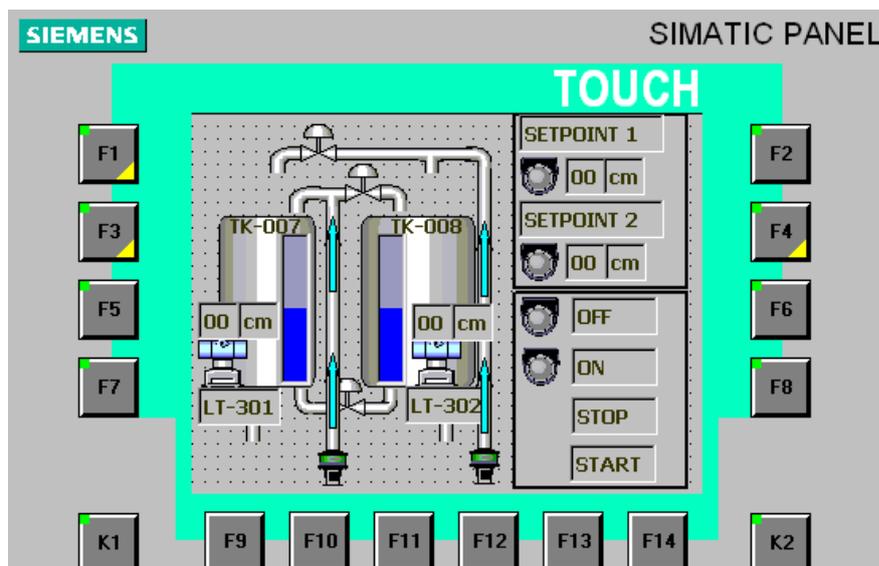
Figura 72. Configuración de la escala y variable VP1\_REAL

También se ajusta la apariencia de la barra del tanque y en la opción *borde en estilo* se elige compacto y se da clic en 3D, además se desmarca la escala para hacer más ligera la barra (figura 73)



**Figura 73. Apariencia de la barra del tanque**

El mismo procedimiento se aplica para el segundo tanque cambiando la variable por VP2\_REAL y por último se ingresa una tercera barra para el depósito figura 74.



**Figura 74. Barras de nivel**

## 4.5 Insertar botones

Los botones son elementos muy importantes dentro del proceso ya que a través de ellos se manipulan las variables que en el intervienen y en casos de emergencia son muy necesarios, a continuación se describe como insertar un botón, así como la asignación de variables a este.

Primero se selecciona en la ventana herramientas la opción *botón* y se arrastra al panel como se muestra en la figura 75.

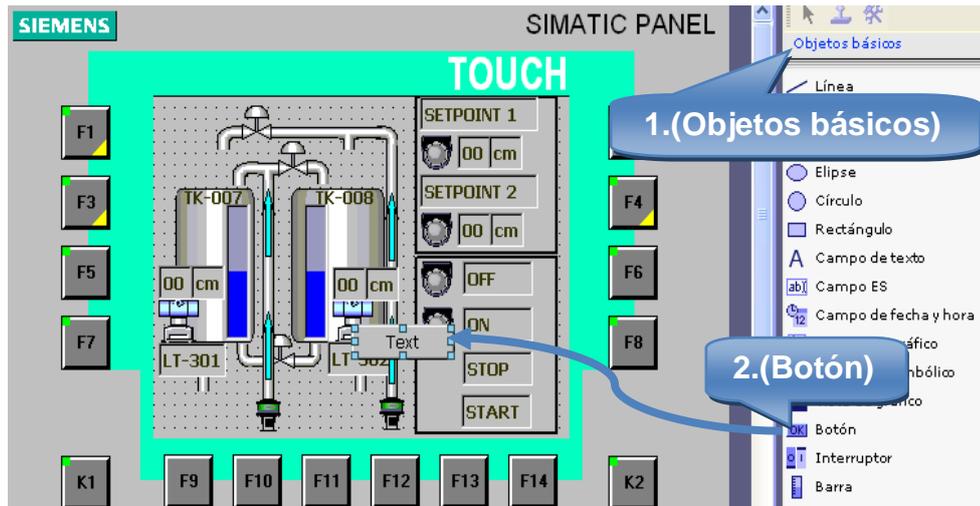


Figura 75. Insertar botón start

Luego en modo de botón la opción *gráfico*, y en gráficos se elige el botón a utilizar, para este caso se selecciona *3-D Green botton (not pressed)* como se muestra en la figura 76.

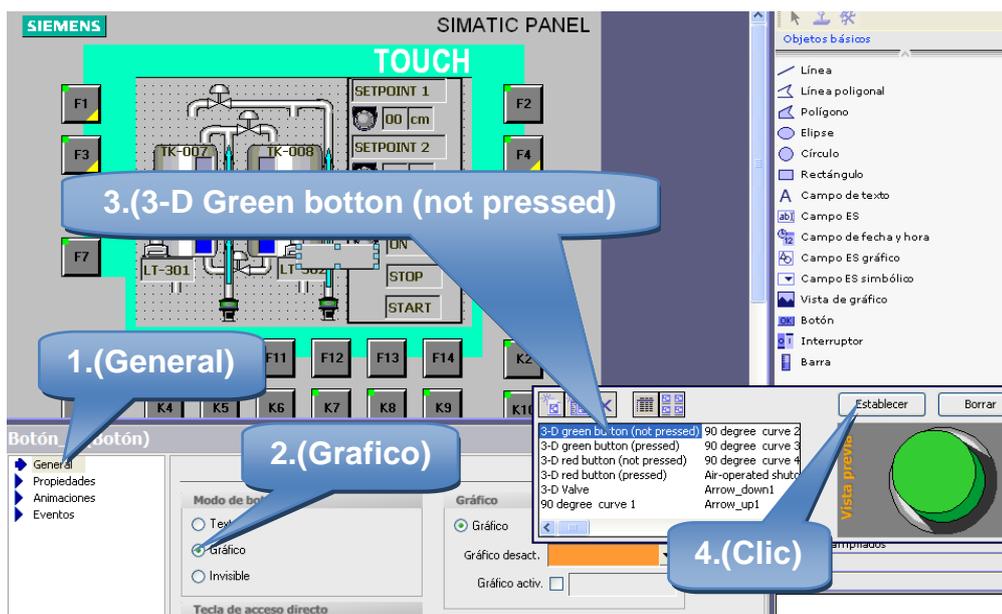
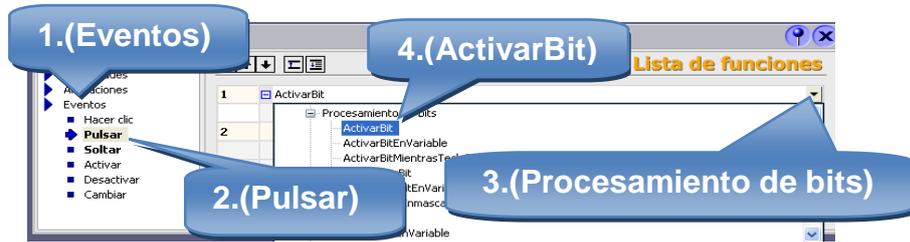


Figura 76. Apariencia del botón Figura

Finalmente en el menú de *eventos* se selecciona *pulsar*, y en la lista de funciones se da clic en *Procesamiento de bits*, seguido se escoge la opción “*ActivarBit*” como se indica en la figura 77.



**Figura 77 . Lista de funciones activar bit**

Para asignar la variable asociada al botón creado se da clic en *Variable (entrada/salida)*, y se escoge *I\_SCADA* (figura 78)



**Figura 78. Asignar función ActivarBit**

Al evento de *pulsar* también se le asigna la función “*DesactivarBit*” y se elige la variable *P\_SCADA* como se observa en la figura 79.



**Figura 79. Asignar función DesactivarBit**

En la opción *Eventos* se da clic en *soltar*, luego en la lista de funciones se elige la función “*DesactivarBit*” y se le asigna la variable *I\_SCADA*, como se muestra en la figura 80.



**Figura 80. Asignar función y variable**

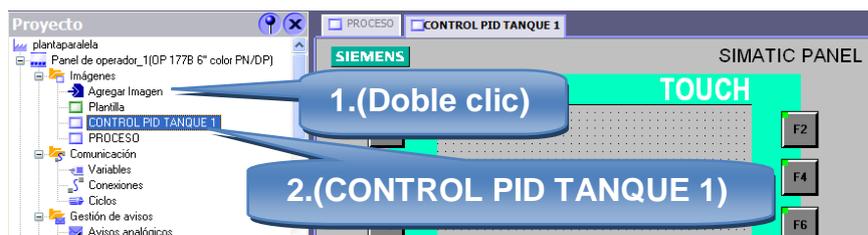
El mismo procedimiento se utiliza para crear el botón de *Stop*, cambiando el gráfico por *red botton*, al pulsar se activa el bit de la variable P\_SCADA y desactiva el de I\_SCADA, y al soltar se desactiva el bit de la variable P\_SCADA.

El siguiente paso es renombrar la imagen y asignarle el nombre de “PROCESO” (figura 81)



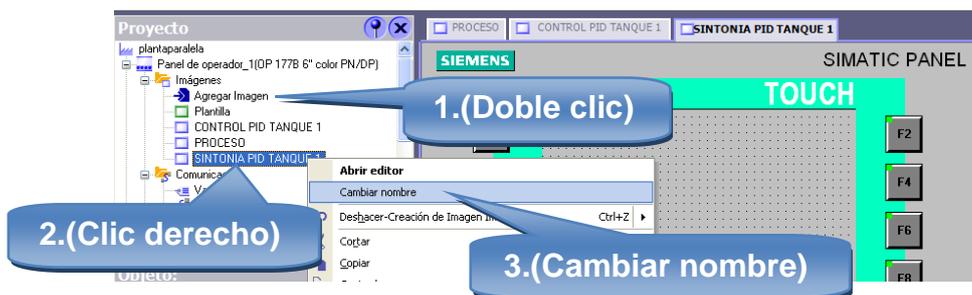
**Figura 81. Renombrar imagen de proceso**

También se crea otra imagen para el control del PID 1, la cual se describe más adelante (figura 82)



**Figura 82. Insertar imagen CONTROL PID TANQUE 1**

Para el sintonizador del PID 1 se crea una imagen siguiendo los mismos pasos descritos para la imagen de la figura 74. (Figura 83)



**Figura 83. Insertar imagen SINTONIA PID TANQUE 1**

La imagen de SINTONÍA DEL PID 1 se edita aplicando los procedimientos explicados anteriormente para la inserción de campos E/S (Sección 4.3), inserción de textos, de pilotos y botones (Sección 4.5), en la figura 84 se muestran las variables asignadas a cada elemento de la imagen.

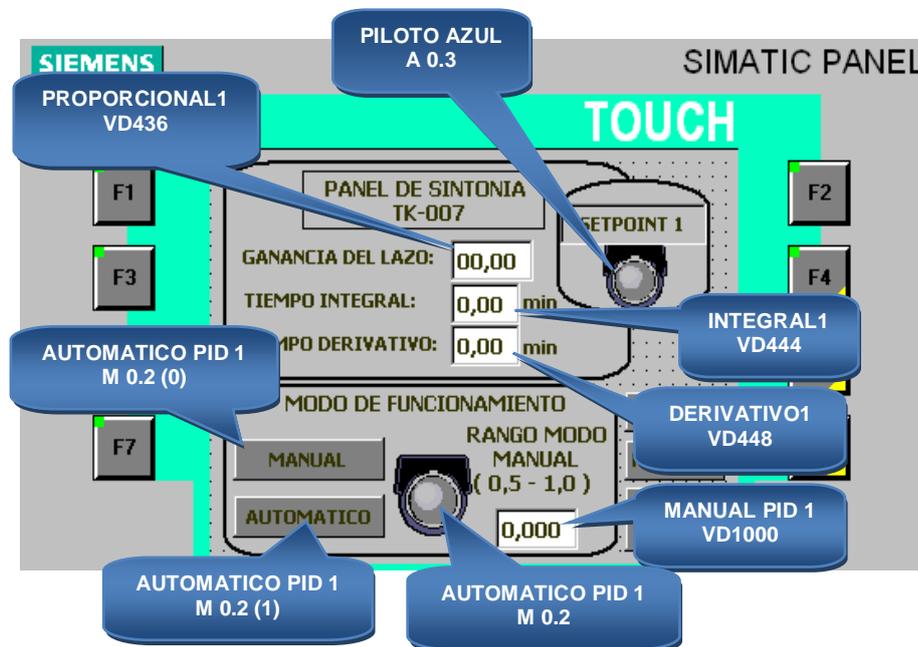


Figura 84. SINTONIA PID 1

Así mismo se crea la imagen SINTONIA PID 2 con sus respectivas variables como se muestra en la figura 85.

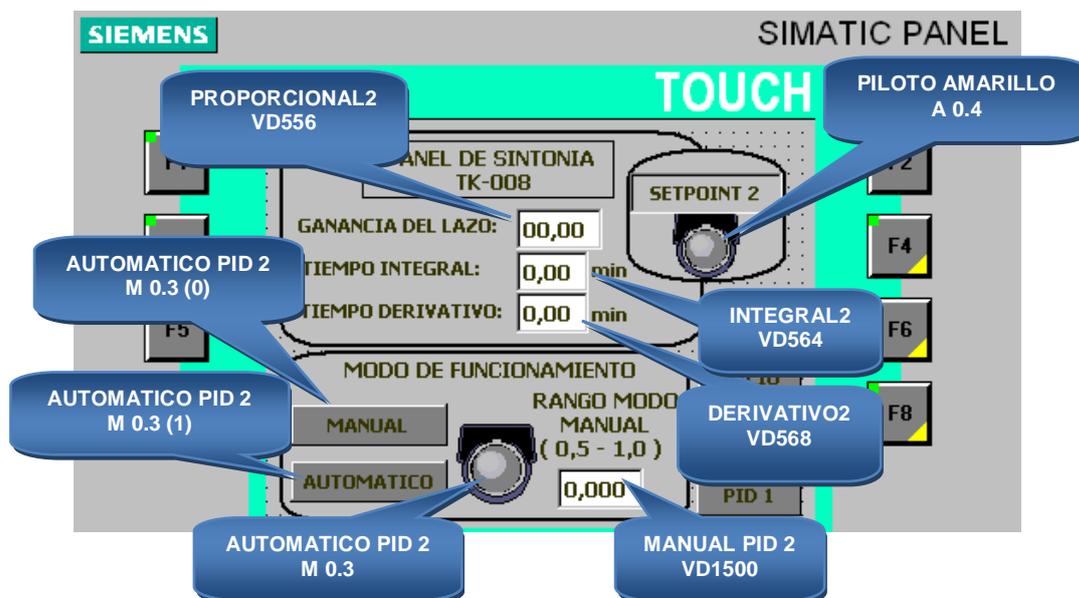


Figura 85. SINTONIA PID 2

## 4.6 Crear Visualización de curvas

Las curvas son esenciales a la hora de analizar un proceso, en este caso permite visualizar cómo se comporta el PID ante diferentes valores de setpoint, se visualiza además como se comporta el nivel del tanque y la salida del PWM.

En la imagen de “CONTROL PID TANQUE 1” se inserta una visualización de curvas para analizar el PID, primero en la ventana de herramientas se selecciona objetos ampliados y de allí se arrastra hacia el área de trabajo como se indica en la figura 86.

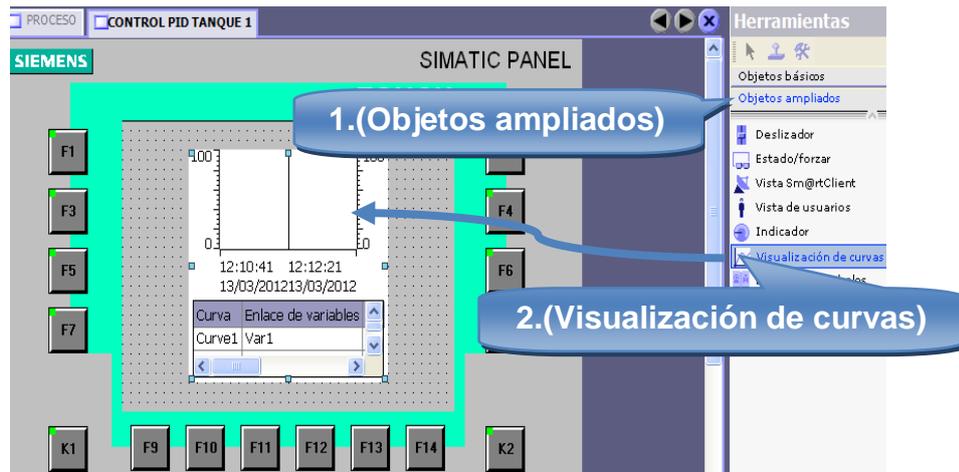


Figura 86. Insertar visualización de curvas

Una vez insertada la vista de curva se ajustan los parámetros de posición y tamaño como se muestra en la figura 87.

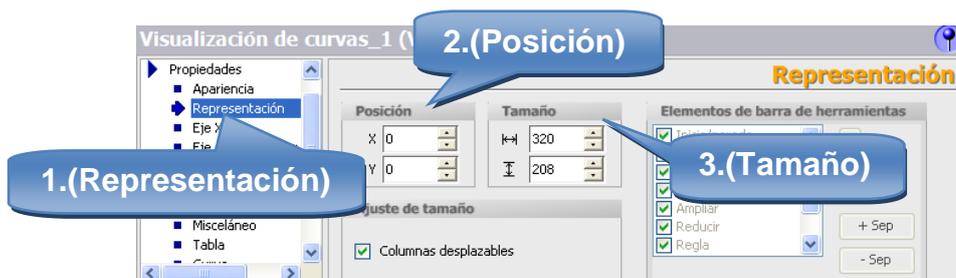
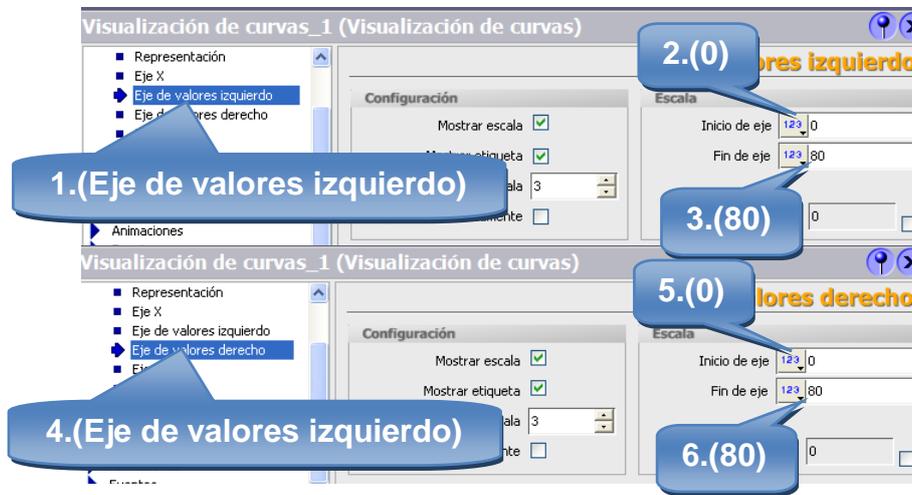


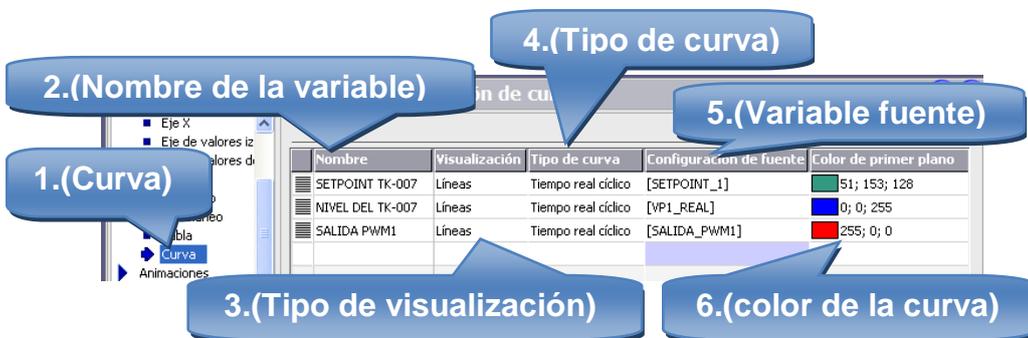
Figura 87. Visualización de curvas representación

Luego en eje de valores izquierdo se ajusta el inicio y final del eje en este caso va de 0 a 80, porque ese es el nivel mínimo y máximo del tanque que se está implementando, del mismo modo se modifica el eje de valores derecho tal como se muestra en la figura 88.



**Figura 88. Ajuste de ejes izquierdo y derecho**

Finalmente en curva, se elige el nombre a visualizar, el tipo de visualización, tipo de curva, configuración de la fuente (Variable de la curva) y el color de la curva a visualizar como se muestra en la figura 89.



**Figura 89. Propiedades de la curva**

Este mismo procedimiento aplica para la visualización de curva del CONTROL PID DEL TANQUE 2, claro está cambiando las variables de la curva por SETPOINT\_2, VP2\_REAL, SALIDA\_PWM2.

## 5 CONFIGURAR LOS AVISOS

Los avisos indican el estado de las variables en el proceso, de este modo se supervisa para corregir posibles errores que se presenten.

Existen dos tipos de avisos; los avisos de bit que indican un cambio de estado disparado por el PLC, por ejemplo si la bomba está encendida o apagada y los avisos analógicos los cuales indican un rebase de límites que en este caso sería el valor del nivel debajo del setpoint y el valor del nivel encima del setpoint.

### 5.1 Avisos de bit

Para crear los avisos de bit primero en la ventana del proyecto, gestión de avisos se da doble clic en avisos de bit; seguido se configuran parámetros como el texto, clase, variable asociada y numero de bit para el aviso, por ejemplo en la figura 90 se describen los pasos para crear el aviso que informe si los tanques están en el nivel deseado.

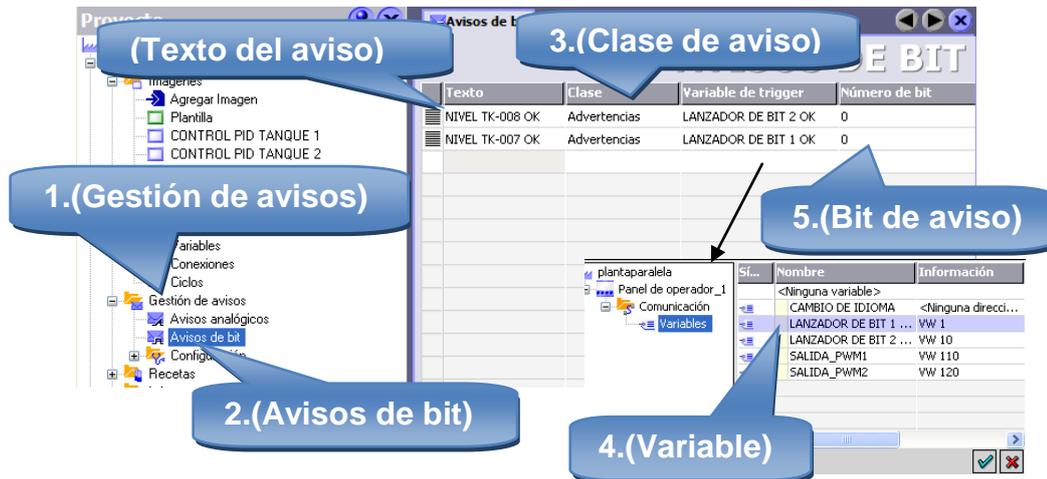
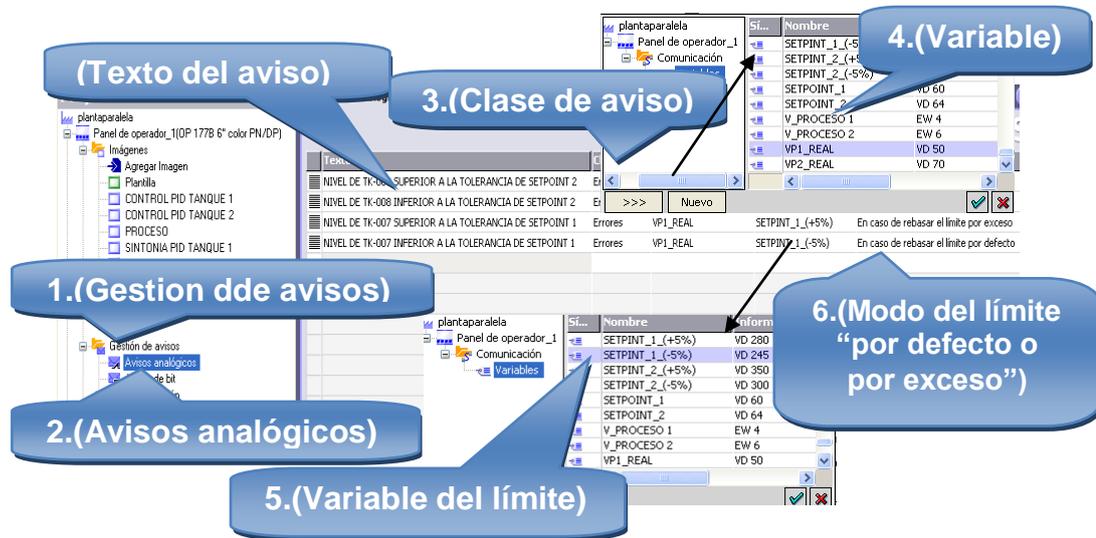


Figura 90. Crear aviso de bit

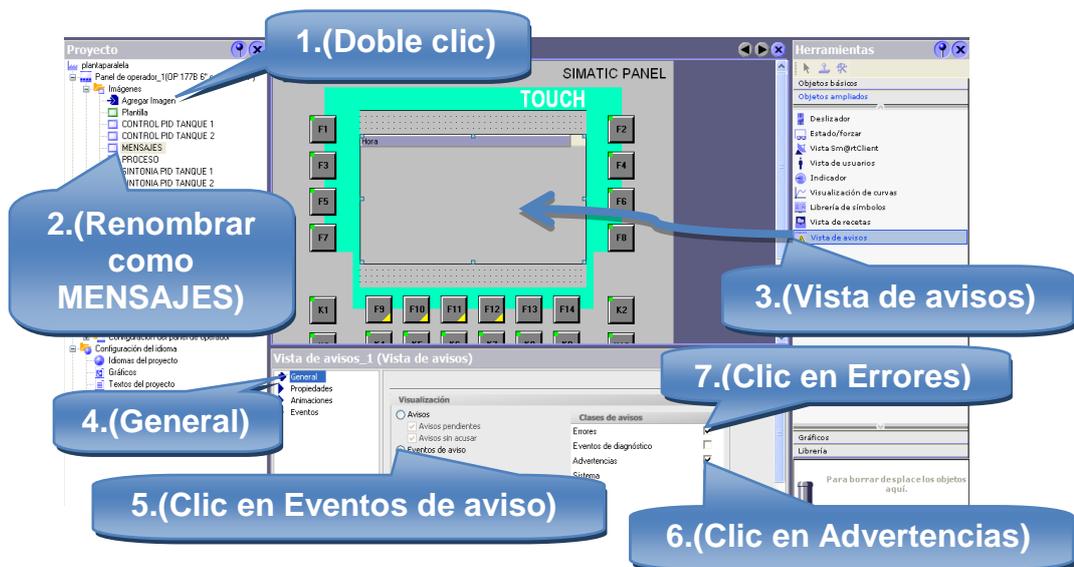
## 5.2 Avisos analógicos

Para crear esta clase de avisos nuevamente en la ventana de proyecto, gestión de avisos, avisos analógicos y se le da doble clic; hecho esto se configuran los parámetros tales como el texto, clase, variable asociada y límites de rebose para el aviso, por ejemplo en la figura 91 se describen los pasos para crear el aviso que informe el estado del nivel de los tanques, si están por encima de la tolerancia de 5% 0 por debajo de 5% del nivel de setpoint.



**Figura 91 . Crear aviso analógico**

Finalmente creados todos los avisos, para su visualización hay que crear una vista de avisos, primero se crea una nueva imagen, a esta se le asigna un nombre por ejemplo mensajes como se observa en la figura 92, seguido en la ventana de herramientas en vista de avisos, en el menú de objetos ampliados se arrastra al panel, por último se configura la visualización en la que se escoge eventos de avisos y se seleccionan los errores y advertencias.



**Figura 92.vista de avisos**

## 6 CONFIGURAR ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS

La administración de usuarios se utiliza para regular el acceso a la planta de usuarios y grupos de usuarios, y poder discriminar entre un supervisor, un operario y un administrador del panel, ya que todos no deben acceder a funciones que no le correspondan.

### 6.1 Crear un grupo

Para crear un grupo de usuarios en la ventana de proyectos se selecciona administración de usuarios runtime, luego en agregar grupo como se muestra en la figura 93.

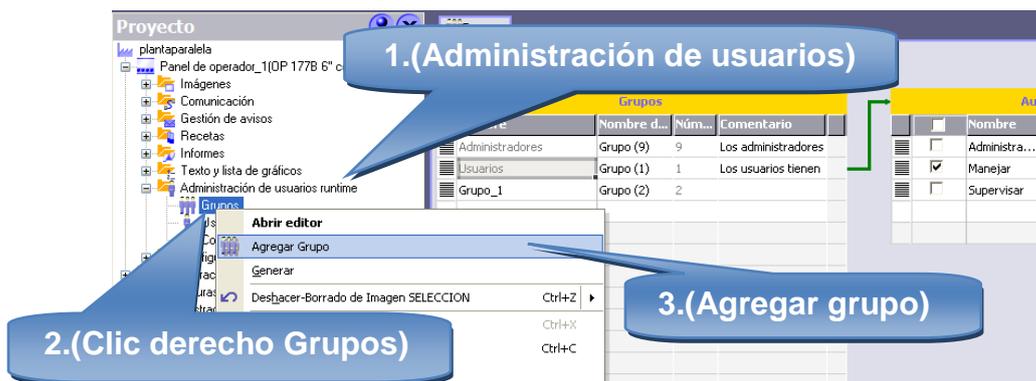


Figura 93. Crear grupo

Ahora se modifica el nombre del grupo, comentarios y autorizaciones como se muestra en la figura 94.

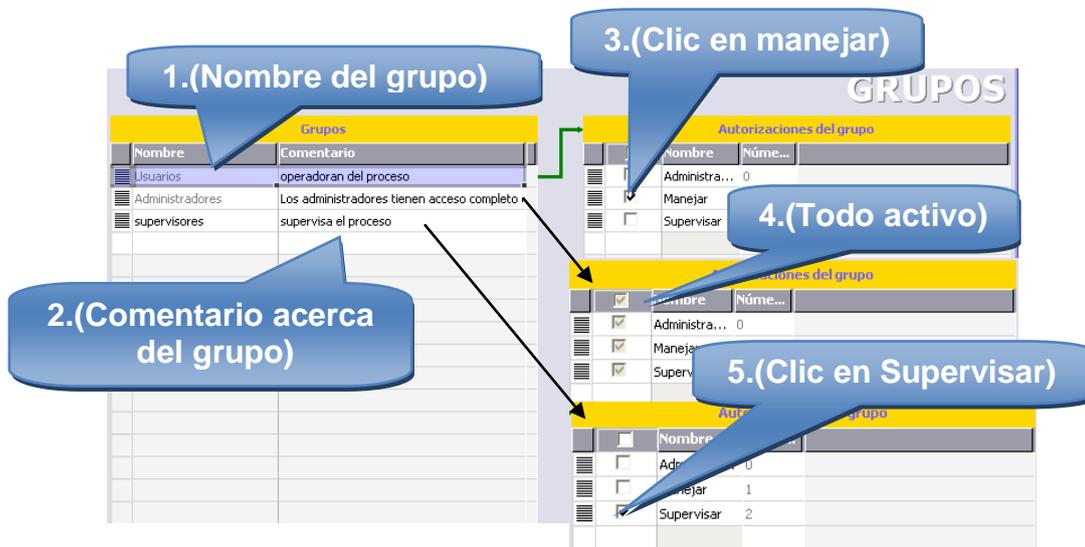


Figura 94. Modificando parámetros de grupo

## 6.2 Crear un usuario

Para el proceso se crean 3 usuarios uno que administre (Admin) otro que supervise (Supervisor) y por ultimo un operador , primero en la ventana del proyecto en administración de usuarios runtime se elige usuarios y agregar usuario como se muestra en la figura 95.

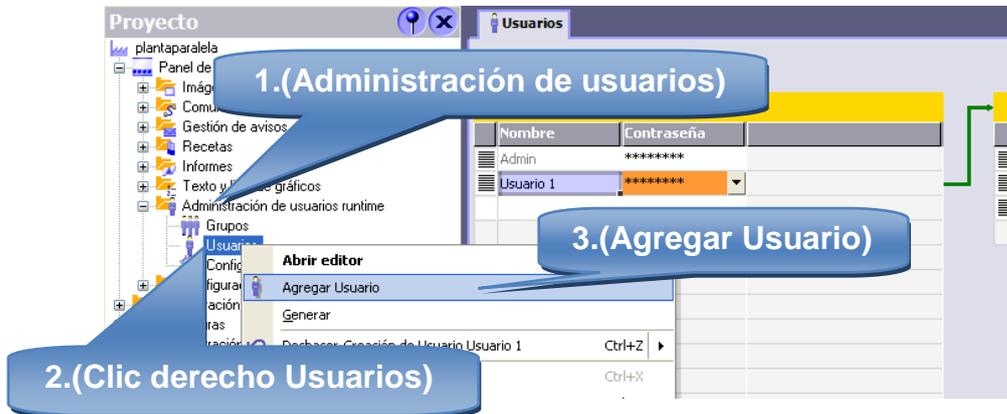


Figura 95. Agregar usuario

Lo siguiente es agregarle al usuario un nombre, una contraseña y asignarle un grupo como se muestra en la figura 96.

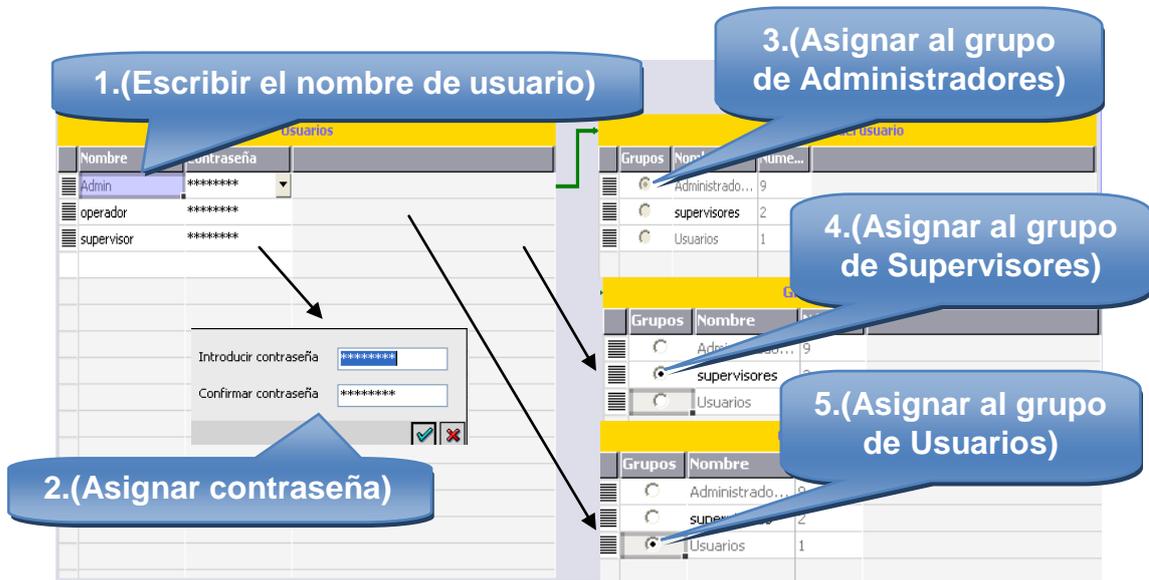


Figura 96. Parámetros de usuario

### 6.3 Crear una imagen para vista de usuarios

En la ventana de herramientas se elige vista de usuarios y se arrastra al área de trabajo, luego se asigna el número de líneas visibles como se muestra en la figura 97.

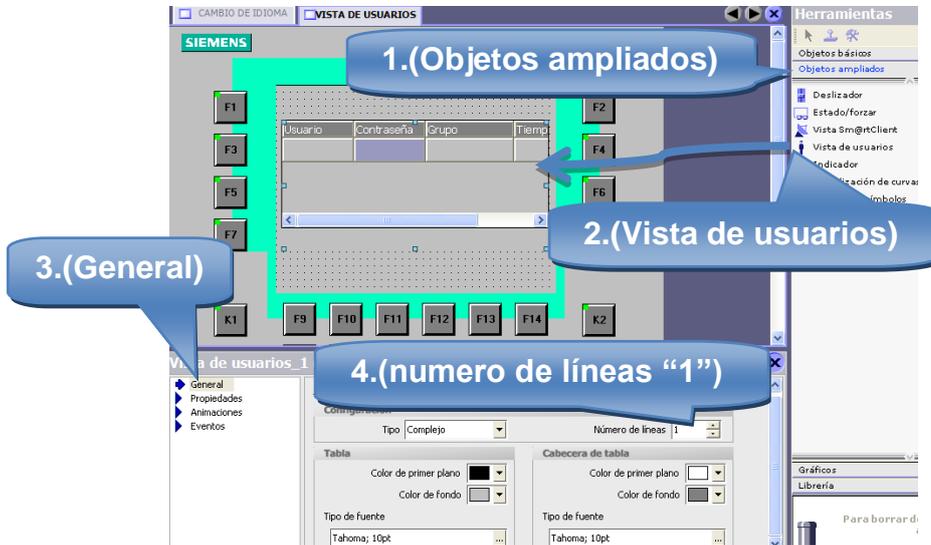


Figura 97. Insertar vista de usuario

La configuración de usuarios se puede importar y exportar a través de una tarjeta de memoria. En la figura 98 se detalla cómo crear y parametrizar el botón de importación.

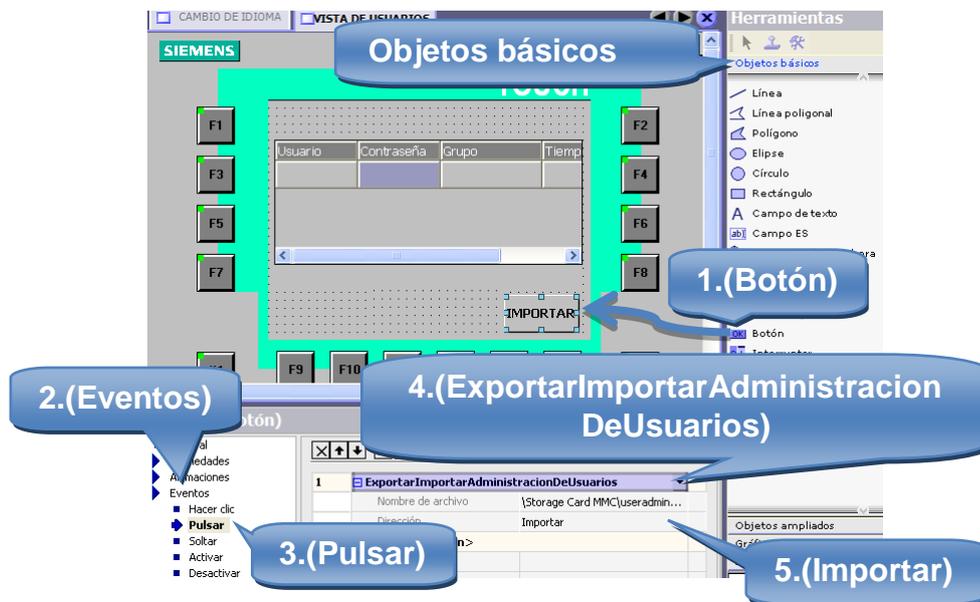


Figura 98. Insertar el botón importar

Lo siguiente es crear el botón de exportación de usuarios, para guardar en el momento que se desee la configuración de usuarios (figura 99).

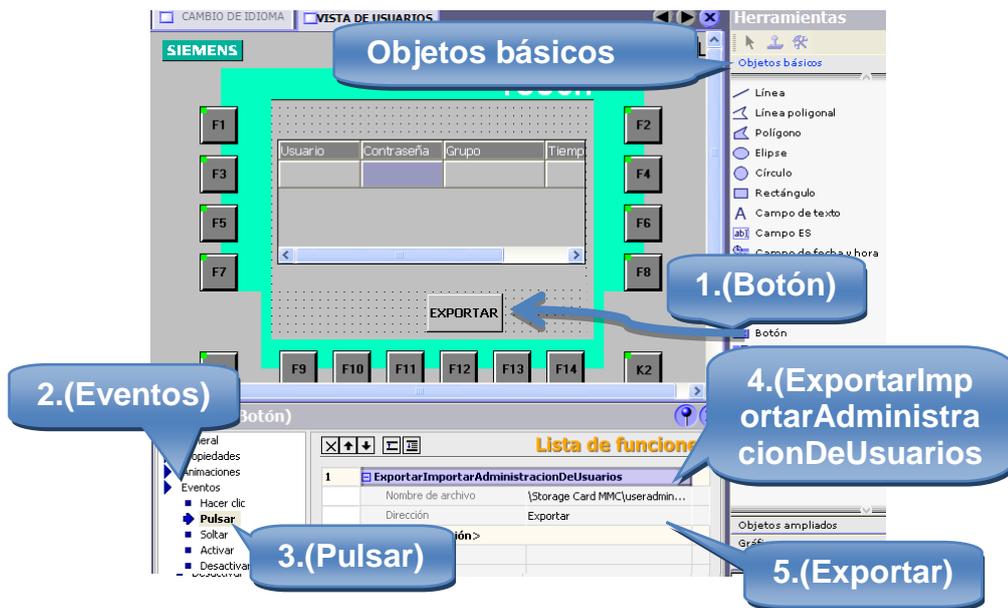


Figura 99. Insertar el botón importar

## 7 INSERTAR OTRO IDIOMA AL PROYECTO

Para insertar otro idioma a parte del que viene por defecto en este caso el idioma inglés es necesario agregar el idioma inglés, introducir los textos en inglés, y crear una imagen para el cambio de idioma.

### 7.1 Agregar el idioma inglés

En la figura 100 se describen los pasos para agregar el idioma inglés.



Figura 100. Agregar idioma inglés

Luego se configura el idioma en el panel operador para que se pueda cargar. Figura 101.

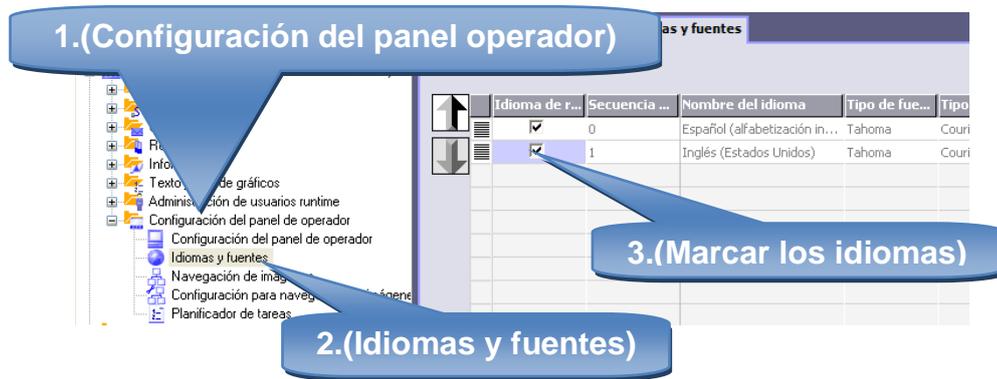


Figura 101. Configurar idioma y fuente en panel operador

## 7.2 Introducir los textos en inglés

Para introducir textos en inglés existen varias opciones una de ellas es hacerlo manualmente palabra por palabra, otra es agregar palabras al diccionario para traducir automáticamente y también importar desde archivos .csv

Para introducir la traducción en la ventana del proyecto, en *Configuración Del Idioma*, se elige *textos del proyecto*, luego en el menú *Opciones>Textos>Importar* se da clic y en la ventana emergente, se elige la ruta donde está la traducción (en el CD anexo se elige *\Plantaparalela\Textos\Traducción*), por último se escoge el formato en este caso es un archivo.csv como se muestra en la figura 102.



Figura 102. Textos del proyecto

### 7.3 Imagen para cambiar idioma

Para poder cambiar el idioma se necesita crear una imagen donde salga dicha opción, antes que nada se crea una variable donde se guarda el idioma seleccionado en el panel operador como se muestra en la figura 103.

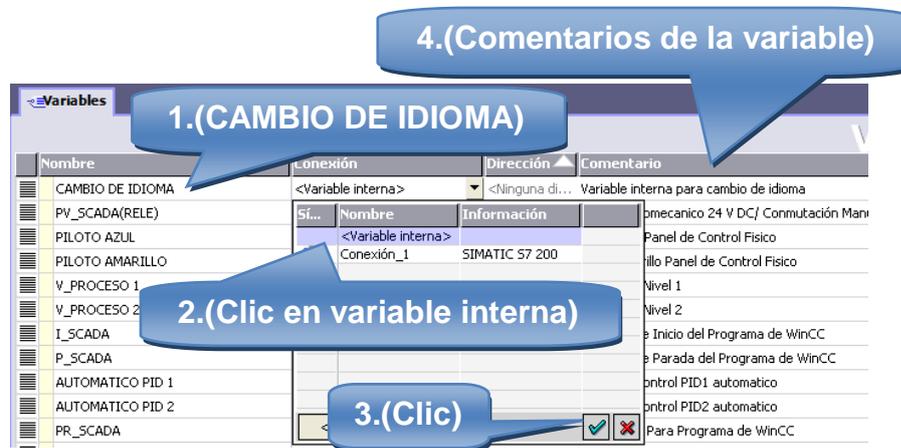


Figura 103. Variable para cambio de idioma

Lo siguiente es crear una nueva lista de gráficos, crear un nombre y nuevas entradas en la lista una para el idioma español y otra para el inglés. En la figura 104 se muestra cómo crear una lista de gráficos.

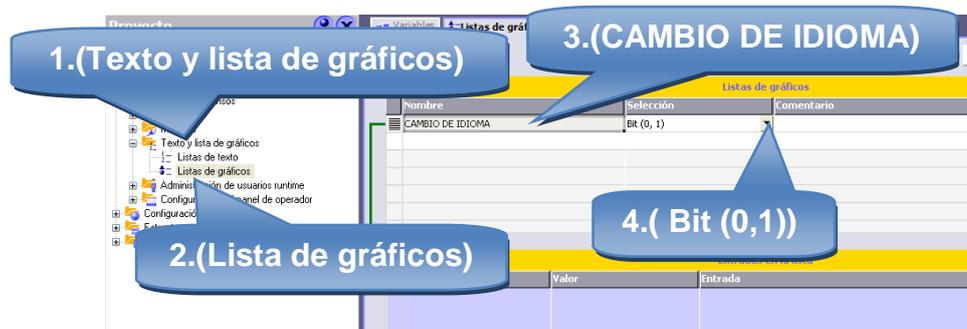


Figura 104. Crear una nueva lista de gráficos

Para insertar la entrada del idioma español se siguen los pasos mostrados en la figura 105.



**Figura 105. Entrada para el idioma español**

Con el mismo procedimiento se agrega la entrada para el idioma inglés. Quedando así como se observa en la figura 106.

Entradas en la lista			
Por defecto	Valor	Entrada	
<input type="radio"/>	0	Spain	
<input type="radio"/>	1	USA	

**Figura 106. Entradas para los idiomas**

Ahora se crea la imagen para el cambio de idioma y sus respectivos botones, en la figura 107 se observa cómo se crea el botón para el lenguaje español.

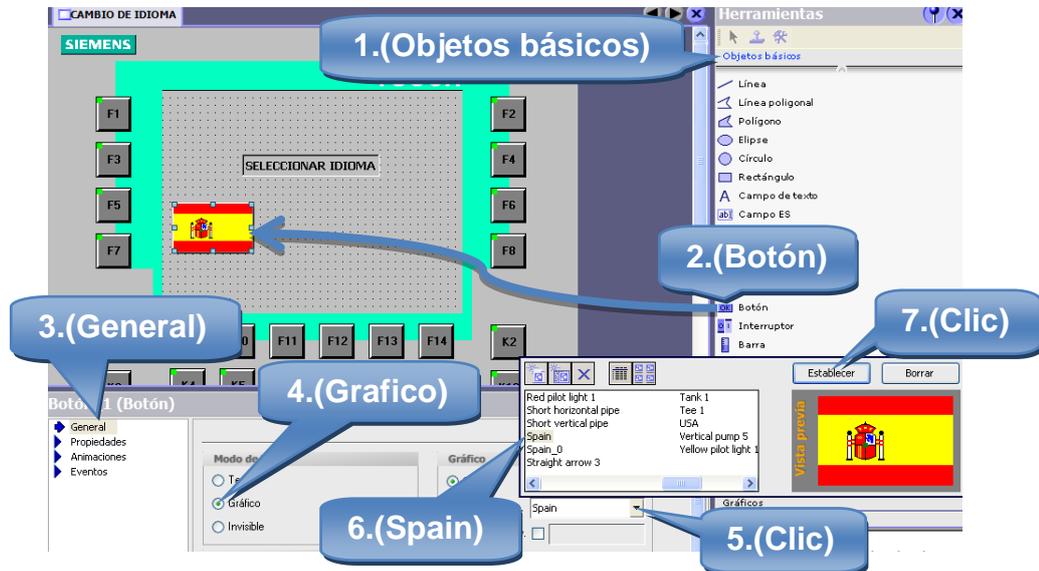


Figura 107. Creación botón de idioma

Una vez creado se le asigna la propiedad que al hacer clic tiene que ajustar el idioma a español y fijar ese valor en la variable de cambio de idioma. Figura 108

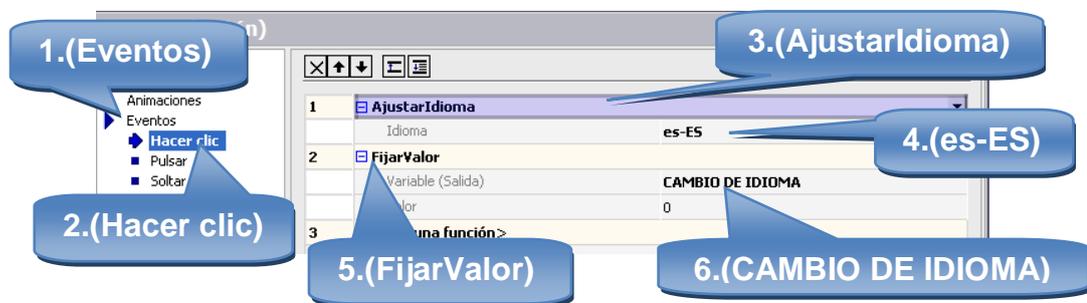


Figura 108. Propiedades botón de idioma

De igual manera se crea el botón para el idioma inglés, a diferencia de la bandera, el ajuste de idioma a inglés, y el valor fijado a la variable de cambio de idioma que es 1.

## 8 INSERTAR CAMBIOS DE IMAGEN

Los cambios de imágenes permiten pasar de una imagen a otra durante el proceso dependiendo de los botones a las cuales se le asignen dichas imágenes, por ejemplo para la planta piloto de nivel se han creado imágenes para la para el proceso, controladores PID y los mensajes o avisos entre otras. En la figura 109 se crea la imagen de selección.

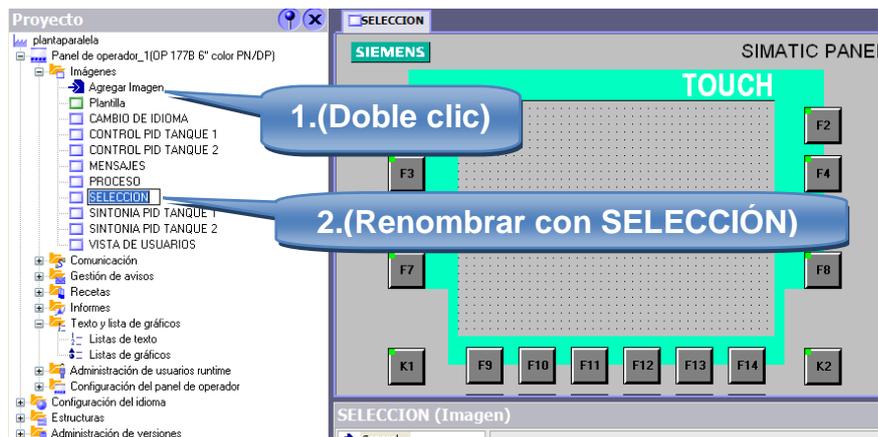


Figura 109. Imagen de selección

### 8.1 Crear cambio de imagen

Para crear un cambio de imagen en la ventana de proyecto se selecciona la imagen y se arrastra al área de trabajo, por ejemplo para crear el cambio de imagen para el proceso se siguen los pasos detallados en la figura 110.

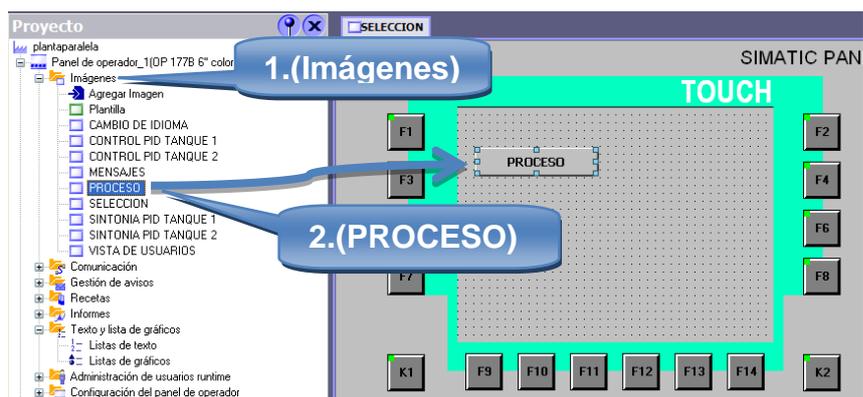


Figura 110. Insertar cambios de imagen

Para las demás imágenes se aplica el mismo procedimiento y al final debe quedar como se observa en la figura 111.

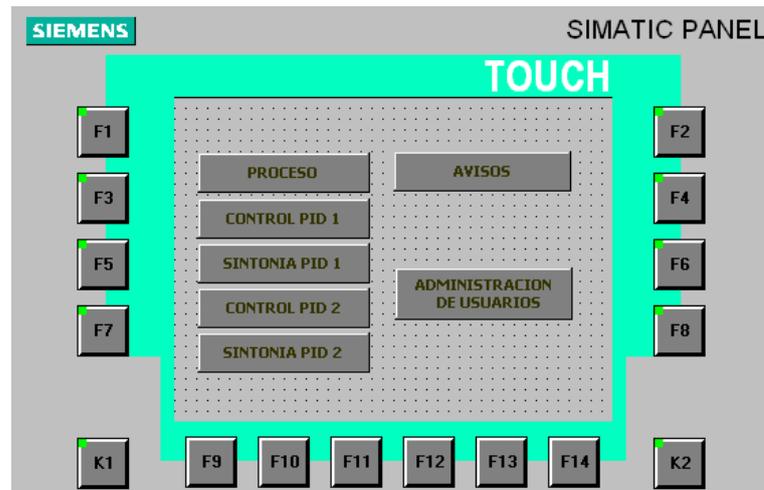


Figura 111. Cambios de imagen

Ahora se crea un campo de fecha y hora, a dicho campo en la opción *General* ubicada en la *ventana de propiedades* se ajusta el tipo, las vista y el proceso como se muestra en la figura 112.

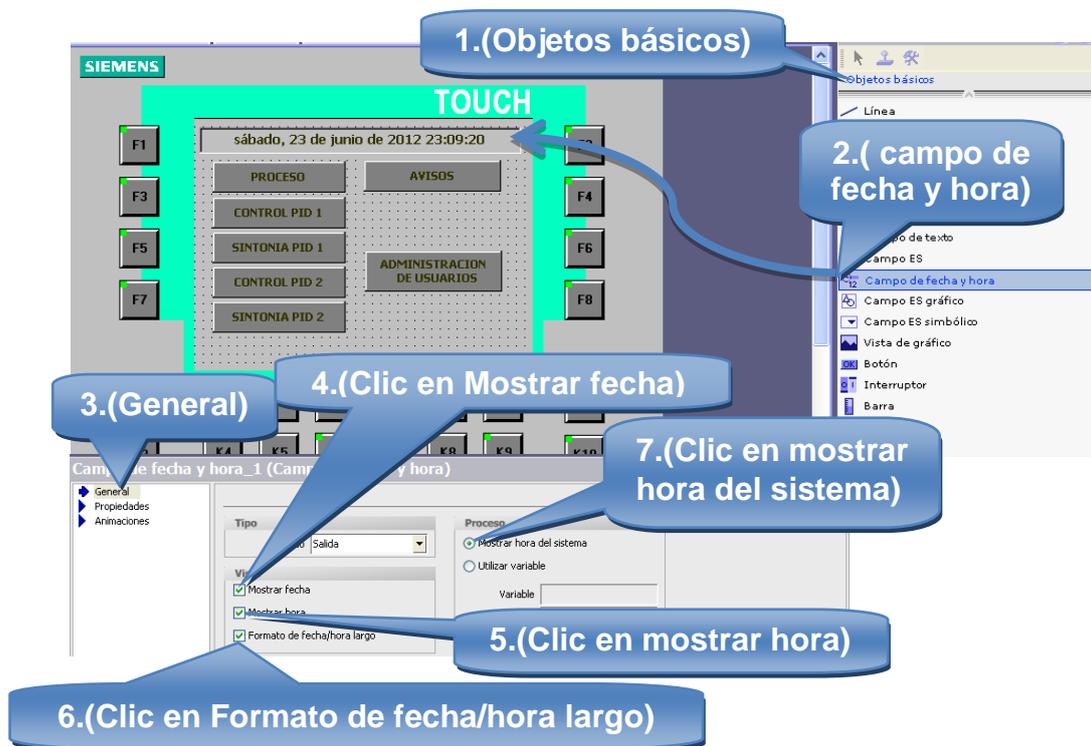


Figura 112. Insertar campo de fecha y hora

También se crea un botón para cambiar el idioma del proyecto, primero en la lista de *objetos básicos*, se arrastra el objeto *botón* hacia el área de trabajo, seguido en la *ventana de propiedades*, en la opción general se le asigna el nombre *CAMBIAR LENGUAJE* como se muestra en la figura 113.

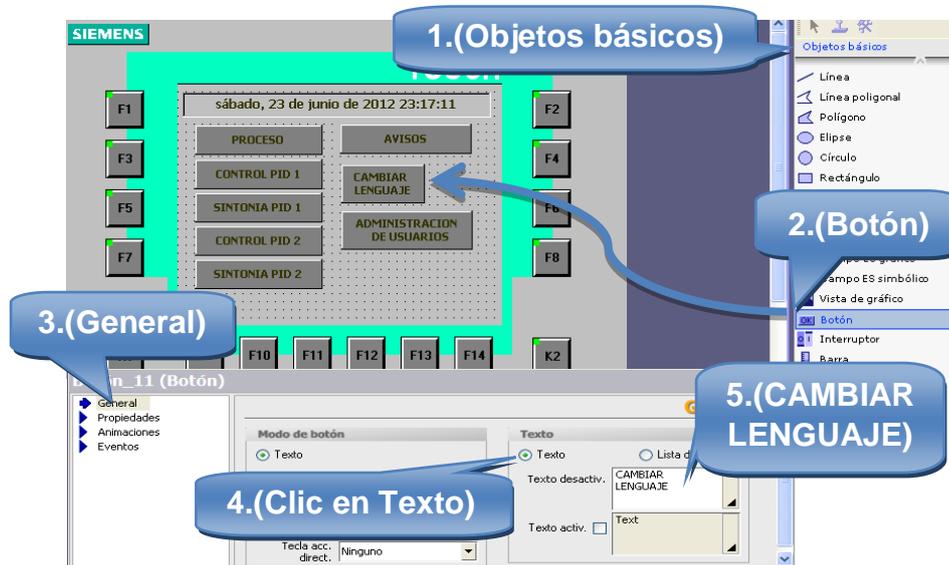


Figura 113. Insertar botón CAMBIAR LENGUAJE

Por último en la opción de *eventos* se configura la función al *hacer clic*, active la imagen *CAMBIO DE IDIOMA* como se muestra en la figura 114.



Figura 114. Activar imagen cambio de idioma

Para crear el botón de *CERRAR SESIÓN* de usuario, en la ventana de herramientas se arrastra *botón* hasta el área de trabajo, luego en la *ventana de propiedades* en la opción *General*, se configura el texto *CERRAR SESION*, finalmente en la opción de *Eventos* al *Hacer clic* se configura el cierre de sesión y cambio a la imagen de idioma.(figura 115)

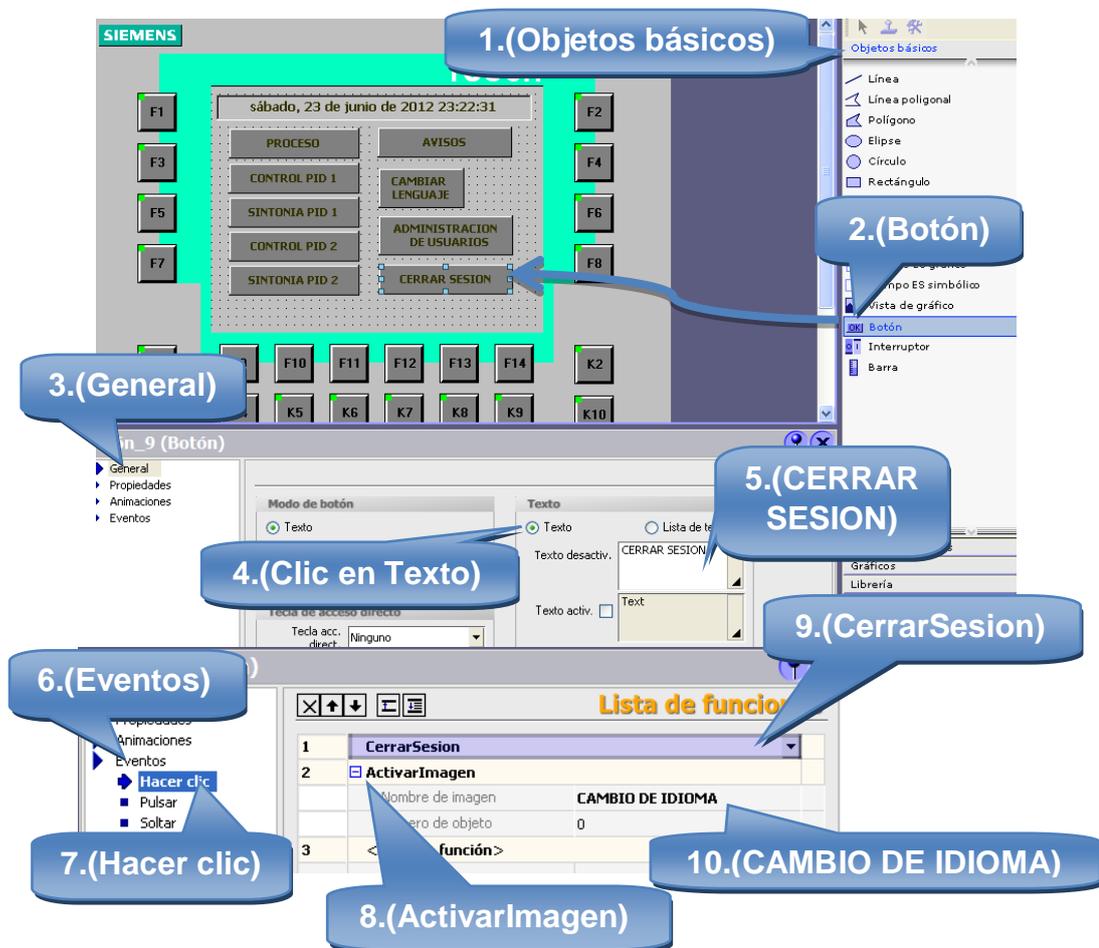


Figura 115. Insertar botón CERRAR SESION

El botón *SALIR* del runtime como su nombre lo indica cerrara el programa de supervisión, para crearlo se siguen los pasos mostrados en la figura 116.

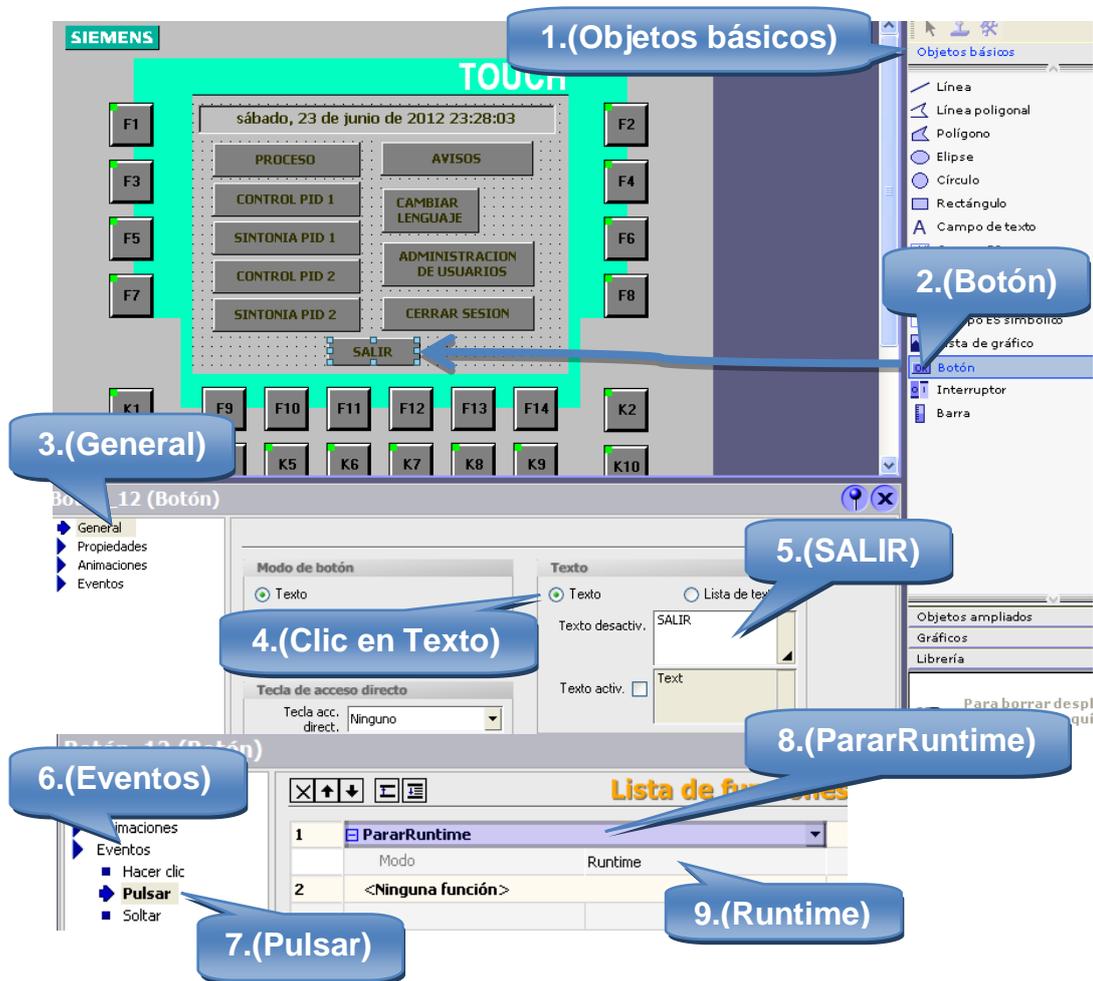


Figura 116. Edición de botones cambios de imagen

Solo falta insertar un grafico de E/S para identificar el lenguaje activo a través de una bandera los pasos se describen en la figura 117.

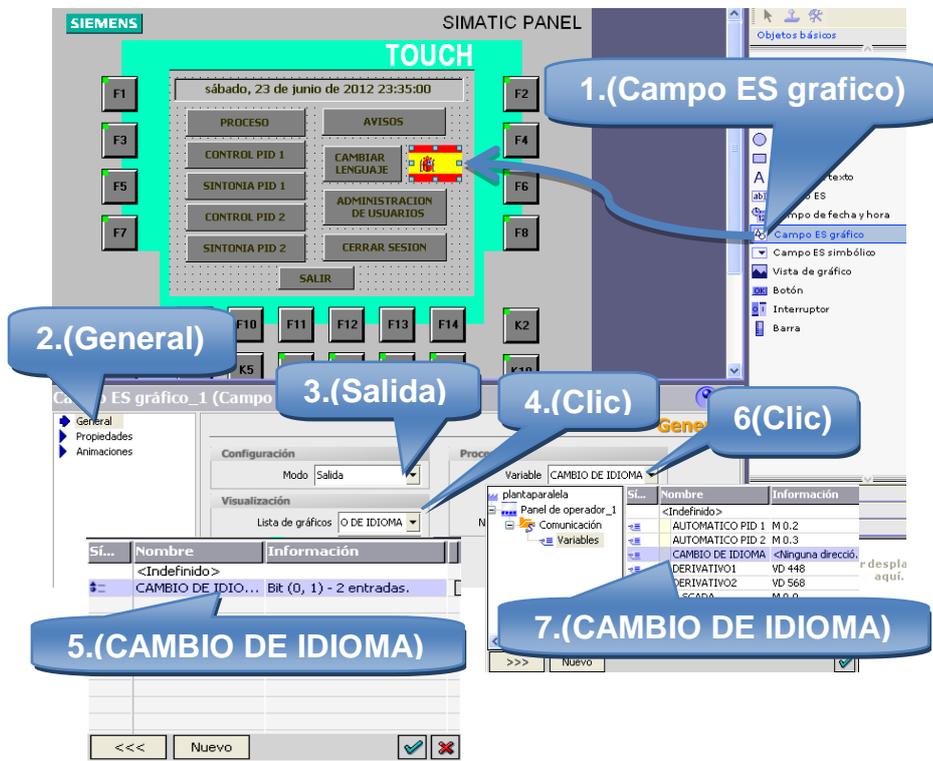


Figura 117. Insertar grafico de entrada salida

El resto de botones del proyecto se insertan y editan con el mismo procedimiento, el único diferente es el de iniciar sesión, a este se le tiene que agregar seguridad para que solo los usuarios registrados tengan acceso al proceso.



Figura 118. Ajuste de inicio de sesión

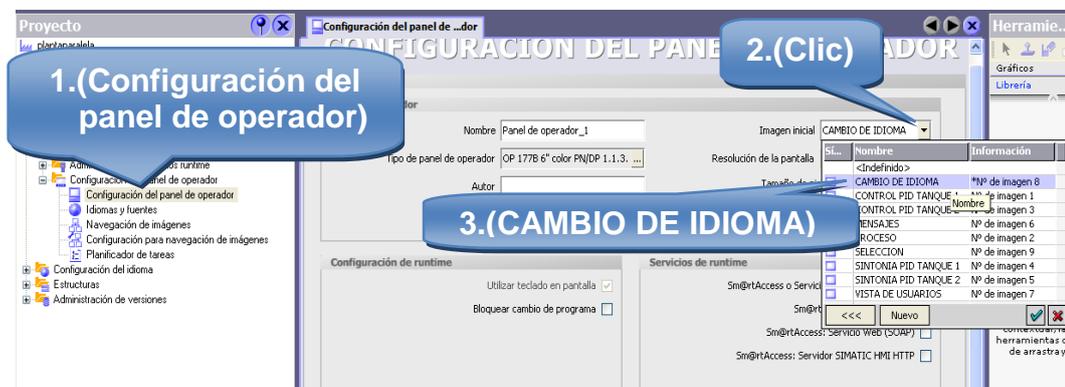
Por otro lado también hay que definir quién puede manipular las variables del proceso como valores de setpoint y ajustes de PID. En la figura 118 se muestra como editar el botón de inicio de sesión.

Los campos de entrada de setpoint 1 y setpoint 2, además de los botones de start y stop en la ventana de proceso se configuran para que sean manipulados solo por el operador o administrador, esto se modifica en seguridad, luego en seguridad runtime se elige manejar, como se muestra en la figura 119.



**Figura 119. Seguridad en runtime**

Para finalizar el proyecto se configura la imagen inicial de modo que sea la de idioma para asegurar que solo personal autorizado pueda ingresar. En la figura 120 se detallan los pasos.



**Figura 120. Selección de imagen inicial**

## 9 COMPROBAR Y SIMULAR EL PROYECTO

### 9.1 Comprobar el proyecto

Para comprobar el proyecto se le da clic en el botón generar como se observa en la figura 121 y a continuación se verifica si hay algún error.

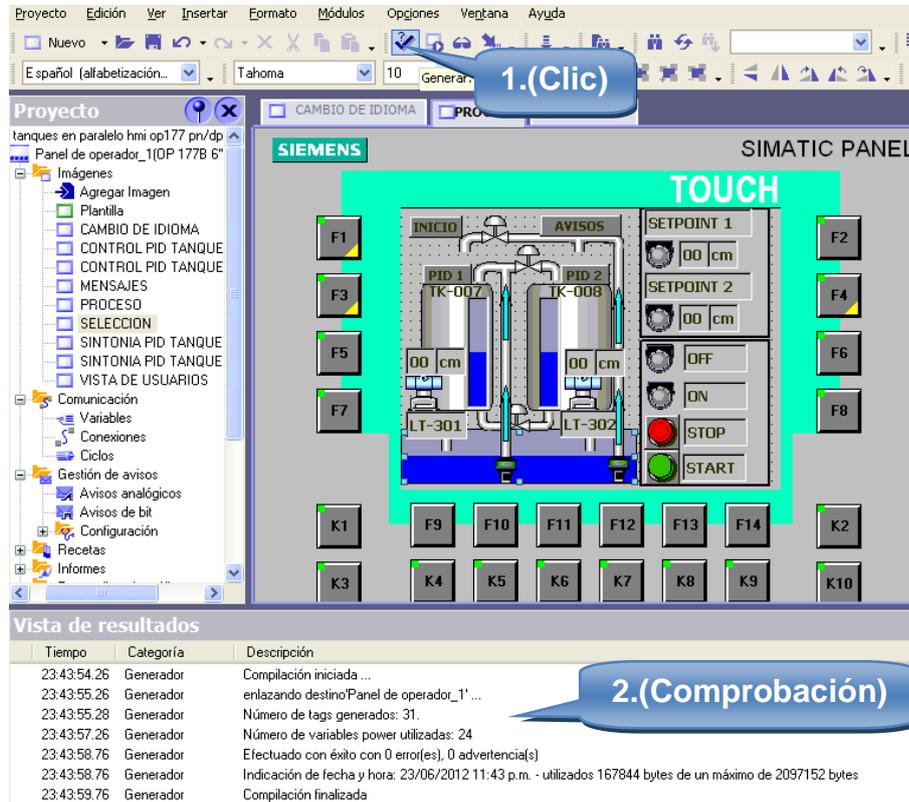


Figura 121. Comprobación del proyecto

### 9.2 Simular el proyecto

Una vez comprobado el proyecto solo falta simular para ver una aproximación del resultado deseado y verificar que no hay errores lógicos. Para simular el proyecto se siguen los pasos descritos a continuación:

- Primero se le da clic al botón iniciar runtime con el simulador como se observa en la figura 122.



Figura 122. Iniciar simulador

- Segundo se configura la tabla de simulación con las variables asociadas al proceso como en la figura 123.

Variable	Tipo de datos	Valor actual	Simulación	Ajustar valor	Valor mín.	Valor máx.	Periodo	Inicio
VP1_REAL	REAL	40	Incrementar	0	0	80	10,000	<input checked="" type="checkbox"/>
VP2_REAL	REAL	0	Incrementar	0	0	80	10,000	<input checked="" type="checkbox"/>
SETPOINT_1	REAL	0	<Indicación>	20	20			<input checked="" type="checkbox"/>
SETPOINT_2	REAL	30	Incrementar	30	30			<input checked="" type="checkbox"/>
PILOTO_AMARILLO	BOOL	0	<Indicación>	-1	0		10,000	<input checked="" type="checkbox"/>
PILOTO_AZUL	BOOL	0	<Indicación>	-1	0			<input checked="" type="checkbox"/>
I_SCADA	BOOL	0	<Indicación>	-1	0			<input checked="" type="checkbox"/>
P_SCADA	BOOL	0	<Indicación>	-1	0			<input checked="" type="checkbox"/>
PR_SCADA	BOOL	0	<Indicación>	-1	0			<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 123. Tabla de simulación

- Para dar inicio a la simulación una vez terminada la tabla, se seleccionan en columna de inicio las variables implicadas como esta en el paso 3 de la figura 99, luego ya se pueden efectuar todas las pruebas necesarias de las diferentes imágenes en el panel como se observa en la figura 124.

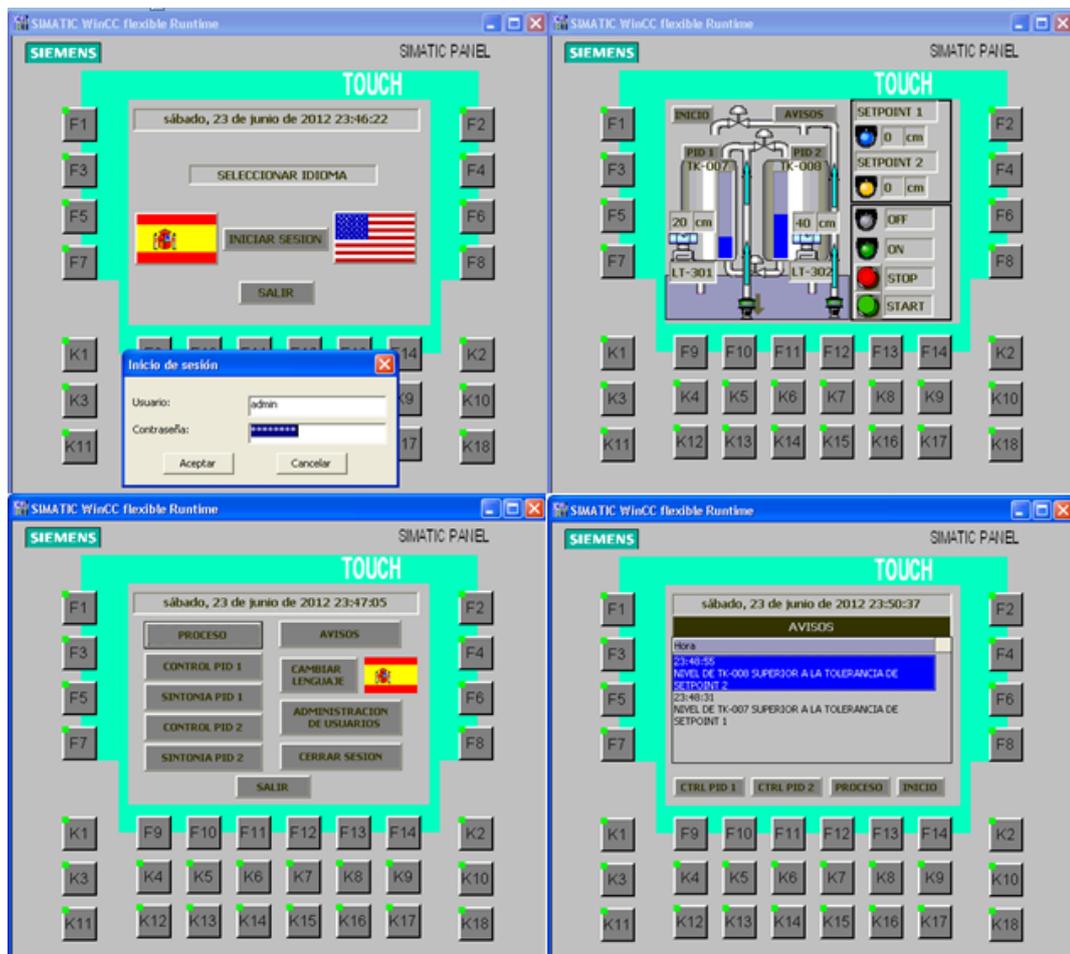


Figura 124. Imagen de bienvenida, proceso, selección de imágenes y mensajes.

## 10 TRANSFERIR EL PROYECTO

### 10.1 Transferir el proyecto al panel OP 177B 6" DP/PN

Para transferir el proyecto del PC de configuración al panel operador hay que verificar las conexiones que están pre ajustadas ya sea esta a través de una red de MPI o a través de Ethernet; para el caso de la planta piloto de nivel, se trabaja con la red PROFIBUS DP, y se verifica que la configuración sea como se muestra en la Figura 27.

Una vez verificada la configuración se procede a conectar físicamente el panel operador con el PC de configuración a través de la red RS232/PPI Multi-Master Cable y por último se configura la transferencia hacia el panel como se muestra en la figura 125.

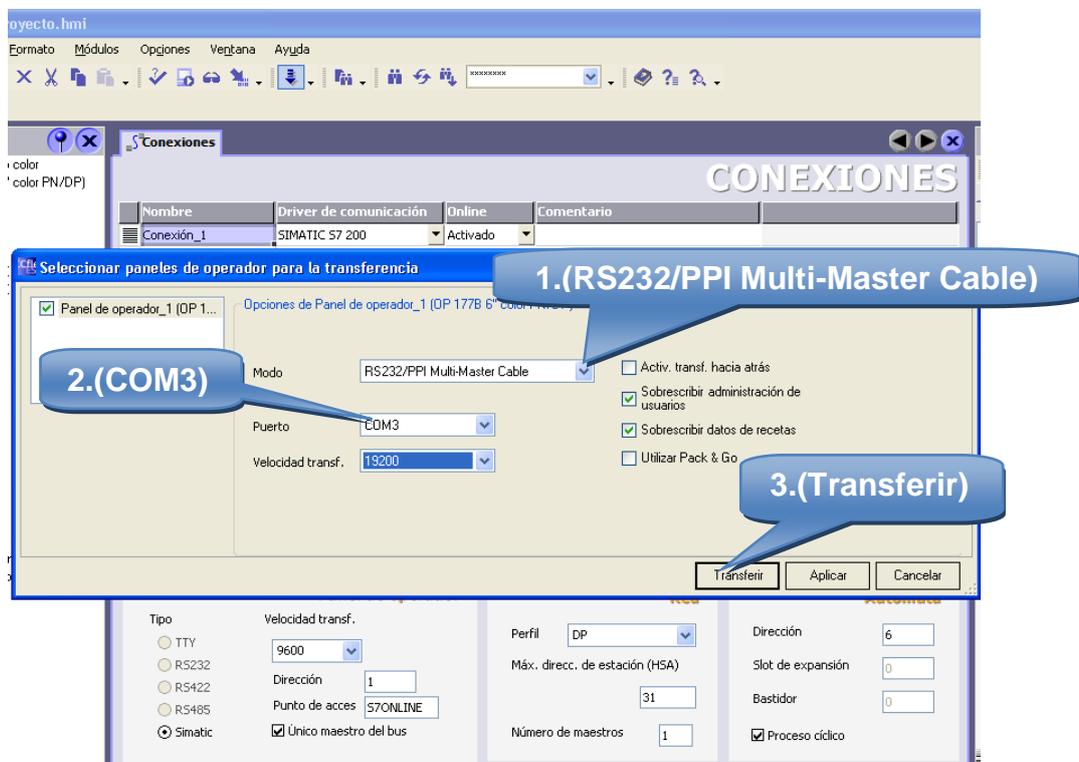


Figura 125. Transferencia del proyecto PC→Panel

Finalmente se ha transferido el proyecto del PC de configuración al panel operador y ya se puede administrar desde dicho panel todo el proceso conectándolo al PLC.

## CONCLUSIONES

Al momento de establecer una comunicación, es necesario verificar y colocar correctamente los parámetros relacionados a ella, ya que con frecuencia se presentaron inconvenientes que impedían la comunicación, como por ejemplo establecer las mismas velocidades de transmisión, verificar el estado del DIP switch del cable PPI, colocar el panel operador en modo transferencia para efectuar la comunicación con el PC y verificar los canales del mismo, por ultimo al momento de conectar el panel con el PLC para la puesta en marcha del proyecto, el cable PROFIBUS debe ir con la resistencia de terminación ON en el extremo del panel y OFF en el extremo del PLC.

Después de realizado este trabajo, se logro diseñar un TUTORIAL DE CONFIGURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE HMI CON WINCC FLEXIBLE, como se había planteado inicialmente en este documento.

Se adquirió conocimiento en cuanto al control SCADA, y el desarrollo de funciones de control y monitoreo de procesos industriales a través de un panel operador, además la creación de un software de programación, definiendo los elementos de construcción del HMI, su interfaz con el PLC, y su conexión a un HMI de planta.

Al finalizar este documento el usuario será capaz de de programar y configurar paneles operadores de procesos industriales, teniendo en cuenta las comunicaciones entre PC y panel operador, y PLC y panel operador, a través de los software Step 7 Microwin y WinCC flexible. Este último permite supervisar, controlar y modificar cada una de las variables de proceso, así como proteger el proceso de terceros.

## BIBLIOGRAFIA

*Víctor Chávez. Nicolás Montenegro. Automatización de una planta piloto de nivel de dos tanques en paralelo. Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2009. P. 19-24, 45-46, 55-68.*

*José Luis Villa. Modulo supervisorio. Cartagena, 2011, Minor en automatización Industrial.*

*Duque Pardo Jorge Eliécer. Módulo de Redes Industriales. Cartagena, 2011, Minor en automatización Industrial.*

*Siemens AG, Industry Sector. SIMATIC HMI WinCC flexible 2008, Getting Started Avanzado. Edición 06/2008*

*Siemens AG, Industry Sector. SIMATIC HMI manual del usuario, WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced.*

*Siemens AG, Industry Sector. SIMATIC HMI Instrucciones de servicio, Panel de operador TP177A, TP 177B, OP177B (WinCC flexible).*

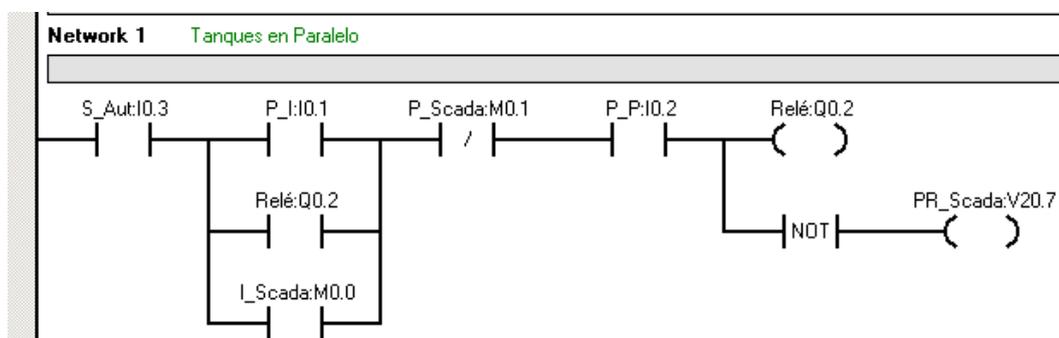
## ANEXOS

### ANEXO 1. Descripción de programación del S7-200

Tomado de la monografía "Automatización de una planta piloto de nivel de dos tanques en paralelo" por Víctor Chávez y Nicolás Montenegro.

#### Activación de los pilotos

**Network 1:** se encuentran los contactos que habilita el relé electromecánico de 24VDC y al resto de variables del proceso de control, el principal contacto llamado S\_Aut es el que proporciona la condición de modo automático, en este segmento se relaciona tanto los contactos controlados desde el panel local como desde el panel remoto WinCC.



La ejecución del programa para el panel de operación manual es la siguiente: Dado que el selector se encuentra en automático existe una sola posibilidad de accionarlo mediante contacto P\_I este contacto energiza el contacto normalmente cerrado P\_Scada y a su vez el P\_P el cual es un contacto NA pero físicamente es un contacto NC, es decir este siempre se encuentra activo, de esta manera se activa la bobina relé, dejando energizado toda la secuencia.

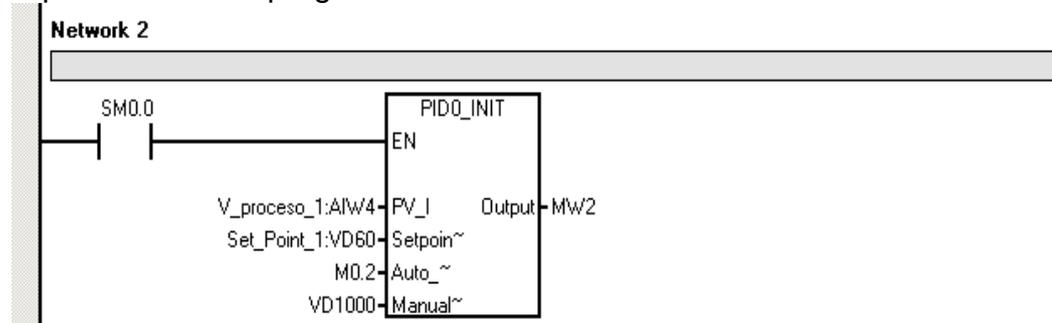
Para detener la ejecución del programa se abre el contacto P\_P al presionar el pulsador de parada (rojo) esto desenergiza la bobina relé.

Ejecución desde el panel remoto (WinCC): La acción de marcha esta dada por el contacto I\_Scada que energiza los contactos P\_Scada y P\_P explicados anteriormente. La acción de parada se realiza cuando el contacto P\_Scada cambia de estado de NC a NA, desde WinCC.

Cuando la bobina del relé esta activa se encenderá el piloto verde del sistema supervisorio, y si se encuentra activa la bobina PR\_Scada se encenderá el piloto rojo del panel remoto.

## Iniciación del PID 1 (Lazo 0)

**Network 2:** el programa llama a la subrutina 'PID0\_INIT' en cada ciclo de programa, dado que la marca SM0.0 siempre se encontrara activa desde el primer ciclo del programa.

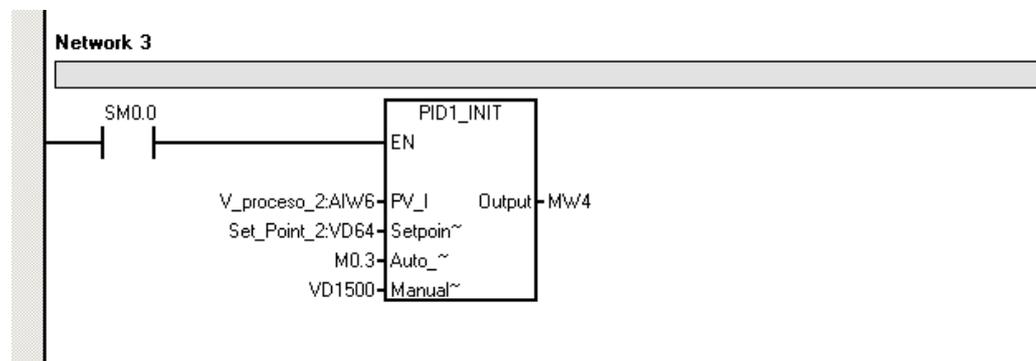


Los parámetros fijados son: PV\_I: se refiere a la entrada analógica del autómatas que se utiliza para leer los datos del proceso (en este caso, la entrada C+, C- para el nivel del tanque 1). Se eligió la entrada AIW4. Output: se refiere a la salida analógica del autómatas que se utilizará para enviar órdenes o acciones de control al proceso, estas ejercerán acción sobre el PWM correspondiente, Se eligió la salida MW2.

Set Point: se refiere a la posición de memoria donde se indicarán las referencias para el nivel del tanque 1 (Valores deseados de nivel de 0 a 60 cm). Se indica la posición de memoria VD60, Auto: se activa con el bit M0.2 y Manual: ejerce el control en un rango de 0.0 a 1.0, asignada a la variable Real VD1000.

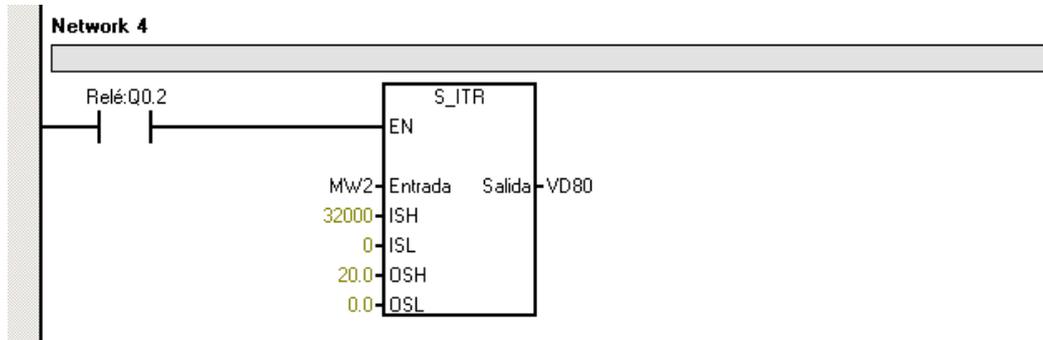
## Iniciación del PID 2 (Lazo 1)

**Network 3:** se ejecuta el segundo PID (PID1\_INIT), los parámetros de este son los siguiente: PV\_I: para la entrada análoga del segundo transmisor es AIW6, la referencia o Set Point es VD64, Output: acción sobre PMW correspondiente asignada MW4. Auto: se activa con el Bit M0.3 y Manual: ejerce control en un rango de 0 a 1 asignada a VD1500.



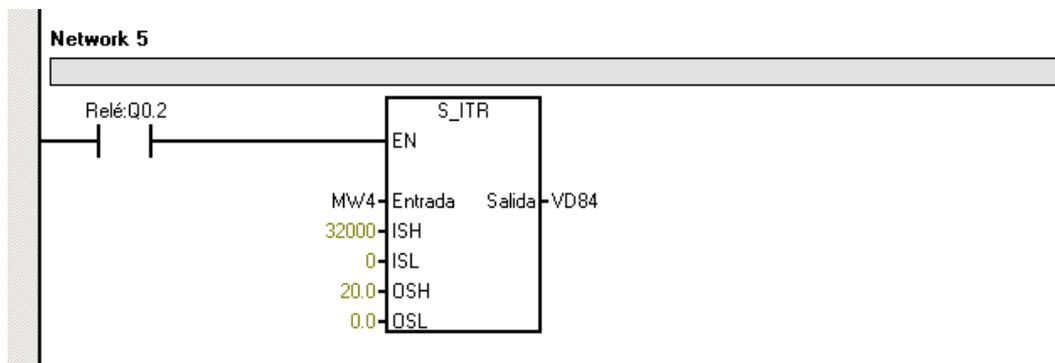
**Ejecutar subrutina S\_ITR:** Escalar de entero a real la salida del PID0

**Network 4:** La subrutina S\_ITR escala la salida del PID0 (MW2) de entero a Real cuando el contacto Relé se encuentra activo. La salida es escalada de 0 a 32000 en 0 a 20, esta es usada para controlar el ancho de pulso del PWM correspondiente, configurado en milisegundos, con una frecuencia de 50 Hz, variable asignada de salida VD80.



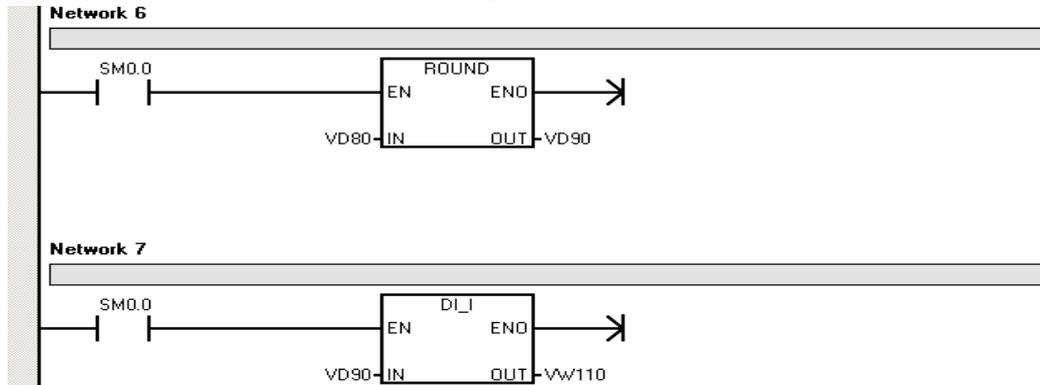
**Ejecutar subrutina S\_ITR:** Escalar de entero a real la salida del PID1

**Network 5:** se activa la subrutina S\_ITR de la misma manera que el Network anterior, se escala la salida del PID1 (MW4) de entero a Real. La salida se usa para controlar el ancho de pulso del PWM 1 es decir Q0.1, variable utilizada VD84.



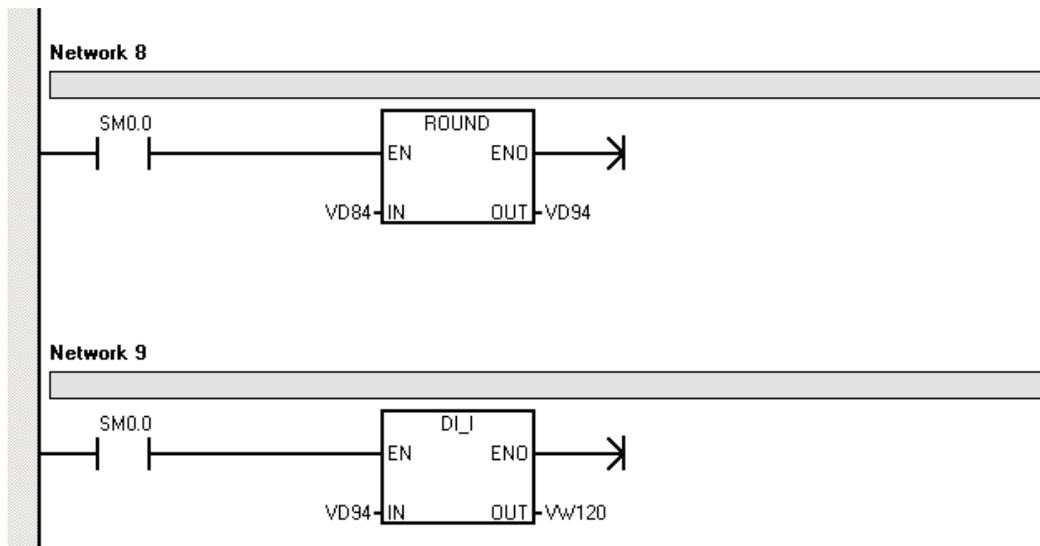
### Conversión de real a entero (Ancho de pulso PWM 1)

**Network 6 y 7:** se realiza un redondeo de la variable VD80 y una posterior conversión a entero dado que la señal de control del ancho del pulso del PWM debe ser un valor entero, se escala a 20 milisegundos con el fin de escoger una frecuencia de 50 Hz, por tal motivo no se envía la señal directa de la salida del PID.



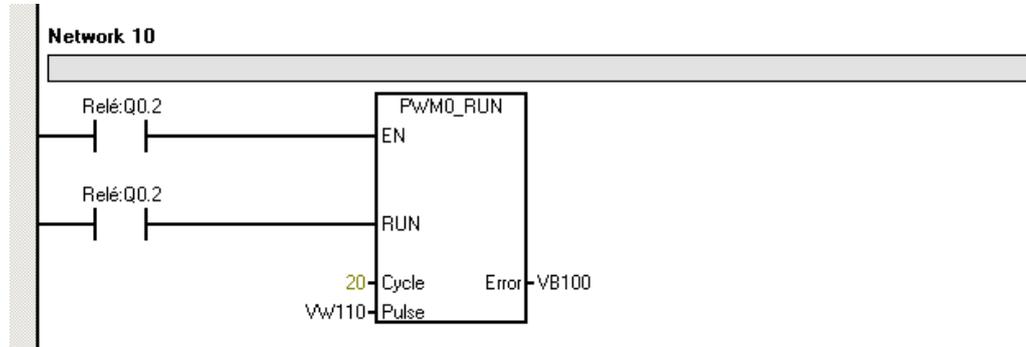
### Conversión de real a entero (Ancho de pulso PWM 2)

**Network 8 y 9:** se ejecuta la misma acción que las Networks 6 y 7 solo que esta señal ingresará al PWM 1 como variable VW120. En tanto que para el PWM 0 es VW110.



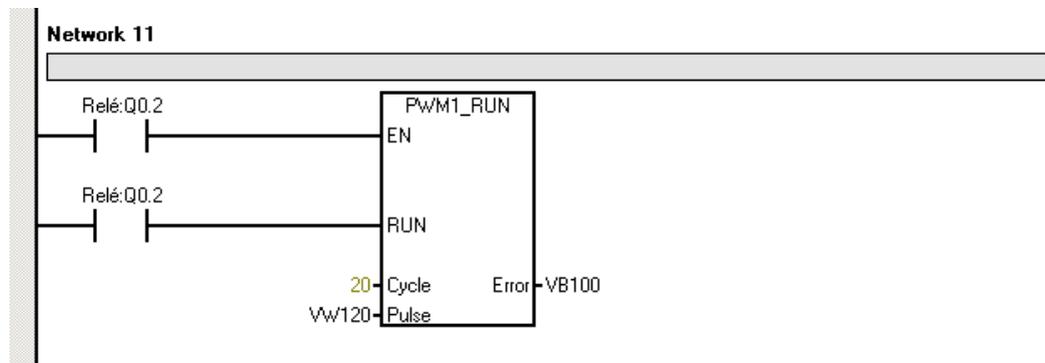
## Iniciación del PWM 1 (Lazo 0)

**Network 10:** se ejecuta la acción PWM0\_RUN con un ciclo de pulso de 20 milisegundos, una señal de pulso controlado por el PID 0 y la señal de error asignada por el Asistente de control de posiciones, el cual se explicará su configuración más adelante.



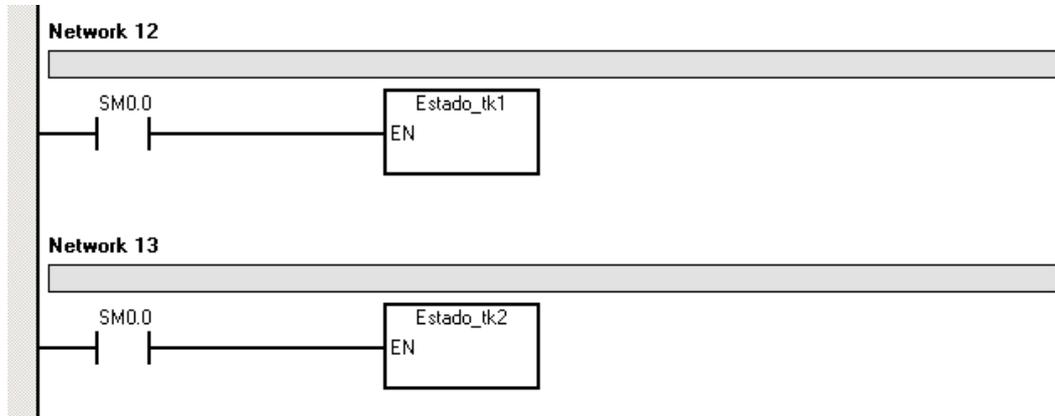
## Iniciación del PWM 2 (Lazo 1)

**Network 11:** se ejecuta el PWM1\_RUN para el segundo lazo de control, de igual manera que el anterior la frecuencia establecida es de 50 Hz es decir 20 milisegundos, dado que la frecuencia de trabajo de las bombas es de 50 Hz; se debe tener en cuenta que se están trabajando dos lazos de control.



## Actualiza Pilotos de Set Point

**Network 12 y 13:** Las subrutinas Estado\_tk1 y Estado\_tk2 se ejecutan para indicar si la variable de proceso ha alcanzado el set point, encendiendo el piloto azul o amarillo respectivamente.

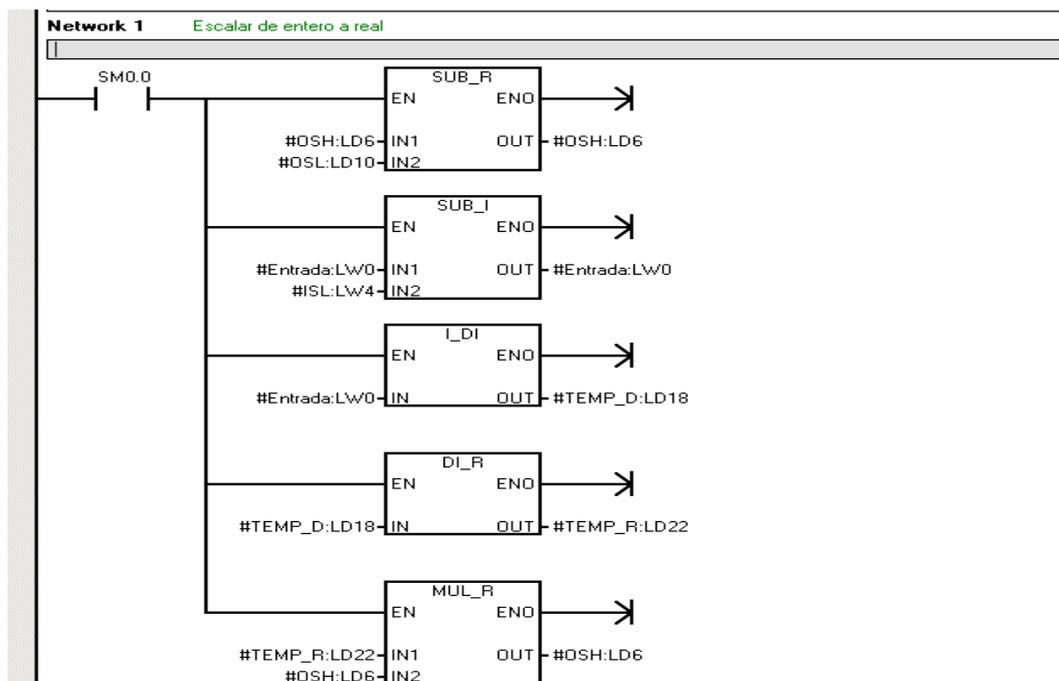


## Subrutinas del Programa Principal

### Subrutina S\_ITR: Escalar de entero a real

La programación realizada fue tomada de los ejemplos dados por siemens en su página web<sup>1</sup>.

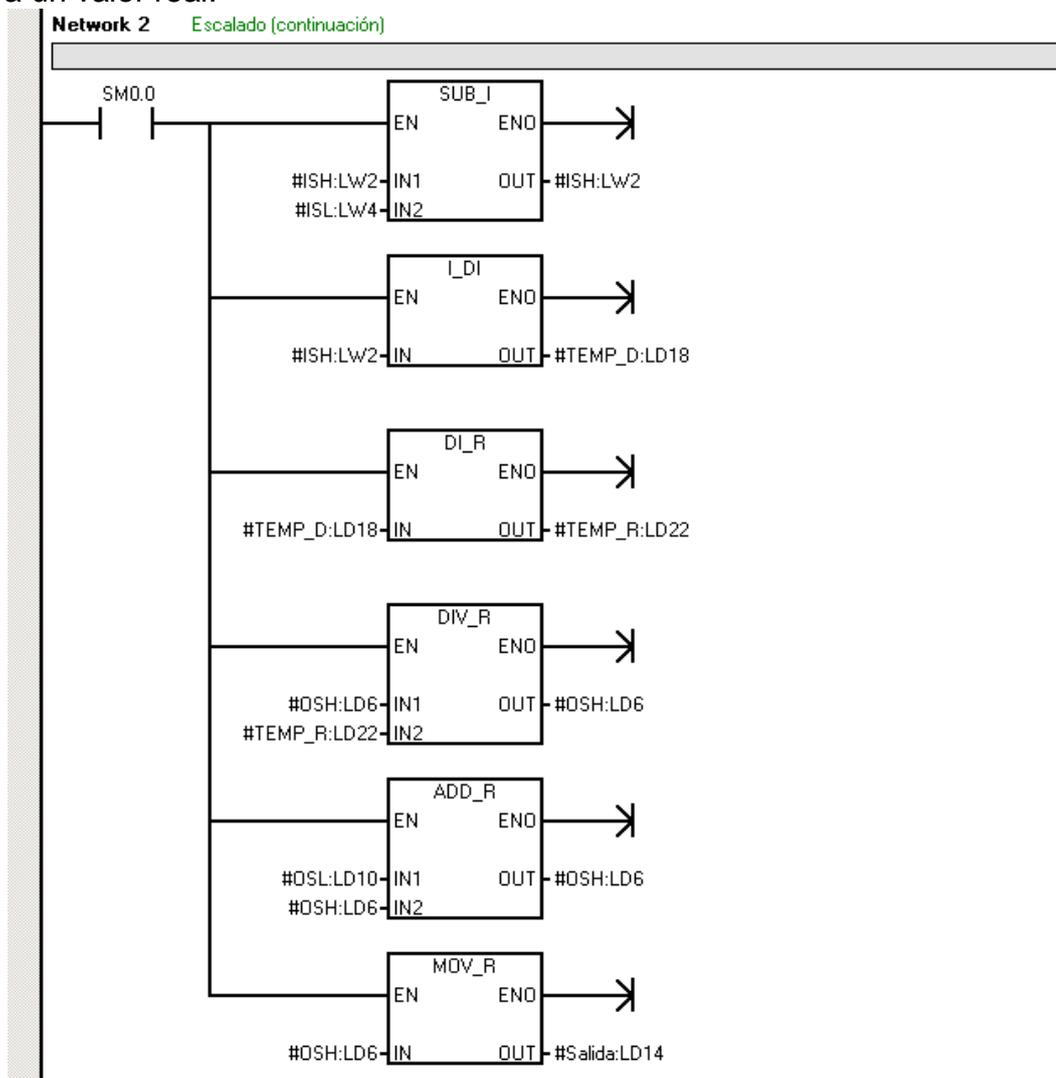
**Network 1:** El escalado se efectúa leyendo los valores transferidos del programa principal: la entrada en sí, el límite superior de la escala para el valor de entrada (ISH), el límite inferior de la escala para el valor de entrada (ISL), el límite superior de la escala para el valor de salida (OSH) y el límite inferior de la escala para el valor de salida (OSL).



<sup>1</sup> Extraído de: SIMATIC Ejemplos S7-200 (Tips & Tricks)  
[http://www.automation.siemens.com/microset/html\\_76/support/tipps/index.htm](http://www.automation.siemens.com/microset/html_76/support/tipps/index.htm)

**Network 2:** El siguiente paso consiste en determinar el rango de escalado de la salida, restando para ello OSL de OSH. La entrada se desescala restando ISL de ella y convirtiéndola luego a un entero doble, para convertirla por último a un valor real. El valor real de la entrada se multiplica luego por el rango de salida.

En el siguiente paso, ISL se resta de ISH para determinar el rango de escalado de la entrada. Éste se convierte a un entero doble y, finalmente, a un valor real.



A continuación, el rango de salida se divide por la entrada desescalada para determinar el valor de salida final. Para que este último se pueda transmitir de nuevo al programa principal, el valor de salida final se transfiere a la variable local de salida, desde donde se retorna.

La fórmula es la siguiente:  $Ov = [(Osh - Osl) * (Iv - Isl) / (Ish - Isl)] + Osl$

Ov = valor de salida escalado

Iv = valor de entrada analógico

Osh = límite superior de la escala para el valor de salida escalado

Osl = límite inferior de la escala para el valor de salida escalado

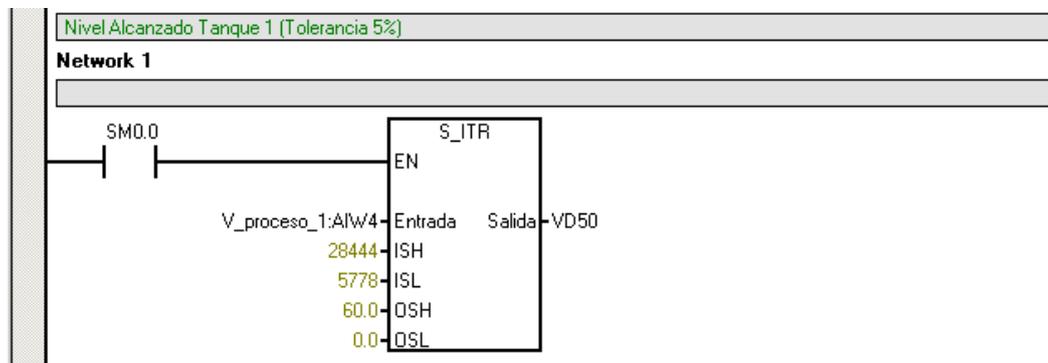
Ish = límite superior de la escala para el valor de entrada analógico

Isl = límite inferior de la escala para el valor de entrada analógico

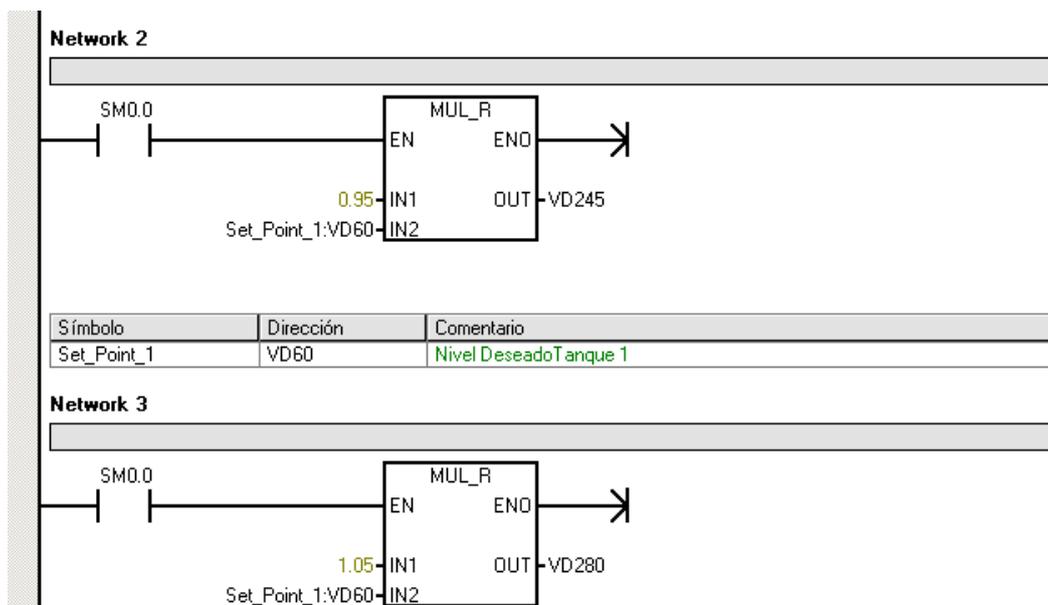
*Subrutina Nivel\_Tk1*: Indica Set Point Tanque 1

Esta subrutina se ejecutada en el Network 12 del bloque principal.

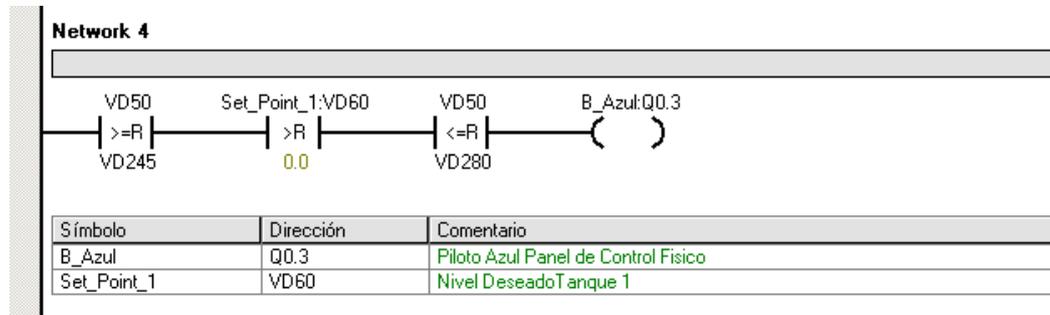
**Network 1:** llama a la subrutina S\_ITR escalando los valores de la variable del proceso (Transmisor LT1), 5778 y 28444 en 0 a 60 cm. con el fin de que esta corresponda al valor real del nivel del tanque 1.



**Network 2 y 3:** se realizan dos multiplicaciones del Set Point del tanque 1 para efectuar una tolerancia del 5%.



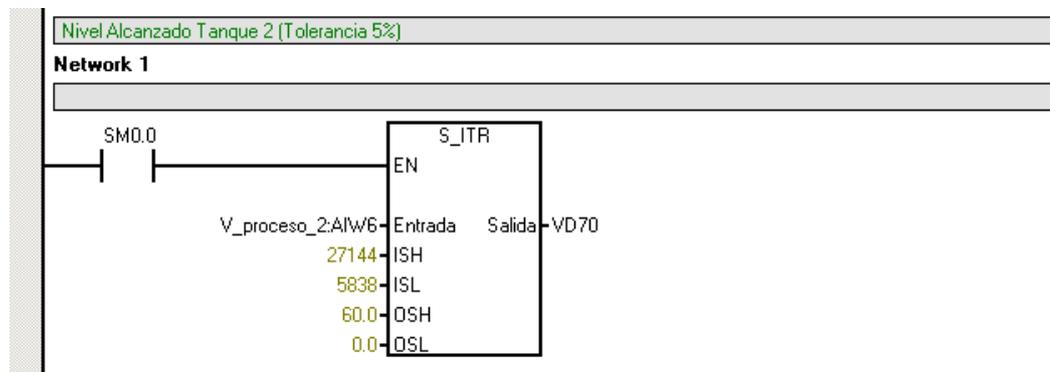
**Network 4:** En este último segmento se deben cumplir tres condiciones para que el piloto Azul (B\_Azul) se active, a manera de ejemplo, si la referencia es 20 cm, el primer contacto se activa: sí el valor de la variable de proceso (VD50) es mayor que 19, sí la referencia (VD60) es mayor que cero y sí la variable de proceso (VD50) es menor que 21.



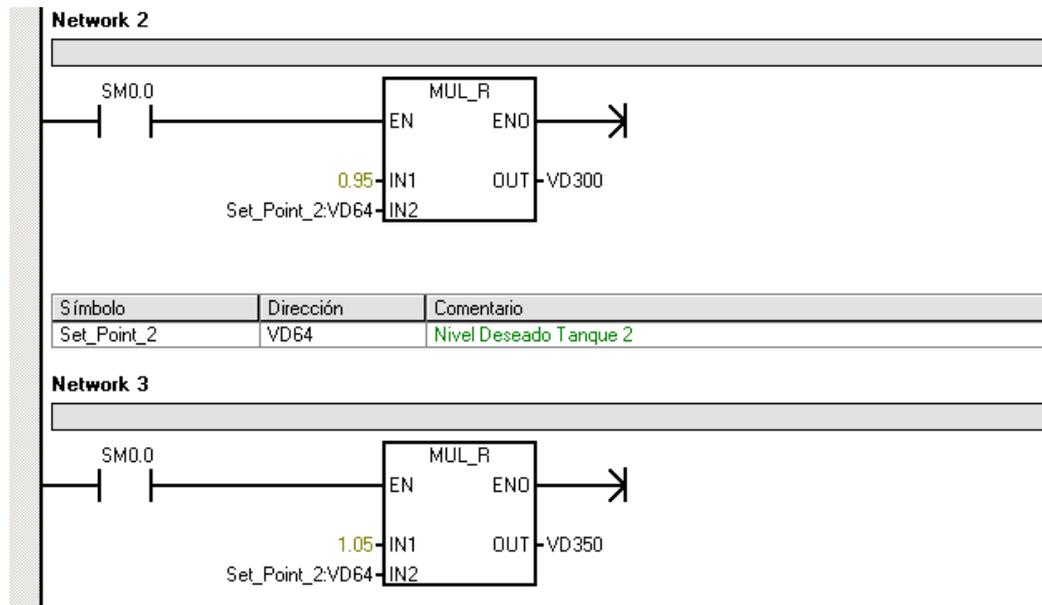
**Subrutina Nivel\_Tk2:** Indica Set Point Tanque 2

Esta subrutina es ejecutada en el Network 13 del bloque principal.

**Network 1:** llama a la subrutina S\_ITR escalando los valores de la variable del proceso (Transmisor LT2), 5838 y 27144 en 0 a 60 cm. con el fin de que esta corresponda al valor real del nivel del tanque 2.



**Network 2 y 3:** realizan la operación de la tolerancia del 5% para el Set Point del tanque 2 especificado por el operador.



**Network 4:** En este último segmento se deben cumplir tres condiciones para que el piloto Amarillo (B\_Amarillo) se active.

