

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Ambiental
Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones



TEMA DE INVESTIGACIÓN:

“Diseño de automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel mediante el módulo PID del PLC Siemens S7-300”

Presentado por el bachiller:

JULIO CESAR PUMA TELLO

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Electrónico Y Telecomunicaciones

Lima – Perú

2015

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia que es la que me enseñó a ser fuerte y a trabajar duro para conseguir mis metas, a quienes han fortalecido mi espíritu, mente y cuerpo cada día de mi vida, demostrándome que tenemos esta oportunidad para dar todo de nosotros y por ser quienes día a día a base de esfuerzo, cariño y comprensión me ayudaron a culminar con este anhelo.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de la escuela de ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, por los conocimientos brindados a mi persona.

Al Ing. Ricardo Palomares Orihuela por su acertada dirección para culminar con éxito el presente proyecto.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Delimitación de la investigación.....	2
1.3.1 Conceptual	3
1.3.2 Espacial	3
1.3.3 Temporal.....	4
1.4 Formulación del problema	4
1.4.1 Problema General	4
1.4.2 Problema específico	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases teóricas	7
2.2.1 Automatización	7
2.2.1.1 Automatismos programados	8
2.2.1.2 Clases de automatización industrial.....	8
2.2.1.3 Pirámide de la automatización	9
2.2.2 Sistemas de control	12
2.2.2.1 Estructura de un sistema de control.....	12
2.2.2.2 Tipos de sistemas de control.....	13
2.2.2.3 Acciones de control de evento discreto y continuo.....	14
2.2.3 Descripción de los equipos e instrumentos	15
2.2.3.1 Sensores.....	15

2.2.3.1.1	Sensores de nivel para el tanque de almacenamiento	15
2.2.3.1.2	Válvulas de control	16
2.2.3.2	Bombas centrifugas	17
2.2.3.3	Sistema de tuberías	19
2.2.3.4	Automatas programables	20
2.2.3.5	Controlador lógico programable (PLC)	22
2.2.3.5.1	Estructura del PLC Simatic S7-300	23
2.2.3.5.2	Elementos de manejo y visualización de la CPU 314C 2 DP	24
2.2.3.6	Regulación PID en la estructura SIEMENS	28
2.2.3.7	Interfaces de usuarios HMI	30
2.3	Marco conceptual	32
2.3.1	Definición de conceptos	32
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA		34
3.1	Diseño del sistema de almacenaje e instrumentación	34
3.1.1	Descripción General	34
3.1.2	Descripción de los procesos de carga y descarga	36
3.1.3	Funciones de control	37
3.1.3.1	Control de evento discreto	37
3.1.3.2	Control continuo	37
3.1.4	Instrumentación a instalarse en el sistema	38
3.1.4.1	Sensores de nivel por ultrasonidos	38
3.1.4.2	Sensor indicador de Peso (Balanza)	39
3.1.4.3	Electroválvulas	41
3.1.4.4	Equipo de bombeo	42

3.1.5 Instalaciones eléctricas	44
3.1.6 Elección del autómata PLC Siemens S7-300.....	47
3.1.7 HMI compatible con el PLC Siemens S7-300	50
3.2 Diseño del programa del PLC en TIA-PORTAL (V.11).....	50
3.1.1 Programación por segmentos y simulación.....	54
3.3 Revisión de resultados simulación del sistema con HMI y PID	63
3.3.1 Simulación en HMI Wincc – TIA Portal (Versión 11).....	63
3.3.2 Simulación usando el módulo PID del PLC S7-300 Siemens para el Control de nivel automático del tanque con respecto al flujo del líquido	66
3.3.2.1 Descripción del sistema de control aplicando PID	66
3.3.2.2 Programación proporcional en STEP 7.....	66
3.3.2.2.1 Escalamiento.....	67
3.3.2.2.2 Control proporcional.....	68
3.3.2.2.3 Escalamiento.....	69
3.3.2.2.4 Resultados del control proporcional	69
3.3.2.3 Control PID mediante el módulo FB41 CONT_C y Simulación	70
3.3.2.3.1 Escalamiento.....	70
3.3.2.3.2 Programación PID - CONT_C y Simulación ...	71
3.3.2.3.3 Simulación del sistema con HMI y WinCC	72
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	77

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1	Gráfica entre las clases de automatización industrial.....	9
FIGURA 2	Pirámide de la automatización	10
FIGURA 3	Sistema lazo abierto	13
FIGURA 4	Sistema lazo cerrado	13
FIGURA 5	Diagrama de bloques del control PID	14
FIGURA 6	Sensor de nivel instalado en un tanque	16
FIGURA 7	Válvula de control automático o por mando a distancia	17
FIGURA 8	Bomba centrífuga	18
FIGURA 9	Esquema de un PLC.....	22
FIGURA 10	Partes de un PLC S7 314C 2 DP.....	24
FIGURA 11	Entradas y salidas analógicas - digitales	25
FIGURA 12	Aspecto físico de la fuente PS 307 2A	26
FIGURA 13	Módulo PID FB 41.	28
FIGURA 14	Esquema de bloques PID.	28
FIGURA 15	Panel HMI KTP 1000.	31
FIGURA 16	Sensor ENDRES+HAUSER modelo Prosonic M FMU44.....	38
FIGURA 17	Balanza Ex 2-22 i 40 - Precia Molen.....	40
FIGURA 18	Válvula de control serie e2001	41
FIGURA 19	Bomba Drotec de acero inoxidable interno	43
FIGURA 20	Tablero TTA.....	44

FIGURA 21 Micro-PLC Socomec.....	44
FIGURA 22 Tablero General	45
FIGURA 23 Tablero de control.....	45
FIGURA 24 Grupo Electrónico.....	46
FIGURA 25 Panel operador de tablero de transferencia automática.....	46
FIGURA 26 Aspecto físico de S7-300 314C-2 DP	47
FIGURA 27 HMI SIEMENS - KTP1000 BASIC COLOR DP	49
FIGURA 28 Pantalla de inicio del Tia Portal.....	50
FIGURA 29 Parámetros PLC Siemens CPU 314C 2DP	51
FIGURA 30 Conexión MPI entre PLC 314 Y HMI KTP1000.....	52
FIGURA 31 Bloques de organización y funciones del programa.....	52
FIGURA 32 Tabla de variables	53
FIGURA 33 Segmentos del programa.....	54
FIGURA 34 Segmento 1	54
FIGURAS 35-36 Segmentos 2 -3.....	55
FIGURAS 37-38 Segmentos 4 -5.....	56
FIGURAS 39-40 Segmentos 6-7.....	57
FIGURAS 41-42 Segmentos 8-9.....	58
FIGURA 43 Segmento 10	59
FIGURA 44 Bloque de función FC1	60
FIGURA 45 Bloque de función FC3	61
FIGURA 46 Bloque de función FC2 “Unscale-Desescalado”.....	62
FIGURA 47 HMI - Sistema de almacenamiento y despacho de aceite.....	63

FIGURA 48 HMI - Monitoreo de tanque de almacenamiento de aceite	64
FIGURA 49 HMI - Control de electrobombas ON/OFF	64
FIGURA 50 HMI - Control de sistema de despacho a los camiones	65
FIGURA 51 Sistema de control del tanque	67
FIGURA 52 Escalamiento K_p	67
FIGURA 53 Control proporcional K_p	68
FIGURA 54 Bloque FC106 – Desescalamiento.....	69
FIGURA 55 Escalamiento - PID.....	70
FIGURA 56 Módulo PID - CONT_C FB41 y simulación respectiva	71
FIGURA 57 HMI - Control PID de Nivel con respecto al flujo de aceite	72
FIGURA 58 HMI - Panel de Ingreso de Parametros al control PID.....	73
FIGURA 59 Panel HMI de Inicio de control	73

LISTADO DE TABLAS

Tabla N°1 Medidas de los tanques de almacenamiento.....	34
Tabla N°2 Tabla de I/O con sus respectivas direcciones	53
Tabla N°3 Resultados del control proporcional	70

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “**Automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel mediante el módulo PID del PLC S7-300**”, para optar el título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones, presentado por el alumno **JULIO CESAR PUMA TELLO**.

El propósito del presente proyecto es establecer las bases del funcionamiento de un sistema de automatización con un autómata programable, como una alternativa para el almacenamiento y despacho de aceite a granel de la empresa BARCINO SA.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos:

- El capítulo 1 se desarrollará el planteamiento del problema que comprende: La descripción de la realidad problemática, justificación del problema, delimitación del proyecto, formulación del problema y objetivos del proyecto.
- En el capítulo 2 se desarrollará el marco teórico que comprende: Los antecedentes de la investigación, bases teóricas y finalmente el marco conceptual.
- En el capítulo 3 corresponde al desarrollo del diseño de automatización: Diseño de instrumentación del sistema, diseño de programación del PLC y revisión y consolidación de resultados.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El presente proyecto es el diseño de la automatización de un sistema de control mediante el módulo PID del PLC S7-300 para el almacenaje y despacho de Aceite Crudo a Granel. BARCINO SA. Es una empresa la cual tiene como finalidad dedicarse a prestar servicios portuarios especializados exclusivamente en la atención de buques tanques a granel de productos líquidos, con una infraestructura adecuada para el servicio del cliente. El principal problema que se plantea con respecto a los líquidos es el almacenamiento en este caso de aceite como paso previo o posterior a un proceso de embarque ya que la empresa también brinda el servicio de despacho y recepción de camiones cisterna. El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida. Los equipos instalados y el funcionamiento de las principales variables del proceso, permiten pensar implantar el diseño del control PID, para autogobernar el sistema.

1.2 Justificación del problema

Se justifica porque con este diseño de sistema de automatización se busca mejorar en cuanto a la eficiencia y seguridad durante el proceso que implica primero almacenar el producto en los tanques y durante esta etapa pueden ocurrir eventos accidentales como el de falsa operación que consiste en abrir válvulas equivocadas el cual puede causar derrames y con este sistema se pretende minimizar por completo ya que se tendrá monitoreado el producto conforme se va almacenando en cada instante.

Además permitirá a la empresa tener más orden en el transporte del producto hasta el cliente final con la debida cantidad el cual se requiere despachar y principalmente evitar sobre estadías de los buques tanques al interrumpir la descarga por demoras en la atención de las cisternas, se requiere contar con un sistema de despacho eficiente para minimizar gastos en este proceso de desembarque del producto a almacenar.

1.3 Delimitación de la investigación

1.3.1 Conceptual

El presente trabajo se limita a la teoría de sistemas automatización, en lo que se refiere a la programación de PLC SIEMENS 300.

1.3.2 Espacial

Se realizará en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS), y en la empresa BARCINO SA. Ubicada Callao – puerto.

1.3.3 Temporal

Comprende el periodo de Abril del 2015 a Junio del 2015

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿Cómo automatizar un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel con el PLC S7-300?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cómo controlar el sistema mediante el módulo PID del PLC S7-300?
- ¿Cómo monitorear un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel usando el panel operador HMI?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Automatizar un sistema de almacenaje y despacho de Aceite Crudo a Granel con el PLC S7-300.

1.5.2 Objetivos específicos

- Controlar el sistema con la función del módulo PID que lleva integrado el PLC SIMATIC S7-300.
- Monitorear el sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel usando el panel operador HMI.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Dentro de este capítulo se informará de proyectos anteriores que se han llevado a cabo. Se encontraron tesis que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas están:

Calderón J. (2009) en su tesis titulada: *“Control y monitoreo scada de un proceso experimental, utilizando plc siemens s7-300 y software labview.”* Universidad Autónoma de México. Concluye que: El uso de PLC y software para la interacción con autómatas, permite desarrollar interfaces hombre-máquina, más accesibles y de manejo simplificado, dando notoriedad en el flujo de información como uno de los principales motivos para el diseño del mismo. El uso de PLC Siemens S7-300 CPU 313C como parte de una automatización, reduce el número de componentes en cableado. Más amplia una gama de opciones para el desarrollo de diseño.

Carvajal L. (2012) en su tesis: “*Diseño y montaje de un módulo con plc y pantalla táctil, para el control de nivel de fluidos para el laboratorio de control industrial de la facultad de mecánica.*” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Concluye que: Se determinó el principio de funcionamiento del PLC así como de los diferentes componentes del módulo para así demostrar de manera sustentada su correcto funcionamiento al realizar la aplicación. Se ejecutó de forma satisfactoria el sistema de control de nivel de fluido utilizando el PLC S7-1200 y una HMI ktp-600.

Huatay V. (2013) en su tesis: “*Diseño de un sistema de supervisión y control del proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa Doe Run Perú*” Universidad Privada Antenor Orrego. Concluye que: El sistema de tratamiento de aguas industriales tenía deficiencias en lo que respecta a valores altos de concentración, esto debido a una falta de medición y un inadecuado control, esto podría contaminar el medio ambiente trayendo como consecuencia de ocurrir esto, multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones. Por lo cual Se diseñaron las estrategias y lazos de control para las diferentes variables del proceso.

Rios D. (2013) en su tesis: “*Diseño de un sistema de fermentación para la elaboración de 100 litros de chicha de jora.*” Pontificia Universidad Católica Del Perú. Concluye que: El diseño facilita la optimización del sistema de control y automatización con el uso de un controlador PID para regular los flujos de fluidos térmicos.

2.2 Bases teóricas

En este capítulo se brindará la información necesaria que se necesita conocer para poder realizar el diseño con el módulo PID del PLC S7-300 para el almacenaje y despacho de Aceite Crudo a Granel.

2.2.1 Automatización

La automatización se ha entendido como una tecnología en la cual se aplican los sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción, de bienes físicos de consumo, además involucra una gran variedad de sistemas y procesos que se ejecutan con mínima o ninguna intervención del ser humano.

Los sistemas modernos de automatización, como el control de las máquinas es realizado por ellas mismas gracias a sensores que controlan y permiten detectar cambios en su alrededor respecto a ciertas variables tales como temperatura, presión volumen y corriente eléctrica entre otros, los cuales le permiten a la máquina realizar los ajustes necesarios para compensar los cambios que se generaron en su entorno.

Conceptualmente, la automatización se basa en una reiterada aplicación del mecanismo de feedback y, por ello, está en ese sentido relacionada con las Teorías de Control y de Sistemas.

2.2.1.1 Automatismos programados

Incorporación de controladores programables al entorno industrial.

Las ventajas son:

- Simplificación en la elaboración de proyectos.
- Facilidad en la introducción de modificaciones: cambios en programa.
- Instalación cómoda y sencilla. Minimización de espacio.
- Mantenimiento rápido y sencillo: herramientas software de diagnóstico y reparación.
- Capacidad de control multiproceso.
- Documentación inmediata de aplicaciones.

2.2.1.2 Clases de automatización industrial

a. Automatización fija. Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto.

b. Automatización programable. Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener.

c. Automatización flexible. Es la más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen

características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora, tal como se muestra en la Figura N°1.

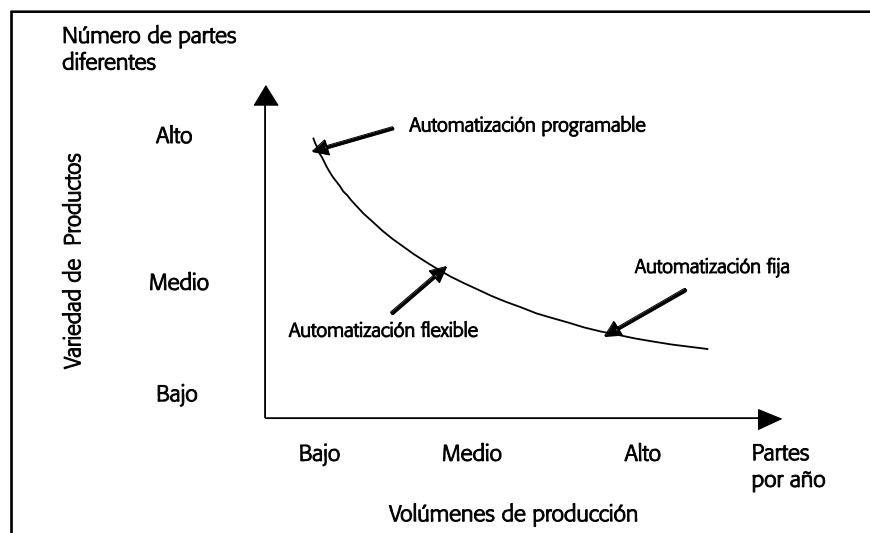


Figura N°1. Gráfica entre las clases de automatización industrial

Fuente: technolifeandmore

2.2.1.3 Pirámide de la automatización aplicada a una empresa

La división en niveles de la estructura funcional de un proceso propicia la representación de un sistema de fabricación integrada por computador, cada nivel se caracteriza por llevar a cabo labores específicas, asociada a ello un tipo de información y de procesamiento diferente. De ahí, queda determinada la jerarquía a la cual pertenece una red. Cada red gobierna las funciones del

nivel inferior y sirve de interfaz al nivel superior (integración del proceso automatizado). El flujo de la información fluye tanto en sentido horizontal (dentro de su propio nivel) como en sentido vertical (a un nivel superior o inferior), tal como se muestra en la Figura N°2.

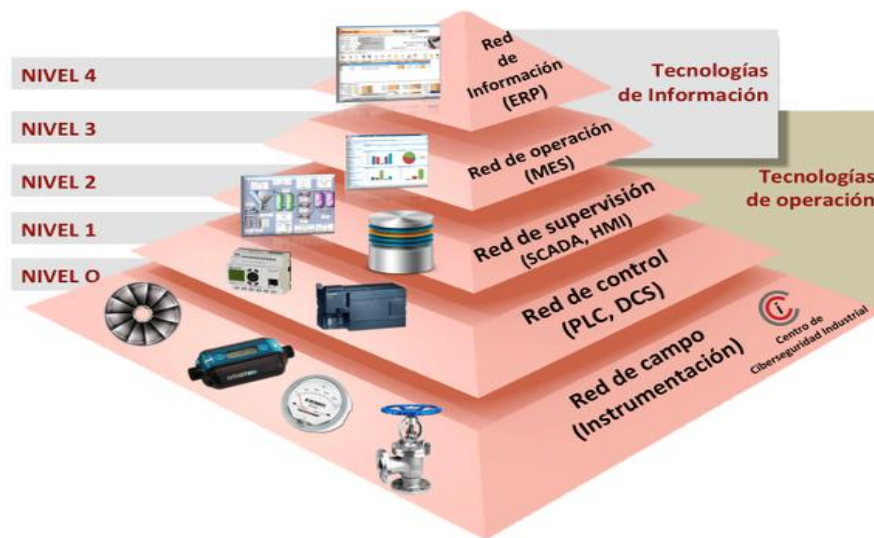


Figura N°2. Pirámide de la automatización

Fuente: Centro de ciberseguridad industrial

Relación de cada nivel y su implementación:

Nivel de Proceso o red de campo: En este nivel se adquieren datos del proceso mediante sensores situados en él y se actúa mediante actuadores.

Los sensores se transfieren a los sistemas de control que forman parte del nivel de estación para que ejecuten los algoritmos de control y que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, envíen las órdenes oportunas a los actuadores.

Nivel de Estación / Máquina o red de control: En este nivel se elabora la información procedente de los dispositivos del nivel inferior y se informa al usuario de la situación de las variables y alarmas.

Forman parte de él los diferentes sistemas electrónicos de control utilizados en cada máquina (PLC's, CNC's, robots, computadores, DCS).

Nivel de Taller / Célula o red de supervisión: En este nivel se realiza la coordinación de las máquinas pertenecientes a la célula de fabricación.

Las tareas generadas en el nivel superior de área o de fábrica se descomponen en un conjunto de operaciones más sencillas que se trasladan, de forma sincronizada, hacia los subprocesos del nivel inferior (almacenamiento y transporte, fabricación, ensamblado, control de calidad)

Nivel de Fábrica o red de operación: En este nivel se realiza la secuencia de tareas y la administración de los recursos. Las principales actividades se centran en la planificación y el control de la producción. En él se diseñan y definen los procesos de fabricación y su secuencia concreta, se gestiona el material y los recursos (máquinas, programas, etc.)

Nivel de Empresa o red de información: En él se consideran principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global.

2.2.2 Sistemas de control

La Automatización Industrial se hace posible mediante los Sistemas de Control, que son organizaciones de equipos e instrumentos (lo físico), que combinados con procedimientos mentales o algorítmicos (lo inteligente) trabajan en torno a propósitos previamente establecidos (lo deseado).

2.2.2.1 Estructura de un sistema de control

- Sistema: Es un conjunto de componentes que trabajan juntos para alcanzar un objetivo determinado.
- Variable controlada: Es la cantidad o condición que se mide y controla. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema.
- Variable manipulada o entrada: Es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- Perturbaciones: Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida.
- El proceso o planta: Es el objeto físico que va a ser controlado, el primer paso es el diseño efectivo de un sistema de control, es entender el proceso que está siendo controlado.

2.2.2.2 Tipos de sistemas de control

A. Sistema de lazo abierto: Un lazo abierto de control significa que no hay medición de la variable controlada y no se puede compensar automáticamente la variable manipulada. En cualquier sistema de control de lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija, como resultado, la precisión del sistema depende de su calibración. No se recomienda ante la presencia de perturbaciones, tal como se muestra en la Figura N°3.

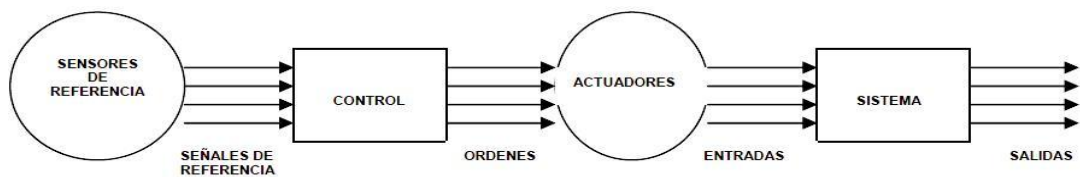


Figura N°3. Sistema lazo abierto

Fuente: technolifeandmore

B. Sistema de lazo cerrado: En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error, que es la diferencia entre la señal de entrada y la salida de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales) a fin de reducir el error, tal como se muestra en la Figura N°4.

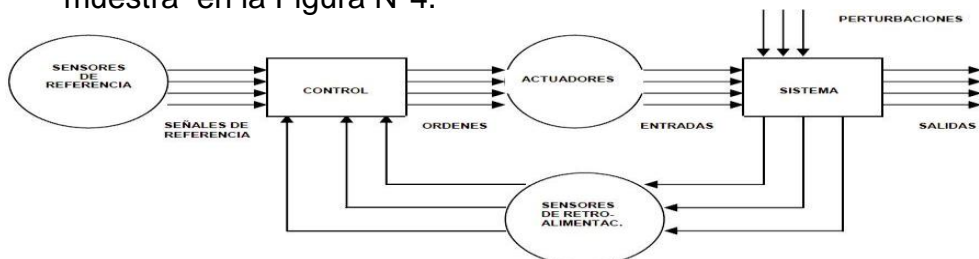


Figura N°4. Sistema lazo cerrado

Fuente: technolifeandmore

2.2.2.3 Acciones de control de evento discreto y continuo

A. Control de evento discreto Se producen en determinados instantes de tiempo, a diferencia de los eventos continuos. El control de eventos discretos opera solo en los instantes al producirse dichos eventos.

B. Control continuo: Cualquier variable que toma valores en el tiempo como las magnitudes físicas. Dentro de este tipo de control se encuentra el control PID del cual se tratara a continuación:

B.1 Control proporcional+integral+derivativo: Combina las acciones: proporcional, integral y derivativa; por lo tanto puede controlar el tiempo de subida, sobre picos y error al mismo tiempo, siempre y cuando se logren sintonizar adecuadamente las constantes.

Un regulador proporcional-integral-derivativo tiene en cuenta el error, la integral del error y la derivada del error, es decir, se utilizan las tres acciones antes mencionadas. La acción de control se calcula multiplicando los tres valores (K_p , K_i , K_d) por una constante y sumando los resultados, como se puede observar en la Figura N°5.

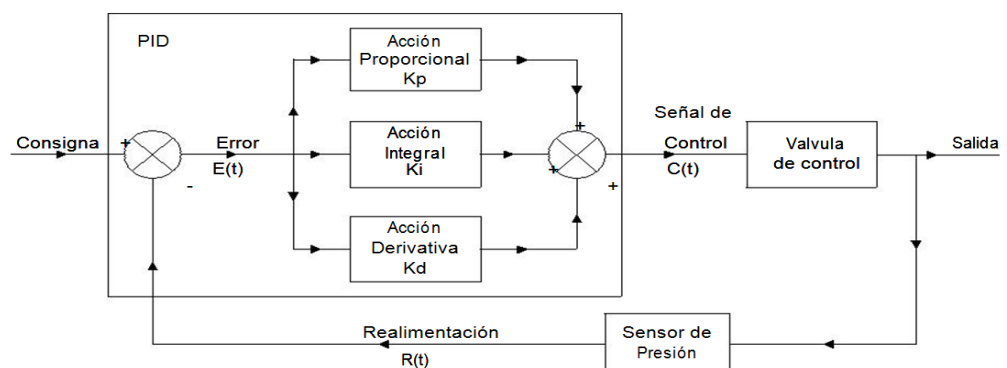


Figura N°5. Diagrama de bloques del control PID

Fuente: technolifeandmore

2.2.3 Descripción de los equipos e instrumentos

2.2.3.1 Sensores

Se llama sensor al instrumento que produce una señal, usualmente eléctrica (anteriormente se utilizaban señales hidráulicas), que refleja el valor de una propiedad, mediante alguna correlación definida (su ganancia). Un sensor es un instrumento que no altera la propiedad censada.

Existe, además, el concepto estricto de transductor: un instrumento que convierte una forma de energía en otra (o una propiedad en otra).

Especificación de un sensor; todos los instrumentos deben ser especificados a un punto tal que aseguren la operación del proceso y que permita la estimación de sus costos. Estas especificaciones se pueden sistematizar, aplicándolas tanto a sistemas sensores como a sistemas actuadores, sin que todas y cada una de las definiciones que siguen a continuación sean aplicables a todo sensor o actuador. Uno de los sensores que usaremos en este proyecto será:

2.2.3.1.1 Sensores de nivel para el tanque de almacenamiento

Una medición no invasiva en líquidos, pastas y sólidos granulados es el método de medición por ultrasonidos es una solución probada, verificada y económica para la medición de nivel en aplicaciones con líquidos y sólidos granulados. Los

instrumentos se suministran en modelos compactos o en versiones separadas. Este principio de medición se caracteriza por una fácil planificación y ensamblaje, una puesta en marcha rápida y segura, una larga vida útil y una inversión en costes de mantenimiento reducida. Las aplicaciones típicas de este método de medición incluyen no sólo productos como requieren alto grado de salubridad si no también productos abrasivos y agresivos, tal como se muestra en la Figura N°6.



Figura N°6: Sensor de Nivel instalado en un tanque

Fuente: www.endress.com

2.2.3.1.2 Válvulas de control

Las válvulas son los elementos finales de control más utilizados, y por ello les dedicaremos una atención especial en cuanto al diseño. El diseño de las válvulas consiste principalmente en la elección de los coeficientes de caudal Kvs y Cv , y el tamaño de la válvula (diámetro nominal).

Las válvulas para tanques si el líquido contenido no es compatible con estos materiales, en estos casos se utiliza de acero inoxidable 316. Las válvulas preferentemente son de paso completo permitiendo el reemplazo de la compuerta sin el desmontaje total de la válvula. Todas tienen un sistema que permita visualizar si está abierta o cerrada. Los sistemas de tuberías están adecuadamente soportadas y protegidas de daños físicos y de sobre esfuerzos por asentamientos, vibración, expansión o contracción., tal como se muestra en la Figura N°7.



Figura N°7: Válvula de control automático o por mando a distancia

Fuente: www.pamline.com

2.2.3.2 Bombas centrifugas

Son las bombas más comunes en la industria de almacenamiento de productos líquidos a granel. Son de tipo rotativo, es decir, cuentan con dispositivo giratorio que genera el efecto centrífugo. Funcionamiento:

- Cuentan con rodetes montados sobre un eje de rotación, mismo que comienza el movimiento rotatorio.

- Al girar, los rodetes generan un efecto centrífugo que permite la succión.
- Cuando el fluido ha sido succionado , es impulsado a través del motor, mismo que tiene un sentido de giro determinado.
- Posteriormente, el mismo efecto centrífugo impulsa al fluido, mismo que sale de la bomba a través de un escape de impulsión que se conecta directamente con el sistema de tuberías.

Componentes:

Caja: Es fabricada en fierro fundido gris o nodular, en algunos casos especiales puede ser de bronce o acero inoxidable como en este caso para productos comestibles.

Impulsor: Está diseñado para una máxima eficiencia de bombeo también de acero inoxidable como se muestra en la Figura N°8.



Figura N°8: Bomba centrífuga

Fuente: Propia

2.2.3.3 Sistema de tuberías

El diseño, fabricación, montaje, prueba e inspección del sistema de tuberías en las instalaciones para almacenamiento de son adecuados a las máximas presiones de trabajo y esfuerzos mecánicos que pueden esperarse en el servicio. Para llevar a cabo este proyecto se ha tomado en cuenta las normas ANSI B31.3 y/o ANSI B31.4. Las tuberías en general serán de 6" de diámetro.

Tubería de succión: La tubería de succión debe de ser igual o de preferencia mayor al diámetro de succión de la bomba y de recorrido ascendente hacia la bomba para evitar la acumulación de gases. La tubería de succión debe ser hermética, lo más corta posible y con la menor cantidad de accesorios posible para evitar el ingreso de aire.

Tubería de descarga: En la tubería de descarga, para reducir la pérdida de carga en la tubería, ésta deberá ser lo más recta posible, minimizando el número de accesorios en la instalación. De ser posible se usará codos o curvas de radio largo para reducir las pérdidas de energía y una válvula de objeto compuerta para evitar el retorno del líquido cuando se detenga la bomba (evitando el giro contrario en algunos casos), sirviendo además de protección contra el incremento súbito de presión (golpe de ariete) en la caja de la bomba. Es importante proveer de una conexión adecuada para el cebado de la bomba así como juntas de expansión (uniones flexibles) para evitar que se transmita esfuerzos y vibraciones hacia y desde la bomba

2.2.3.4 Automatas programables

Un Autómata Programable es un equipo o máquina electrónica, programable, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente industrial procesos secuenciales o combinacionales. También existen los micro-autómatas destinados a pequeñas necesidades y al alcance de cualquier persona, que se han popularizado en la automatización de viviendas y edificios (domótica). Los Autómatas modernos tienen incorporados, además de las funciones de tratamiento lógico, funciones de cálculo numérico, de regulación de PID y de servocontrol.

La definición de Autómata Programable Industrial según el *National Electrical Manufactures Association (NEMA)*:

“Aparato electrónico digital que usa memoria programable para el almacenamiento de instrucciones que implementan funciones lógicas, secuenciales, temporizadores, contadores y aritméticas para controlar a través de módulos de entrada/ salida digital y analógica diferentes tipos de máquinas o procesos.”

Existen varias abreviaturas de Autómata Programable que se utilizan comúnmente en el entorno industrial:

- API: Autómata Programable Industrial
- PLC: Controlador Lógico Programable.
- PC: Controlador Programable

El Autómata Programable Industrial nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores,...) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores,...) por otra.

Ventajas

- Lógica programada y no cableada.
- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Menor tiempo de respuesta en funcionamiento.
- Gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Posibilidad de hacer cambios fácilmente, según los desarrollos o cambios en las máquinas y con un coste mínimo.
- Menor coste de mano de obra y mantenimiento.
- Menor peso y tamaño. Mayor fiabilidad.
- Se puede instalar en ambientes industriales donde existan condiciones severas de temperatura, ambiente, influencias eléctricas y químicas, humedad, vibración, ruidos, polvo, contaminantes, cortes de energía.
- Permite la simulación de procesos, alarmas y fallas sin influir directamente en el proceso.

2.2.3.5 Controlador lógico programable (PLC)

Un PLC es un sistema electrónico operado digitalmente, diseñado para trabajar en entornos industriales, que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones orientadas al usuario las cuales implementan funciones específicas de tipo lógico, de temporización, de contaje, aritméticas, y otras de carácter más específicamente relacionadas con tareas de automatización, con el objetivo de controlar, por medio de señales de entrada y salidas analógicas o digitales, varios tipos de máquinas o procesos, tal como se muestra en la Figura N°9.

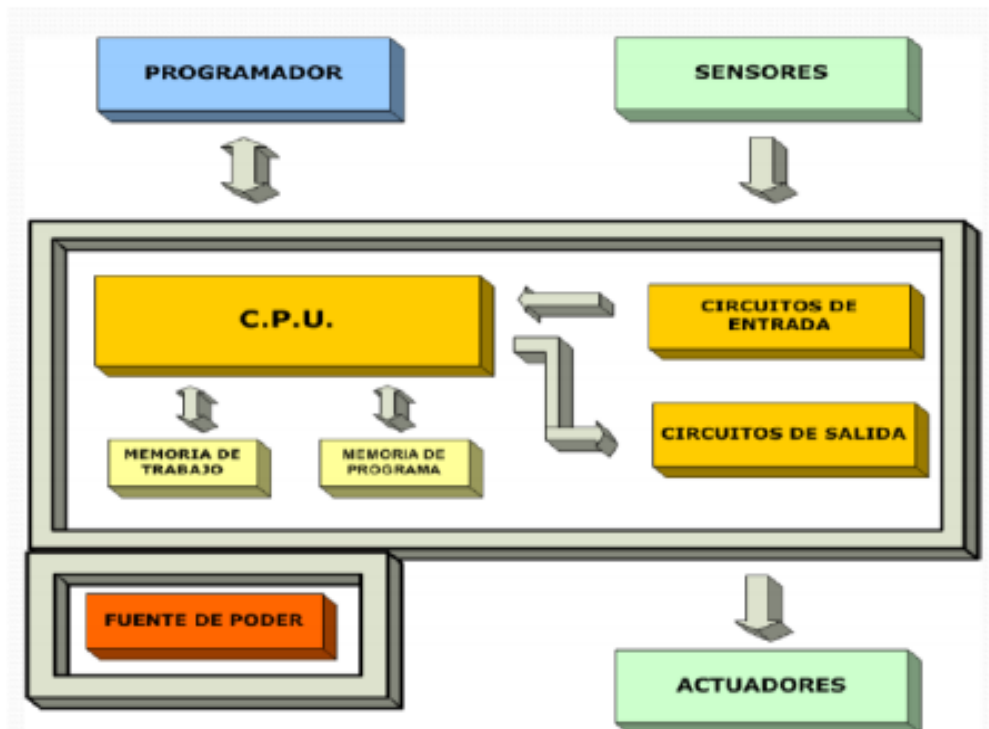


Figura N°9. Esquema de un PLC

Fuente: yoingenieria.com

2.2.3.5.1 Estructura del PLC Simatic S7-300

Los equipos Simatic S7 actualmente han superado ya la fase de maduración, por lo que se podría asegurar que es un sistema avanzado en el campo de la automatización de procesos mediante PLC.

El sistema de automatización SIMATIC S7-300 es un sistema modular de control para sistemas medianos y pequeños. Permite una adaptación óptima en las tareas a automatizar ya que existe la posibilidad de una ampliación en los módulos (entradas/salidas digitales, entradas/salidas analógicas, entre otras).

a. Estructura interna: Los PLC se componen esencialmente de los siguientes bloques:

- CPU, Unidad central de proceso o de control.
- Memorias.
- Interfaces de entrada y salida.

b. Estructura externa

- Compacta: consiste en una única pieza en la que se integran en un mismo bloque la alimentación, entradas y salidas y la CPU.
- Modular: en los que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas, las salidas, etc..., son cada una un módulo que se eligen en función de la aplicación requerida.

2.2.3.5.2 Elementos de manejo y visualización de la CPU 314C 2 DP

La **CPU 314 2DP** (nº ref. 6ES7314-6CG03-0AB0) del sistema de automatización SIMATIC S7-300 [8], sus entradas y salidas analógicas y digitales, así como algunos elementos importantes se pueden ver en la Figura N°10.

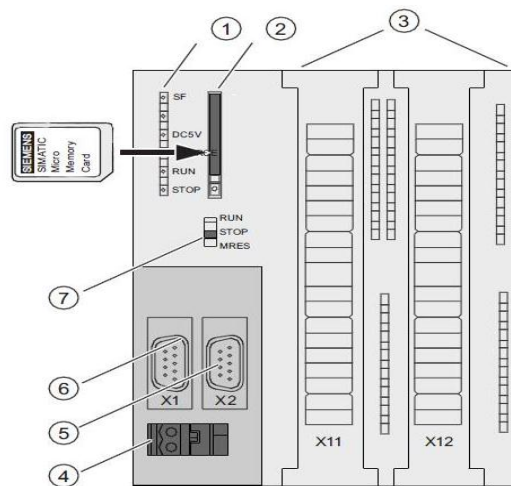


Figura N°10: Partes de un PLC S7 314C 2 DP
Fuente: www.siemens.com

- 1 Led's Indicadores de estado y error.
- 2 Ranura de Micro memory Card con expulsor.
 - El módulo de memoria empleado es una Micro Memory Card SIMATIC. Dicho módulo se puede utilizar como memoria de carga o como soporte de datos de bolsillo.
 - Estas CPUs, para su funcionamiento es imprescindible insertar una Micro Memory Card SIMATIC.
- 3 Conexiones de las entradas y salidas integradas.
 - Este autómatas lleva integrado:

5 Entradas analógicas y 2 salidas analógicas (configurables en tensión o intensidad).

8 Entradas digitales en cada grupo.

8 Salidas digitales en cada grupo.

8 Entradas de alarmas en cada grupo.

3 Contadores de alta velocidad.

1 Canal para posicionamiento (al utilizar una función de posicionamiento, sólo se dispone de los canales de conteo 2 y 3).

- La numeración de las entradas y de las salidas es configurable. Se puede cambiar su numeración.
- La Figura N°11 muestra las entradas y salidas digitales y analógicas integradas de la CPU con las puertas frontales abiertas.

1 - corresponde a las entradas y salidas analógicas.

2- están las ocho entradas digitales en cada grupo.

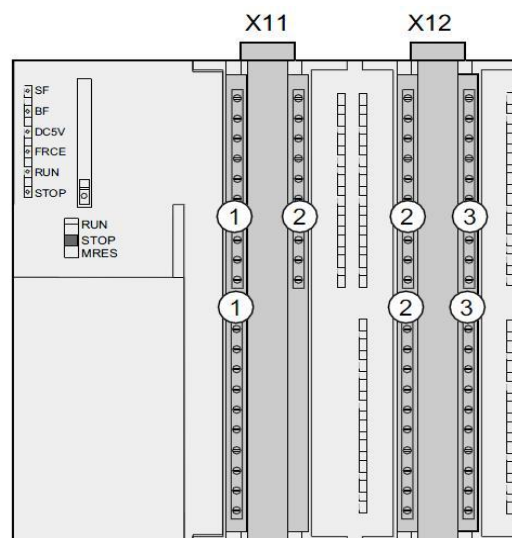


Figura N°11. Entradas y salidas analógicas - digitales.

Fuente: www.siemens.com

4. Conexión para fuente de alimentación:

- 24 Vcc (margen admisible: 20,8 V a 28 V).
- Consumo de corriente nominal: 800 mA.

Para alimentar la CPU del S7-300 se precisa de una fuente de alimentación de 24 Vcc. Se ha utilizado la fuente de alimentación PS 307 2A (nº ref. 6ES7307-1BA00-0AA0) de la gama de productos que SIMATIC nos ofrece. Puede verse su aspecto físico en la Figura N°12.



Figura N°12. Aspecto físico de la fuente PS 307 2A.

Fuente: www.siemens.com

Esta fuente de alimentación cuenta con las siguientes características eléctricas:

- Intensidad de salida 2 A.
- Tensión nominal de salida 24 Vcc., estabilizada, a prueba de cortocircuitos y marcha en vacío.
- Acometida monofásica (tensión nominal de entrada 120/230 Vca, 50/60 Hz).

- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga.

5 Interfaz Profibus DP

- La interfaz PROFIBUS DP sirve principalmente para conectar aparatos de la periferia descentralizada. Por ejemplo, con PROFIBUS DP se pueden configurar subredes de gran tamaño.
- La interfaz PROFIBUS DP se puede configurar como maestro o como esclavo, permitiendo utilizar una velocidad de transferencia máxima de 12 Mbits/s.
- Vía PROFIBUS DP podemos conectar aparatos PG/PC, OP/TP, Esclavos o Maestros DP, Actuadores/Sensores o con S7-300/S7-400 con este interfaz.

6 Interfaz X1 (MPI).

- La MPI (Multi Point Interface) es el enlace entre la CPU del PLC y el ordenador o para comunicar una red MPI.
- La velocidad de transferencia predeterminada es de 187,5 Kbits/s.
- Se pueden conectar aparatos vía MPI tales como PG/PC, OP/TP, S7-300/S7-400 con este interfaz y con S7-200 (solo a 19,2 Kbits/s)

7 Selector de modo de operación.

MRES: Reset borrado total de la CPU

RUN: CPU en modo RUN, es decir que procesa el programa usuario.

STOP: Modo de operación STOP, es decir que la CPU no procesa.

2.2.3.6 Regulación PID en la estructura SIEMENS

Módulo de control PID: El objetivo que tiene este módulo es el de poder regular una variable física de un sistema o proceso. El control continuo que nos da la función de este módulo nos permite regular la presión de nuestro tanque. El módulo PID en el autómatas Siemens 300 es el FB41 CONT_C como se muestra en la Figura N°13 y su esquema de bloques en la Figura N°14.

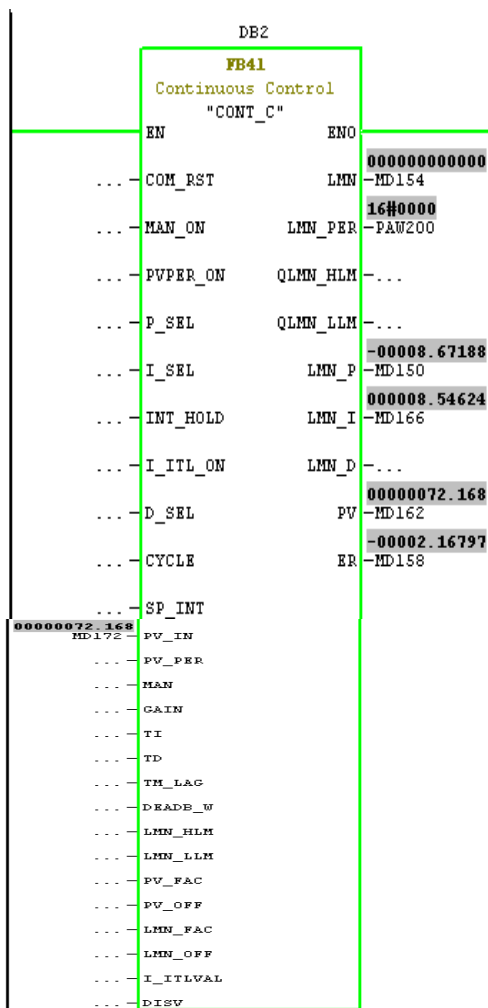


Figura N°13: Modulo PID FB 41

Fuente: Propia

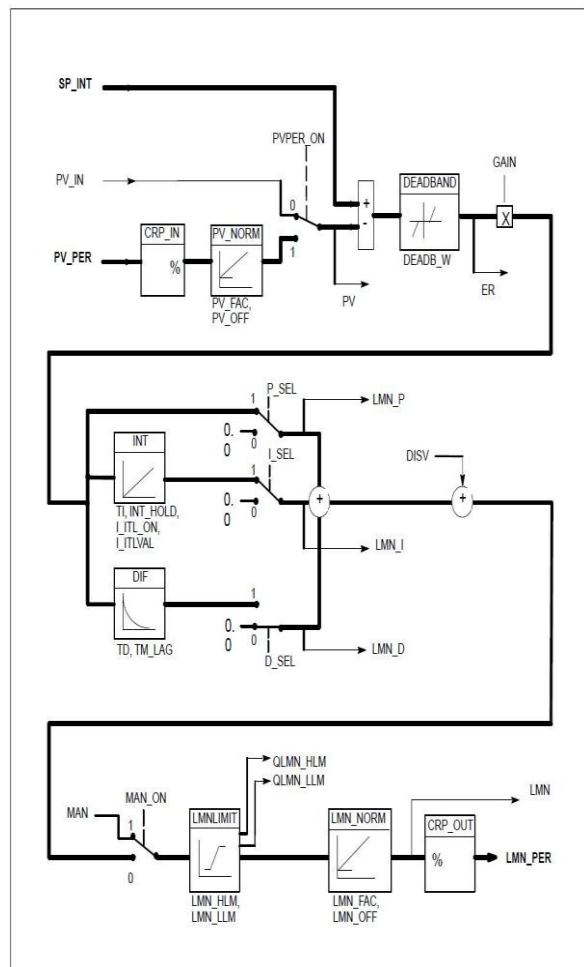


Figura N°14. Esquema de bloques PID

Fuente: Step 7

El esquema de bloques se va dividir en 3: Superior, intermedia e inferior:

- Parte superior: En esta parte se realiza la comparación entre la consigna y el valor real del proceso normalizado, y así crear el error de regulación.
- Parte intermedia: Se pueden conectar o desconectar las funciones parciales del regulador (P, PI y PID), que se aplicaran al error originado en la parte superior. Se introducen los valores de los parámetros de cada una de las acciones (KP, KI y KD) y se lee la salida que corresponde a cada parámetro y, teniendo en cuenta la perturbación DISV, originar la salida real del regulador.
- Parte inferior: En esta última parte se obtiene la salida que origina el regulador, ya sea manual o automáticamente. Se pueden establecer límites para esta señal de control y se transforma en números reales y en formato de periferia.

Los parámetros mostrados en el FB41 son:

Periferia:	Entrada PV_PER.
Interno:	Entrada PV_IN
Factor de normalización:	PV_FAC.
Offset de normalización:	PV_OFF.
Ancho de zona muerta:	DEADB_W.
Conectar acción P:	P_SEL.
Ganancia proporcional:	GAIN.
Conectar acción I:	I_SEL.

Tiempo de integración:	TI.
Tiempo de acción D:	TD
Inicializar acción I:	I_ITL_ON.
Valor de inicialización:	I_ITLVAL.
Conectar acción D:	D_SEL.
Retardo:	TM_LAG.
Modo automático:	si MAN_ON = 0.
Modo manual:	si MAN_ON = 1
Límite superior:	LMN_HLM.
Límite inferior: L	MN_LLM.
Factor de normalización:	LMN_FAC.
Offset de normalización:	LMN_OFF.

2.2.3.7 Interfaces de usuarios HMI

Las interfaces humano máquina HMI (human machine interface), poseen la difícil tarea de informar, monitorear y avisar todo lo que ocurre en un proceso a un operador, existen muchos tipos de paneles operadores, los más usuales en la actualidad son los táctiles y los que tienen botones. Los táctiles son preferidos por empresas que quieren aprovechar al máximo la pantalla y hacerla más interactiva con el usuario, en cambio la que se maneja mediante botones es usual en fábricas donde los materiales de los paneles táctiles se destruyen con facilidad. Existen de todos los tamaños (4in a 15in), en toda definición, desde 4 tonos de

azules o grises, 256 colores, 16M colores, HD (high definition), etc., y en todos los tipos de carcazas, tanto plásticas, aluminio, etc., así como paneles estáticos que se los monta en un tablero y móviles que se este mueven con el operador.

Se muestra el panel HMI que usaremos en proyecto en la Figura N°15.

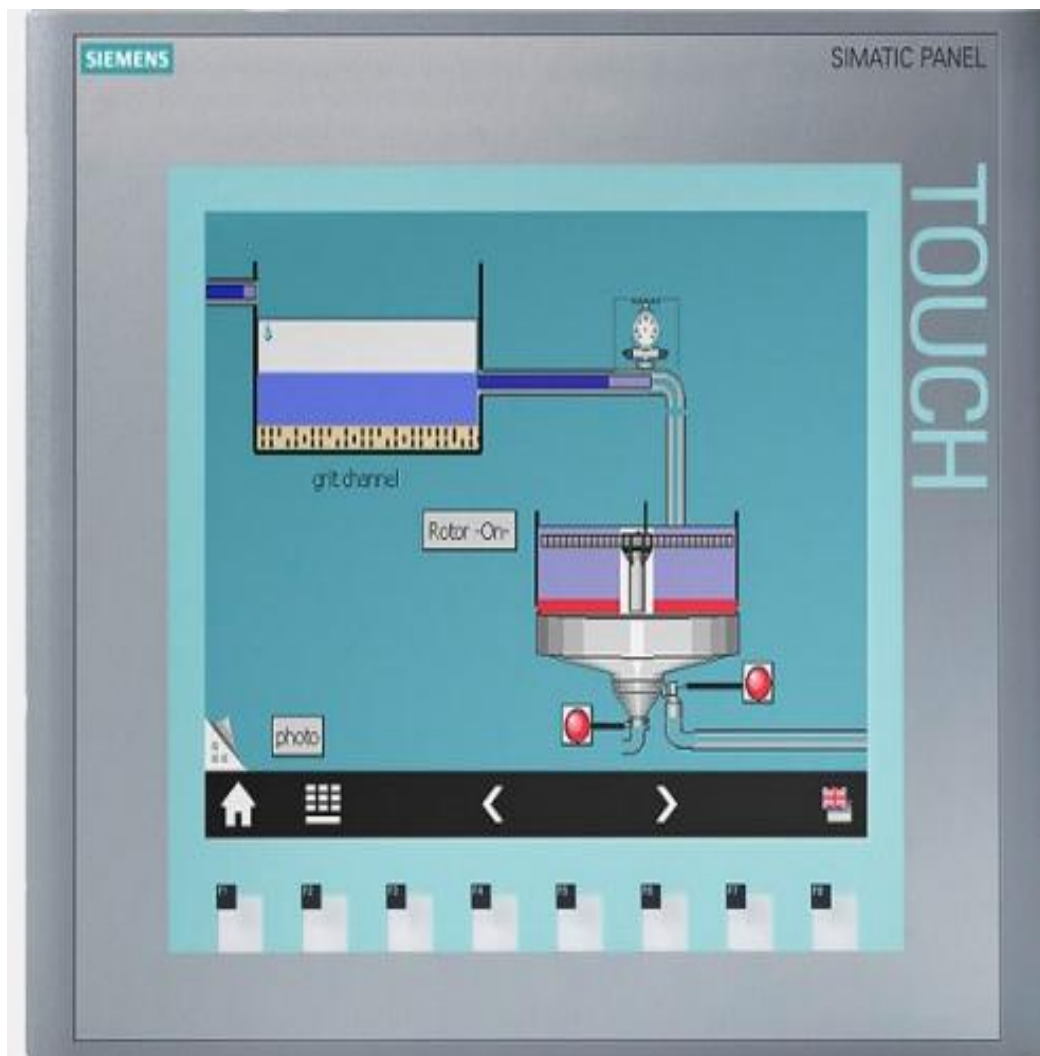


Figura N°15. Panel HMI KTP 1000

Fuente: www.carven-shop.com

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Definición de conceptos

Se detallaran a continuación conceptos de algunos términos:

- **Sistema automatizado** Es un sistema donde se trasfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales: Parte de Mando y Parte Operativa
- **Autómata:** Un autómata es un sistema secuencial, en ocasiones también esta palabra se utiliza para referirse a un robot. Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar en ambientes industriales y en tiempo real, procesos secuenciales.
- **Proceso industrial:** Conjunto de actividades a desarrollar por un sistema electromecánico y/o químico para producir un producto
- **Control:** El concepto de control es extraordinariamente amplio, abarcando desde un simple interruptor que gobierna el encendido de una bombilla o el grifo que regula el paso de agua en una tubería, hasta el más complejo ordenador de proceso o el piloto automático de un avión. Podríamos definir el control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado planta a través de otro sistema llamado sistema de control.
- **Los procesos industriales con automatización continua:** son aquellos donde el proceso de fabricación se va realizando de manera

constante y la materia prima fluye de manera continua, a través del proceso de producción.

- **Sistemas analógicos:** Trabajan con señales continuas, representando magnitudes físicas del proceso tales como presión, temperatura, velocidad, etc., mediante una tensión o corriente proporcionales a su valor (0-10 volts, 4 a 20 mA, etc.)
- **Sistemas digitales:** Trabajan con señales todo o nada también llamadas binarias, representadas con variables lógicas o bits, cuyos valores solo pueden ser 0 ó 1. Si la variable es de un bit se llaman automatismos lógicos. Si la variable procesan señales de varios bits para representar valores numéricos se llaman automatismos digitales.
- **Totally Integrated Automation (TIA):** Es una estrategia desarrollada por Siemens para ofrecer una solución integrada de diferentes productos para la automatización de procesos.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Diseño del sistema de almacenaje e instrumentación

3.1.1 Descripción General

El proyecto contempla el sistema de recepción y el sistema de control de los despachos. Características de acuerdo a la Tabla N°1:

TANQUE NUMERO	TIPO	CAPACIDAD ALMACENAMIENTO	UNIDAD	ALTURA REF. (Metros)	DIAMETRO (metros)
3	Vertical	2,000	TM	20	14.55
4	Vertical	2,000	TM	20	14.55
TOTAL		4,000	TM		

Tabla N°1. Medidas de los tanques de almacenamiento

Se ha construido los 2 tanques con lo cual se tendrá una capacidad de almacenaje de 4000 TM. Sin embargo los lotes de importación del producto que llegarán en buques tanques serán de 7000 TM, lo que quiere decir que durante la operación de desembarque en simultáneo se deberán despachar

3000 TM a las cisternas para evitar sobre estadías de los buques tanques al interrumpir la descarga por demoras en la atención de las cisternas, se requiere contar con un sistema de despacho eficiente.

Alcance requerido para el sistema de despacho

Las condiciones de despacho son 2:

- a) En condiciones diferentes a las de los desembarques de buques tanques. Para esta operación se emplearán bombas centrifugas de 150 TM y la cantidad a despachar se controlará mediante balanzas de pesaje de camiones. La balanza deberá emitir una señal cuando se alcance cierto porcentaje de lo requerido para que una válvula proporcional reguladora de caudal se vaya cerrando y cuando se alcance la carga completa se deberá cerrar la válvula y parar la bomba, se deberá considerar la forma de evitar golpes de ariete.
- b) Durante los desembarques de productos se utilizará la bomba de la nave para llenar las cisternas. Como el régimen de descarga de los buques tanques se estima que pueda estar entre 300 y 350 TM/hr, el llenado de las cisternas se haría muy rápido con un riesgo alto de originar un derrame por sobrellenado ya que no se tiene control sobre la bomba del buque. Por este motivo el llenado de las cisternas deberá hacerse en forma paralela al llenado de los tanques de almacenaje. Adicionalmente a las válvulas de control o proporcionales en las 2 torres de despacho, se deberán de contar con válvulas en el ingreso de cada tanque, de tal forma que mientras se esté llenando una cisterna, la

válvula del tanque esté parcialmente estrangulada y cuando se cierre la válvula de control de la cisterna al haber alcanzado el peso que se debe despachar (el cual debe ser ingresado ya que depende de la capacidad de cada cisterna) se abra por completo la del tanque.

En ambos casos se requiere:

- i) La cantidad a despachar en cada cisterna se pueda ingresar, la cual puede variar entre el rango de 5 a 50 toneladas.
- ii) La balanza será proporcionada por Barcino y contará con protocolos de comunicación Ethernet, profibus y de 4 a 20 mA.
- iii) El panel de control HMI de 10" deberá ser instalado en la Sala de descarga mostrada en el plano adjunto.
- iv) Suministro de los equipos que incluyen PLC, válvulas proporcionales, panel de control HMI de 10".

3.1.2 Descripción de los procesos de carga y descarga

El proceso (carga o descarga) es totalmente automático prescindiendo de la posibilidad de realizar la operación en manual por motivos de seguridad, se trata de evitar lo máximo posible la intervención del hombre en el proceso.

Se dispone de un panel de control local, de donde se controlara las principales indicaciones para el correcto funcionamiento. Posición correcta de las válvulas para realizar la carga o descarga de cisternas.

El control de despacho se realiza con nuestra Balanza plataforma electrónica de 18 metros de largo y 80 toneladas de capacidad de pesaje, certificada por INDECOPI, la cual da el reporte de descarga de acuerdo a las guías de pesaje.

3.1.3 Funciones de control

3.1.3.1 Control de evento discreto

Se han de implementado las siguientes funciones de control discreto para el control de los siguientes elementos:

- 2 Electrobombas centrifugas
- Enclavamientos de seguridad
- Operaciones automáticas.

La lógica de control discreto puede recibir comandos (abrir, cerrar, parar...) .El sistema incluirá enclavamientos de seguridad para forzar los elementos de control discreto a estado seguro (cierre de válvulas, paro bomba) ante condiciones de detección de fallas o emergencias.

3.1.3.2 Control continuo

Se han de implementado las funciones de control continuo para el control de los siguientes elementos:

- 2 balanzas
- Nivel de los tanques

3.1.4 Instrumentación a instalarse en el sistema

3.1.4.1 Sensores de nivel por ultrasonidos

Se eligió la marca ENDRES+HAUSER modelo Prosonic FMU44

Ventajas

- Insensible a las propiedades del producto, por ejemplo: constante dieléctrica, densidad o humedad.
- Puesta en marcha fácil y rápida gracias al ajuste al valor inicial de los parámetros de aplicación.

El sensor es apto para la medición de nivel no invasiva en fluidos. Este modelo tiene una capacidad de hasta 20 metros. El transmisor es de diseño compacto con tecnología de cuatro hilos para ser monitoreado a distancia (Ver anexo para ver los parámetros específicos). El sensor se muestra en la ver Figura N°16.



FiguraN°16 .Sensor ENDRES+HAUSER modelo Prosonic M FMU44

Fuente: www.endress.com

3.1.4.2 Sensor indicador de Peso (Balanza)

La balanza requerida para el control de despacho de cisternas debe cubrir las necesidades de la planta, es decir, tamaño, capacidad de pesaje y equipos para el control y emisión de guías de remisión. Los equipos mínimos requeridos para una balanza son los siguientes:

A.- Plataforma de pesaje: ROC V4 Weighbridge.

La báscula ROC es una báscula de hormigón satisfacer la dimensión de sus proyectos gracias a sus cinco elementos estándar. Su diseño modular en hormigón estructurado fundido fábrica ofrece muchos beneficios:

- fácil de reubicar y reinstalar.
- Larga duración: resistencia a la corrosión, golpes, sobrecargas y vibraciones.
- La báscula ROC está equipada con células de carga de compresión analógica o digital, lo que garantiza un mejor uso de la cadena digital (simplificado ajuste, intercambiabilidad, fiabilidad).
- La carga máxima soportada por el puente de pesaje ROC depende de la distribución de la carga por eje del vehículo.

B.- Equipo de Pesaje

La báscula se posiciona en la zona de carga-descarga es decir en una zona clasificada, el equipo se comunica con el PLC por un puerto serie (RS-422) .Los criterios para escoger el equipo de pesaje serán:

- 1º Precio
- 2º Fiabilidad y estabilidad
- 3º Facilidad de instalación
- 4º Bajo mantenimiento
- 5º Servicio post venta

El indicador de peso Ex 2-22 i 40 - Precia Molen se muestra en la Figura N°.17.



Fig. N°17. Balanza Ex 2-22 i 40 - Precia Molen

Fuente: www.preciamolen.com

Comunicación

- RS232 / RS485 configurable.
- Protocolos: Esclavo Modbus RTU, PM A + esclavo y PM A + repetidor maestro.

Umbrales de Peso

- 4 salidas digitales 30 V AC / DC - 100 mA con aislamiento galvánico.
- Peso bruto o definición neta umbral de peso.

Este equipo nos permite obtener el peso de una báscula por diferentes

canales, salidas analógicas (4 - 20 mA), 8 salidas digitales y comunicación serie RS-232 y RS-485. Se usará esta última la comunicación serie (RS-422).

3.1.4.3 Electroválvulas

Se propone utilizar la válvula de control serie e2001 de la marca Saint-Gobain; ver Figura N°.18.



Figura N° 18. Válvula de control serie e2001

Fuente: Propia

Son auto operadas hidráulicamente por un diafragma del tipo actuador, montado en un cuerpo del tipo globo.

La válvula es controlada por el PLC que permite el control local o remoto de varias funciones tales como, operación de tiempo relacionado a la dosificación en este caso de aceite.

Consideraciones de diseño:

- La válvula debe ser adecuada al flujo máximo y pérdida de carga

permitida

- Diámetro del cableado del solenoide se debe seleccionar de manera que la tensión de activación - pérdidas será igual al valor nominal \pm 10%

Características:

- Se puede realizar cualquier función de control.
- Control electrónico de alta precisión y fiable.
- Mando de baja potencia.
- Diseño simple y fiable.

3.1.4.4 Equipo de bombeo

Instalación

La bomba debe ser colocada de modo que la tubería de succión y descarga puedan ser conectadas directamente con los accesorios soportados y anclados cerca de la bomba y en forma independiente, de tal forma que ninguna fuerza o tensión sea transmitida a la bomba. Las tensiones de las tuberías causan generalmente desalineamiento, vibración, roturas de acoplamiento y daños en los rodajes. Las bridas de las tuberías deben coincidir perfectamente con las de la bomba antes de

que sean ajustadas con los pernos. La electrobomba que se usara en este proyecto se detalla a continuación:

Electrobomba centrífuga normalizada de la línea NDQ – marca Drotec

Las principales aplicaciones de esta serie de bombas centrífugas se encuentran en transferencias y procesos industriales: agua, alcoholes, aceites vegetales, productos químicos, colorantes, biocombustibles, etc. y en general todo líquido limpio o ligeramente sucio puede ser manejado por esta serie de bombas. Aptas para pesos específicos mayores y menores que 1,00 y viscosidades mayores a la del agua.

Asimismo se cuenta con dos motor- bomba centrífuga de 6" x 6" marca Drotec, con rendimiento de 150 TM/Hora modelo CA 150R. (Ver anexo para ver los parámetros específicos). Ver electrobombas en la Figura N°19.



Figura N°19: Bomba Drotec de acero inoxidable interno

Fuente: Propia

3.1.5 Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas se diseñan considerando las Norma NFPA 70 (Seguridad Eléctrica en lugares de trabajo). Todas las estructuras metálicas, bombas, plataformas, tanques y otros, pasan una correcta puesta a tierra. Se cuenta con las siguientes instalaciones:

- Tablero de transferencia automática con opción a control manual mediante el Relé de transferencia de la marca Socomec y su contactor ver Figura N°20. Y MicroPLC Socomec Atys C-30 ver Figura N°21.

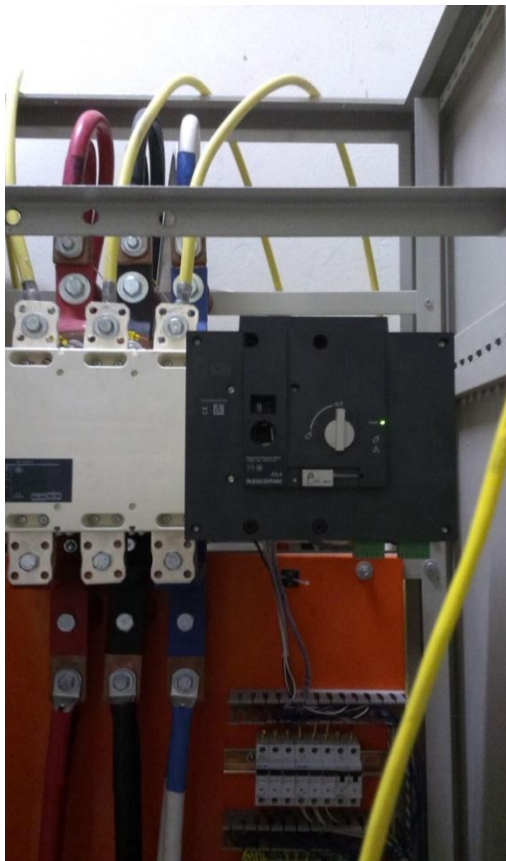


Figura N°20. Tablero TTA

Fuente: Propia



Figura N°21. Micro-PLC Socomec

Fuente: Propia

- Tablero General controlado por el Interruptor automático en aire Masterpack NW Schneider de 3200 Amp. de ruptura. Ver la Figura N°22.
- Tablero de control general para las redes de comunicación industrial y PLC's de la empresa. Ver Figura N°23.
-



Figura N°22. Tablero General

Fuente: Propia

Figura N°23. Tablero de control

Fuente: Propia

- Un grupo electrógeno para atender emergencias de 400 Kw de potencia, entrega una línea trifásica de 220V de alimentación alterna para el local de empresa en general. Ver la Figura N°24.



Figura N°24. Grupo Electrónico

Fuente: Propia

- HMI instalado en el tablero de transferencia automática. Ver Figura N°25.



Figura N°25. Panel operador de tablero de transferencia automática

Fuente: Propia

3.1.6 Elección del autómatas PLC Siemens S7-300

Una vez nos hemos decantado por el uso del PLC en la automatización nos queda elegir el autómatas a instalar. Los criterios para la elección del autómatas serán:

- Fiabilidad.
- Gama de accesorios.
- Facilidad de instalación con conexión MPI/PROFIBUS/DP.
- Capacidad de procesar señales analógicas.

Establecidos los criterios y estudiados todos los factores, el modelo escogido es el PLC SIEMENS S7-300. Con CPU 314C-2 DP (nº ref. 6ES7314-6CG03-0AB0). Ver Figura N°26:



Figura N°26. Aspecto físico de S7-300 314C-2 DP.

Fuente:

- 96 KB de memoria RAM (32000 instrucciones).

- Tiempo de ejecución: 0,1 μ s operaciones de bits.
- Contador S7 de 256 bytes, con rango de contaje de 0 a 999.
- Contador IEC tipo SFB.
- Temporizador S7 de 256 bytes, con margen de tiempo de 10 ms a 9,990s.
- Bloques: 1024 en total (DBs, FCs, FBs).
 - OB: capacidad de 16 Kbytes.
 - FB: máximo 512 (de FB0 a FB511).
 - FC: máximo 512 (de FC0 a FC511).

- Áreas de direccionamiento:
 - Digitales: 24 entradas (124.0 a 126.7), 16 salidas (124.0 a 125.7).
 - Analógicas: 4 + 1 entradas (752 a 761), 2 salidas (752 a 755).

- Lenguaje de programación: KOP/FUP/AWL.
- Funciones integradas:
 - Contadores: 4 canales, 24 V/60 kHz.
 - Frecuencímetro: 4 canales, máximo 60 kHz.
 - Salidas de impulso (PCM): 4 canales para modular ancho de pulso
máximo hasta 2,5 kHz.
 - Control SFB integrado: Regulador PID.
- Integra un puerto PROFIBUS DP maestro/esclavo.
- Integra un puerto MPI.

3.1.7 HMI compatible con el PLC Siemens S7-300

Los **KTP1000 Basic** color están orientados a tareas del rango medio de desempeño (sin scripts ni archivos). Estos dispositivos ofrecen pantallas tipo Touch de 256 colores, así como 8 teclas de función libremente configurables.

Los KTP1000 Basic Color están equipados con una pantalla de 10.4" tipo TFT, ofreciendo hasta 256 colores. La resolución de 640 x 480 pixeles. Los paneles pueden ser operados a través de pantallas tipo touch análogo-resistivo y, adicionalmente por medio de 8 teclas de función táctiles libremente configurables, las cuales cuando son actuadas proveen una indicación de retroalimentación. Estos dispositivos pueden ser configurados utilizando WinCC Basic (TIA Portal) o mediante WinCC Flexible Compact .Ver Panel En la Figura N°27.



Figura N°27: HMI SIEMENS - KTP1000 BASIC COLOR DP

Fuente: www.carven-shop.com

3.2 Diseño del programa del PLC en TIA-PORTAL (V.11)

Se usa este lenguaje de programación por lo que muy sencillo de ver en él los pasos del programa, y seguir las condiciones del proceso. El software TIA PORTAL Es una estrategia desarrollada por Siemens para ofrecer una solución integrada de diferentes productos para la automatización de procesos y para la programación PID usaremos el STEP 7. La pantalla de inicio de programación se muestra en la Figura N°28.

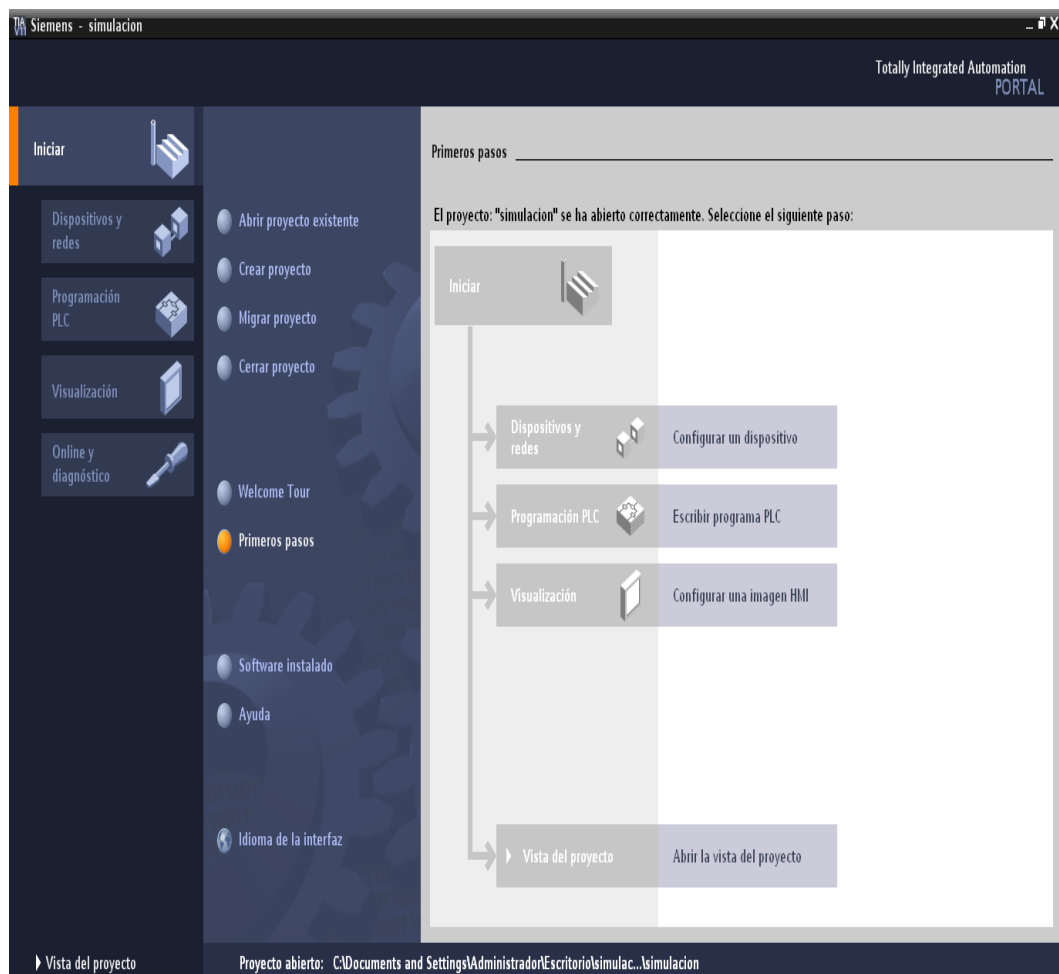


Figura N°28. Pantalla de inicio del Tia Portal

Fuente: Propia

1. Primero se configura los parámetros de la ubicación y direcciones a usarse en PLC Siemens CPU 314C 2DP tal como se muestra en la Figura N°29.

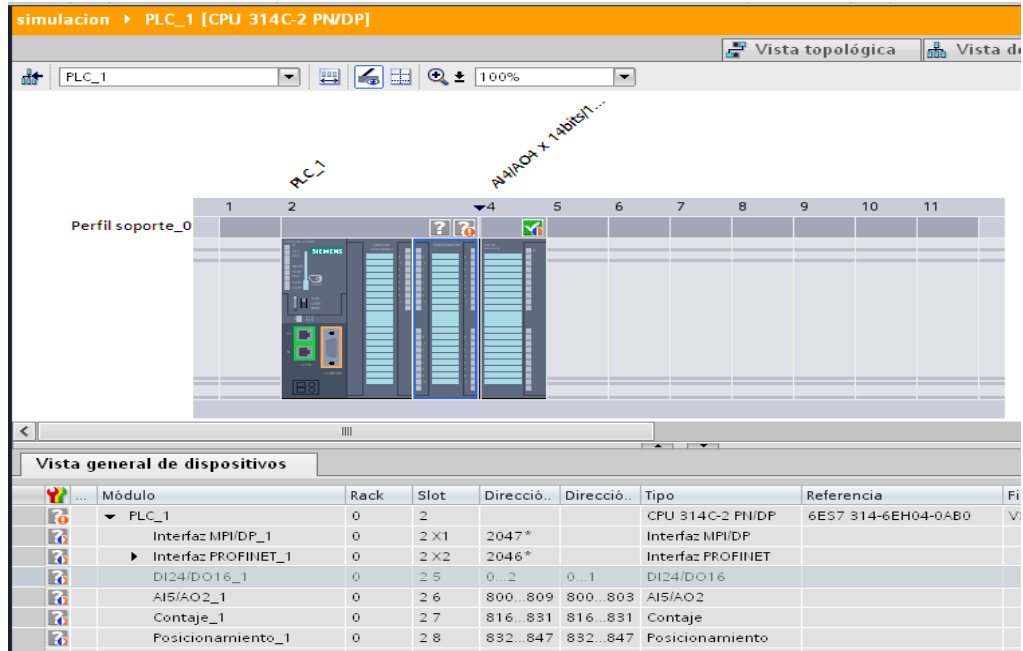


Figura N°29. Parámetros PLC Siemens CPU 314C 2DP

Fuente: Propia

- CPU 314C 2DP. Ref.: 6ES7 314-6CF00-0AB0

Dirección de la periferia integrada:

Slot 25: Entradas digitales EB0, EB1y EB2

Salidas digitales: AB0 y AB1

Slot 26 : Entradas analógicas: PEW800 a PEW809

Salidas analógicas: PAW800 a PAW 803

- Tarjeta de 16 Entradas digitales y 16 Salidas digitales.

2. Se configuró la conexión MPI para que el Panel KTP 1000 Basic DP pueda ser reconocido en la simulación como se ve en la Figura N°30.

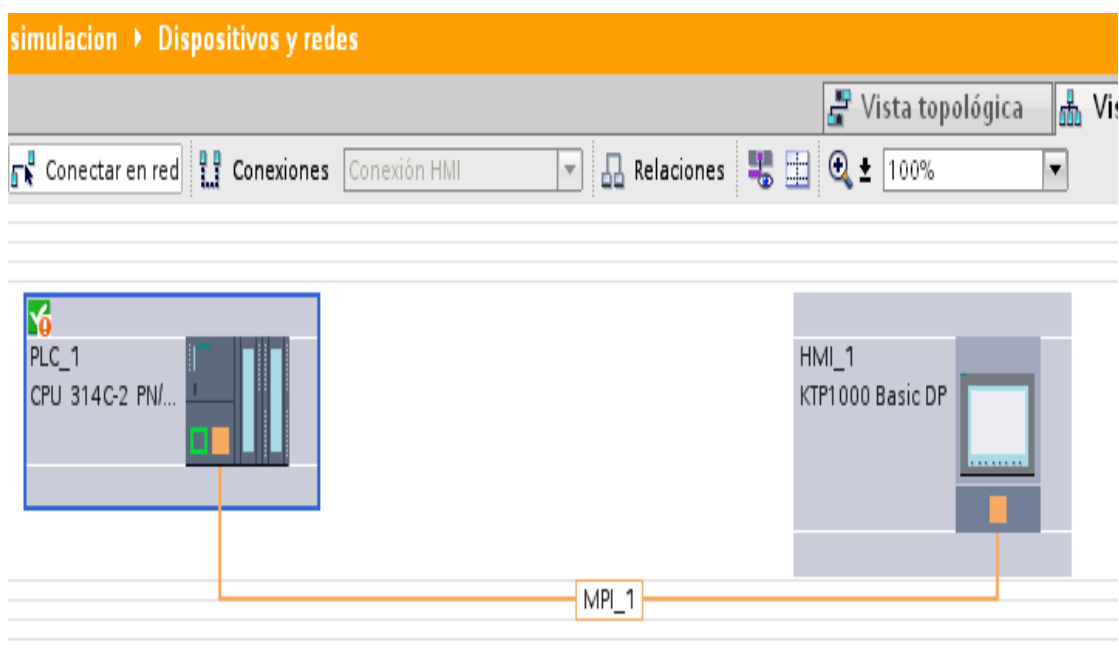


Figura N°30. Conexión MPI entre PLC 314 y HMI KTP1000

Fuente: Propia

3. Bloque de organización del programa y funciones (FC1-FC2 Y FC3) se puede apreciar en la siguiente Figura N°31.

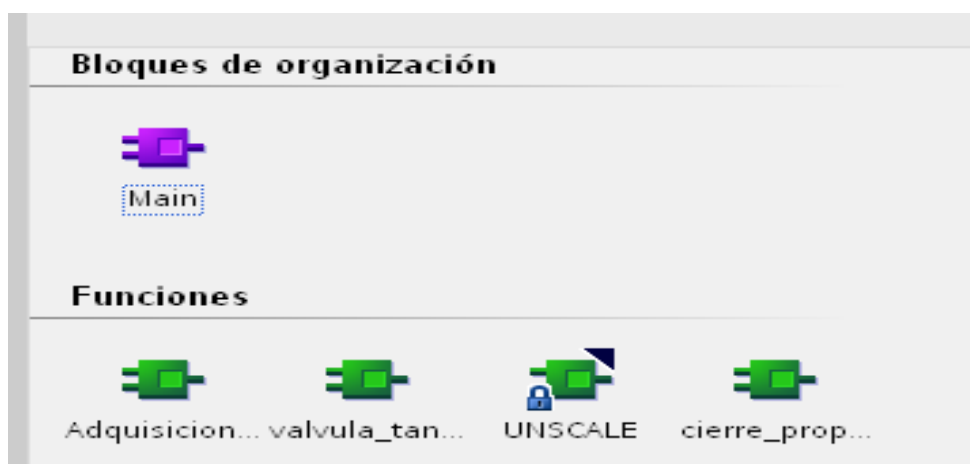


Figura N°31. Bloques de organización y funciones del programa

Fuente: Propia

4. Tabla de variables mostradas en el programa. Ver Figura N°32.

Tabla de variables estándar					
Nombre ▲	Tabla de variables	Tipo de datos	Conexión	Nombre de PLC	
activa_val1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
activa_val2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bit_activa1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bit_activa2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bit_desactiva1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bit_desactiva2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bomba1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
bomba2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
nivel_tanque_1	Tabla de variables estándar	Real	Conexión_HMI	PLC_1	
nivel_tanque_2	Tabla de variables estándar	Real	Conexión_HMI	PLC_1	
peso_balanza_1	Tabla de variables estándar	Real	Conexión_HMI	PLC_1	
peso_balanza_2	Tabla de variables estándar	Real	Conexión_HMI	PLC_1	
valvula_cisterna1	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	
valvula_cisterna2	Tabla de variables estándar	Bool	Conexión_HMI	PLC_1	

Figura N°32. Tabla de variables

Fuente: Propia

5. Entradas / salidas, tipo de datos y direcciones indicados en la Tabla N°2.

I/O		DIRECCIONES	TIPO DE DATO
ENTRADAS	Nivel tanque 1	IW256	Real
	Nivel tanque 2	IW258	Real
	Peso balanza 1	IW260	Real
	Peso balanza 2	IW262	Real
	Bit activa bomba 1	M50.0	Bool
	Bit activa bomba 2	M50.1	Bool
	Bit desactiva activa bomba 1	M50.2	Bool
	Bit desactiva activa bomba 2	M50.3	Bool
SALIDAS	Activa válvula de tanque 1	QW256	Real
	Activa válvula de tanque 2	QW258	Real
	Activa válvula cisterna 1	Q0.2	Bool
	Activa válvula cisterna 2	Q0.3	Bool
	Activa bomba 1	Q0.0	Bool
	Activa bomba 2	Q0.1	Bool

Tabla N°2. Tabla de I/O con sus respectivas direcciones

6. Segmentos en el bloque de organización: main program sweep (cycle). Ver Figura N°33.

▶	Título del bloque:	"Main Program Sweep (Cycle)"
▶	Segmento 1:	Lectura de los sensores de nivel
▶	Segmento 2:	Lectura de las medidas de las balanzas
▶	Segmento 3:	Apertura al 100% de la válvula del tanque 1
▶	Segmento 4:	Cierre proporcional de la válvula del tanque 1
▶	Segmento 5:	Apertura al 100% de la válvula del tanque 1
▶	Segmento 6:	Cierre proporcional de la válvula del tanque 2
▶	Segmento 7:	Activación de la bomba 1
▶	Segmento 8:	Activación de la bomba 2
▶	Segmento 9:	Activación de la válvula 1 de la cisterna
▶	Segmento 10:	Activación de la válvula 2 de la cisterna

Figura N°33. Segmentos del programa

Fuente: Propia

3.2.1 Programación por segmentos y simulación

Segmento 1: La señal del sensor de nivel es convertido en amperaje en un rango: 4ma - 20ma (siendo 4ma el nivel mínimo y 20ma el nivel máximo) este valor ingresa al módulo en la dirección de entrada %IW256 para el sensor 1 y %IW258 para el sensor 2, en forma de dato Real para que pueda ser leído por el PLC y a la salida de cada bloque de función este dato va a corresponder en un rango de 0 a 27648 según el nivel de aceite en el tanque que debe ser de 0 a 20 metros. Ver Figura N°34.

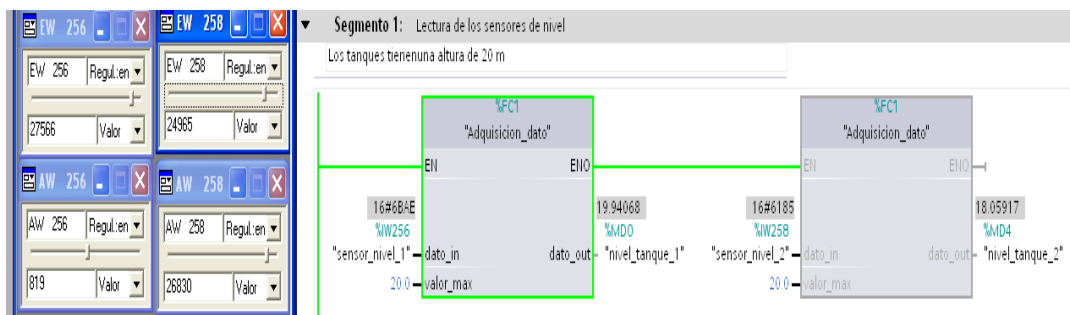


Figura N°34. Segmento 1

Fuente: Propia

Segmento 2: La señal toma un rango de 4mA - 20mA, este valor ingresa al módulo en la dirección de entrada %IW260 para la balanza 1 y %IW262 para la balanza 2, en forma de dato real para que pueda ser leído por el PLC y a la salida de cada bloque de función este dato va corresponder a un dato de ingeniería en el rango de 0 a 27648 según el peso que indique la balanza que debe ser de 5 TM a 50 TM. Ver Figura N°35.

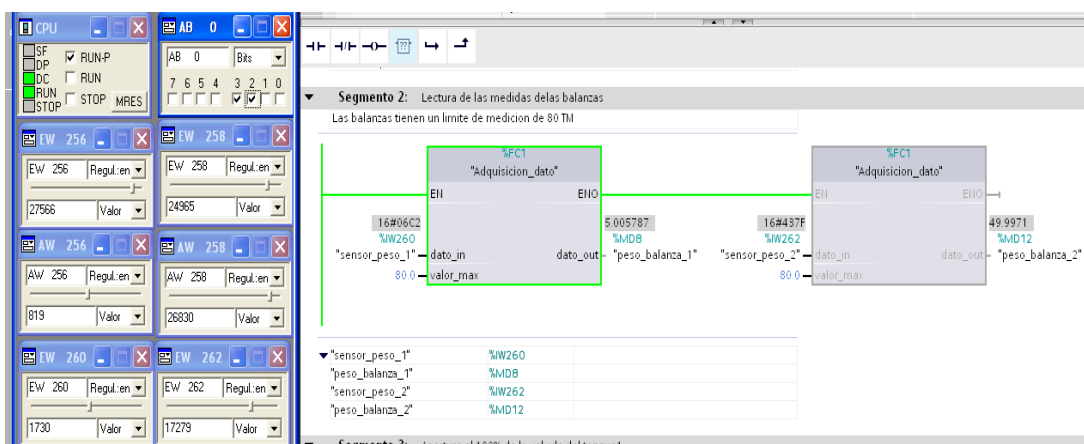


Figura N°35. Segmento 2

Fuente: Propia

Segmento 3: Se apertura la valvula del tanque 1 al 100% si el nivel del tanque es menor de 18 metros. La valvula no se abra por completo. Ver Figura N°36.

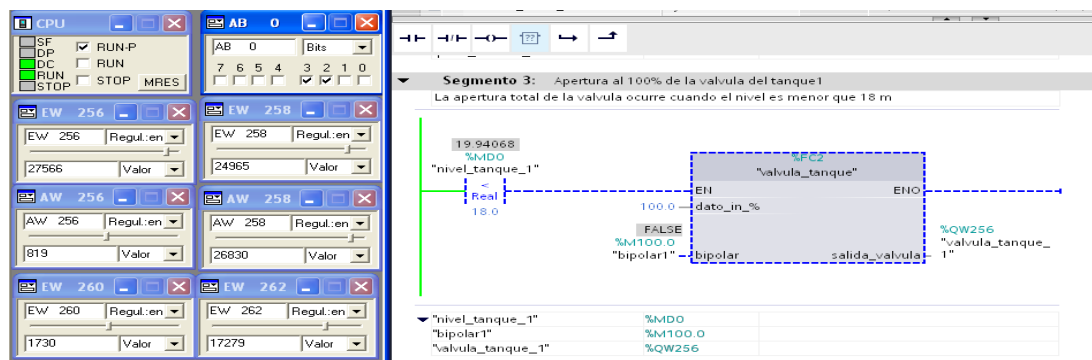


Figura N°36. Segmento 3

Fuente: Propia

Segmento 4: Como la valvula no esta abierta al 100% entonces esta ligeramente estrangulada o dosificada según el valor del nivel del tanque en este caso como ya esta por llegar a su nivel maximo solo esta ligeramente abierta de acuerdo al cierre proporcional que esta programada en el bloque FC3 entonces, este dato es enviado a la valvula del tanque 1 mediante el bloque FC2 en la salida %QW256 que es un desescalado para que el dato vuelva a ser real. Ver Figura N°37.

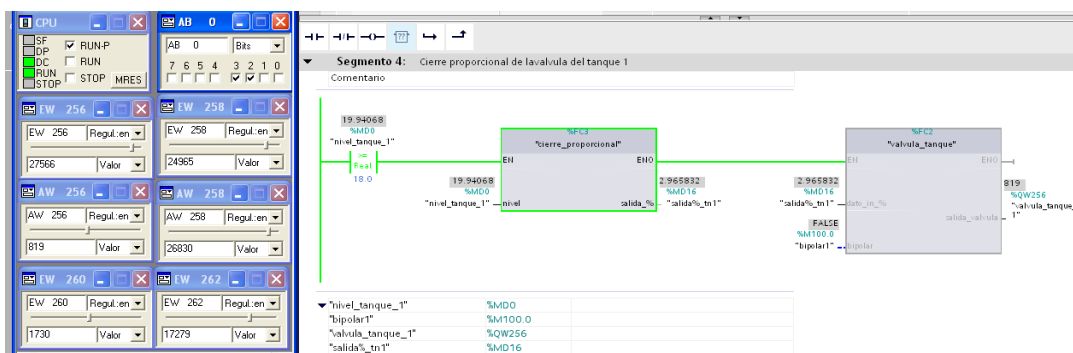


Figura N°37.Segmento 4

Fuente: Propia

Segmento 5: Se apertura la valvula del tanque 2 al 100% si el nivel del tanque es menor de 18 metros en este caso es mayor a los 18 metros entonces la valvula no se abra por completo. Ver Figura N°38.

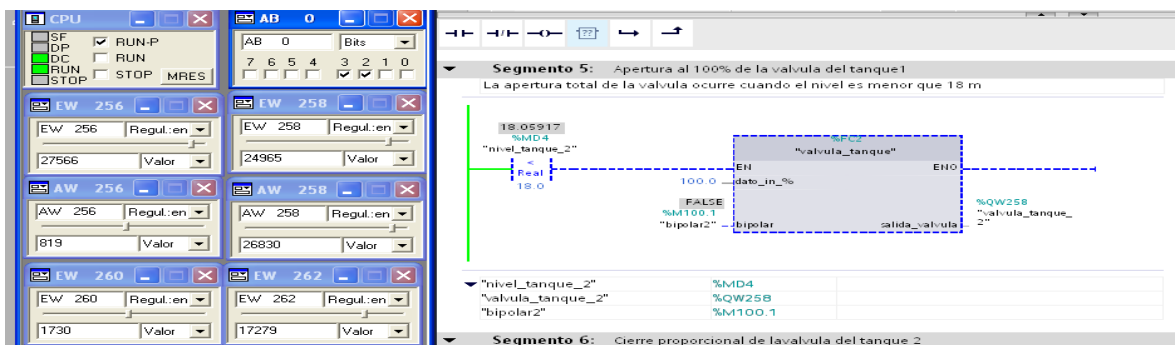


Figura N°38.Segmento 5

Fuente: Propia

Segmento 6: Como la valvula no esta abierta al 100%, entonces esta ligeramente estrangulada o dosificada según el valor del nivel del tanque en este caso como esta apenas superando los 18 metros de acuerdo al cierre proporcional esta ligeramente cerrada, entonces, este dato es enviado a la valvula del tanque 2 mediante el bloque FC2 en la salida %QW258 que es un desescalado para que el dato vuelva a ser real. Ver Figura N°39.

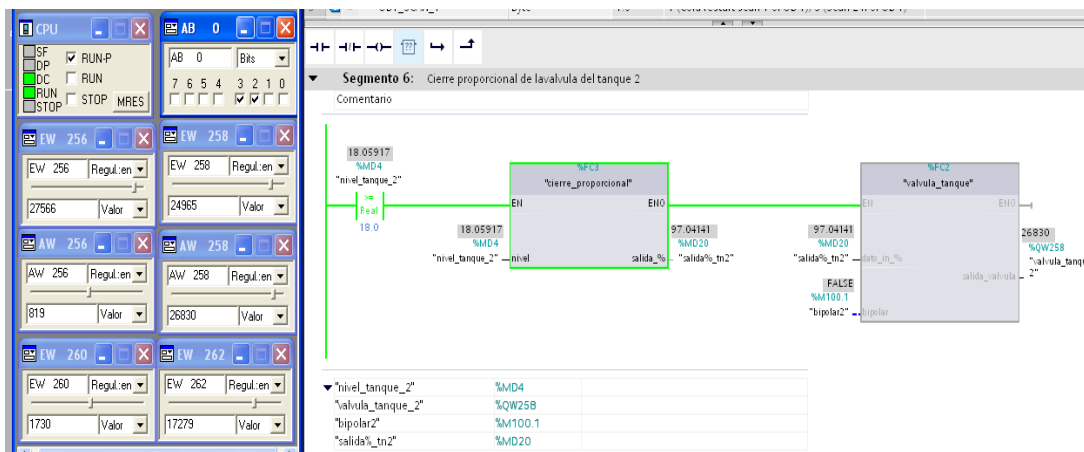


Figura N°39.Segmento 6

Fuente: Propia

Segmento 7: Control ON-OFF de la bomba si se activa el bit de la marca %M50.0 entonces se encenderá la bomba 1.Ver Figura N°40.

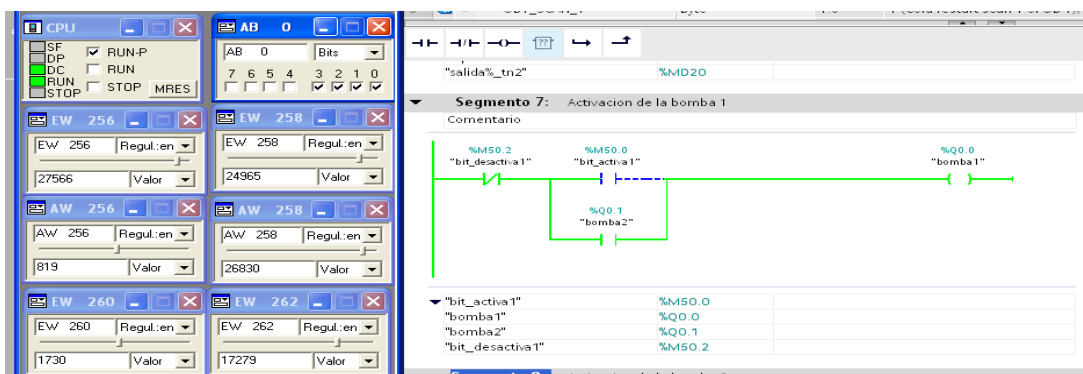


Figura N°40.Segmento 7

Fuente: Propia

Segmento 8: En este segmento es un control ON-OFF de la bomba si se activa el bit de la marca %M50.1 entonces se encenderá la bomba 2. Ver Figura N°41.

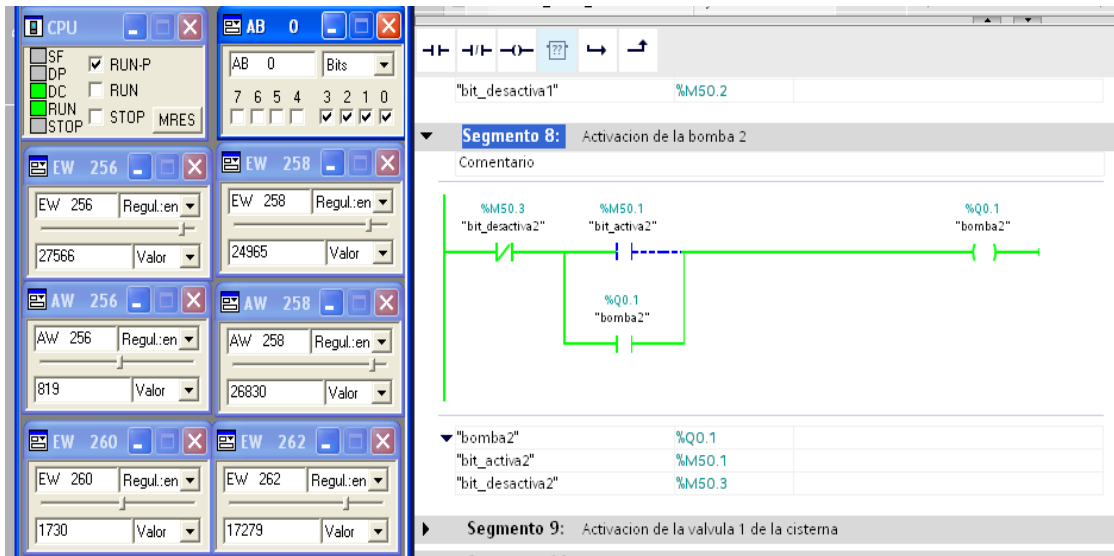


Figura N°41. Segmento 8

Fuente: Propia

Segmento 9: Control ON-Off de las válvulas de las cisternas de despacho. Ver Figuras N° 42.

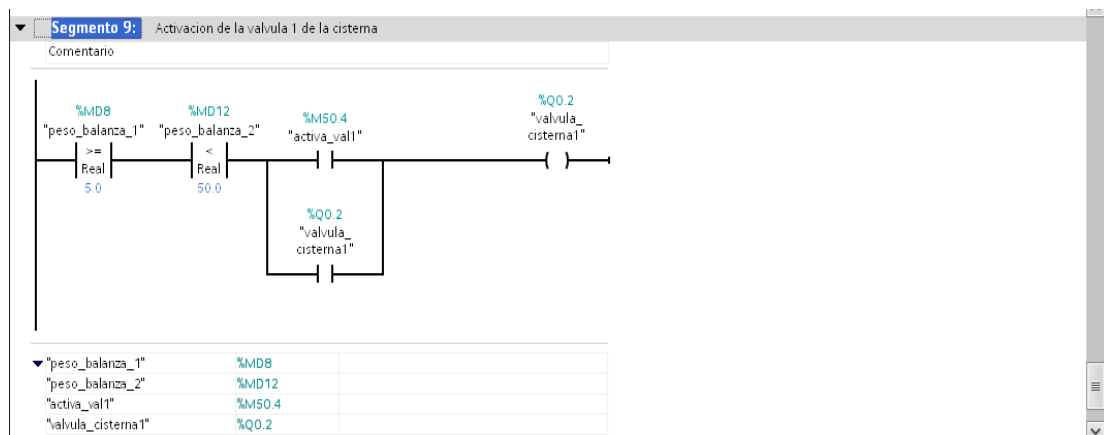


Figura N°42. Segmento 9

Fuente: Propia

Segmento 10: Control ON-Off de las válvulas de las cisternas de despacho.

Ver Figuras N° 43.

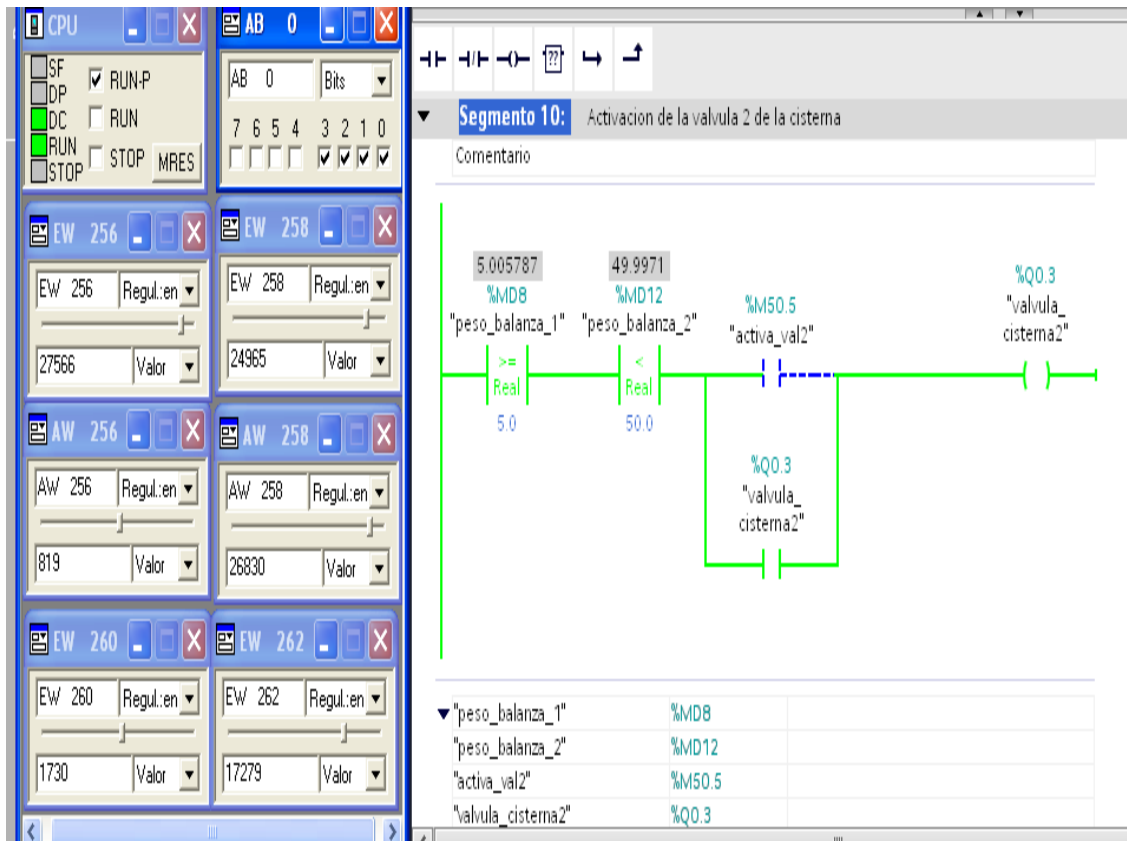


Figura N°43. Segmento 10

Fuente: Propia

Según el peso proporcionado por las balanzas que se encuentran en el rango de 5 TM a 50 TM entonces o bien se encenderá la válvula como en este caso o se apagará caso contrario supere o sea menor a ese rango.

Bloque de función FC1: “Adquisición de dato” Escalado para obtener un dato real a partir del dato analógico brindado en este caso por los sensores de nivel de los tanques. Ver Figura N°44.

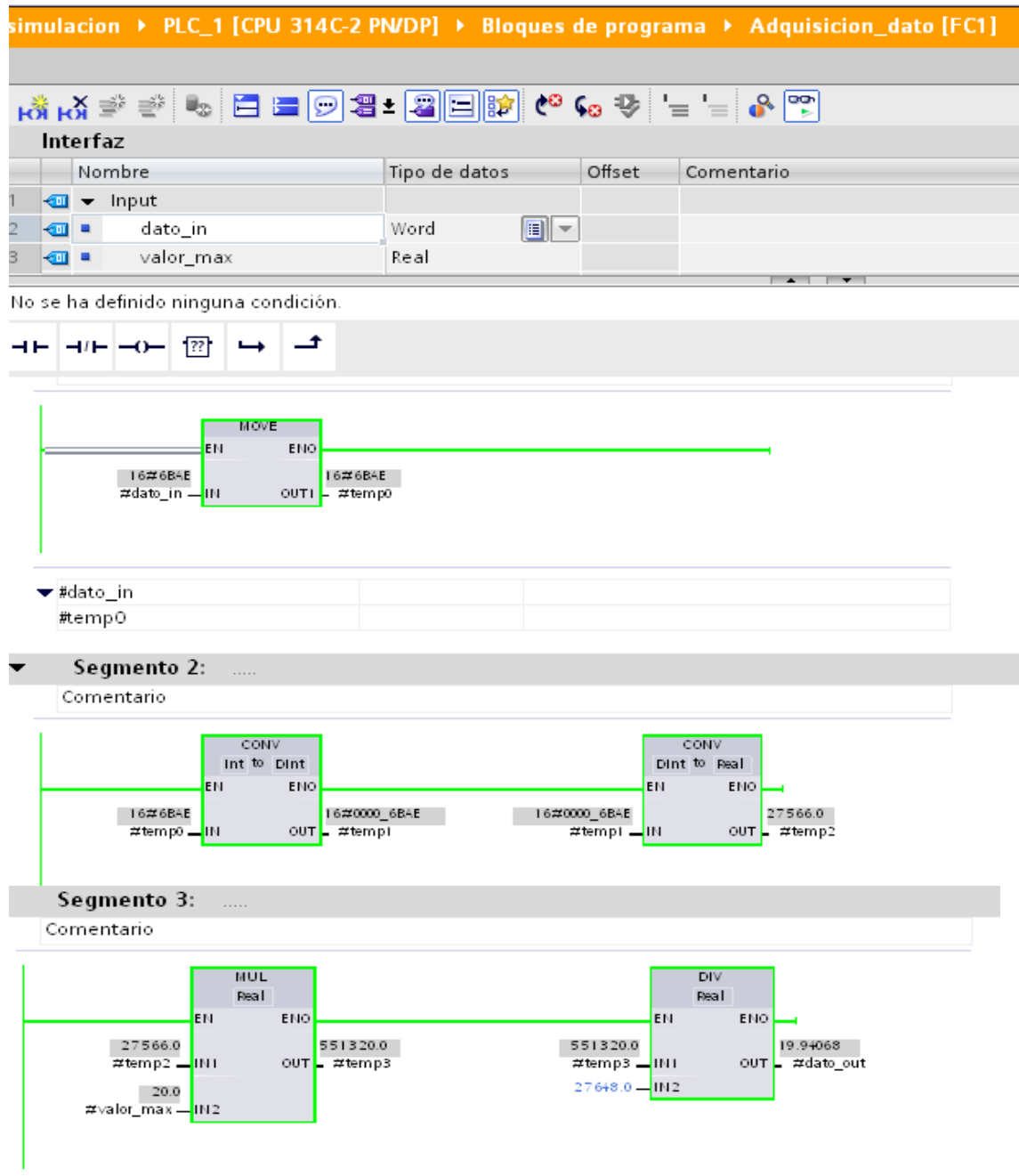


Figura N°44. Bloque de función FC1

Fuente: Propia

Bloque de funcion FC3: “Cierre proporcional” de las valvulas de los tanques.

Compara los valores que salen de los bloques de adquisición para compararlos

y enviar un dato que controlara la válvula del tanque. Ver Figura N°45.

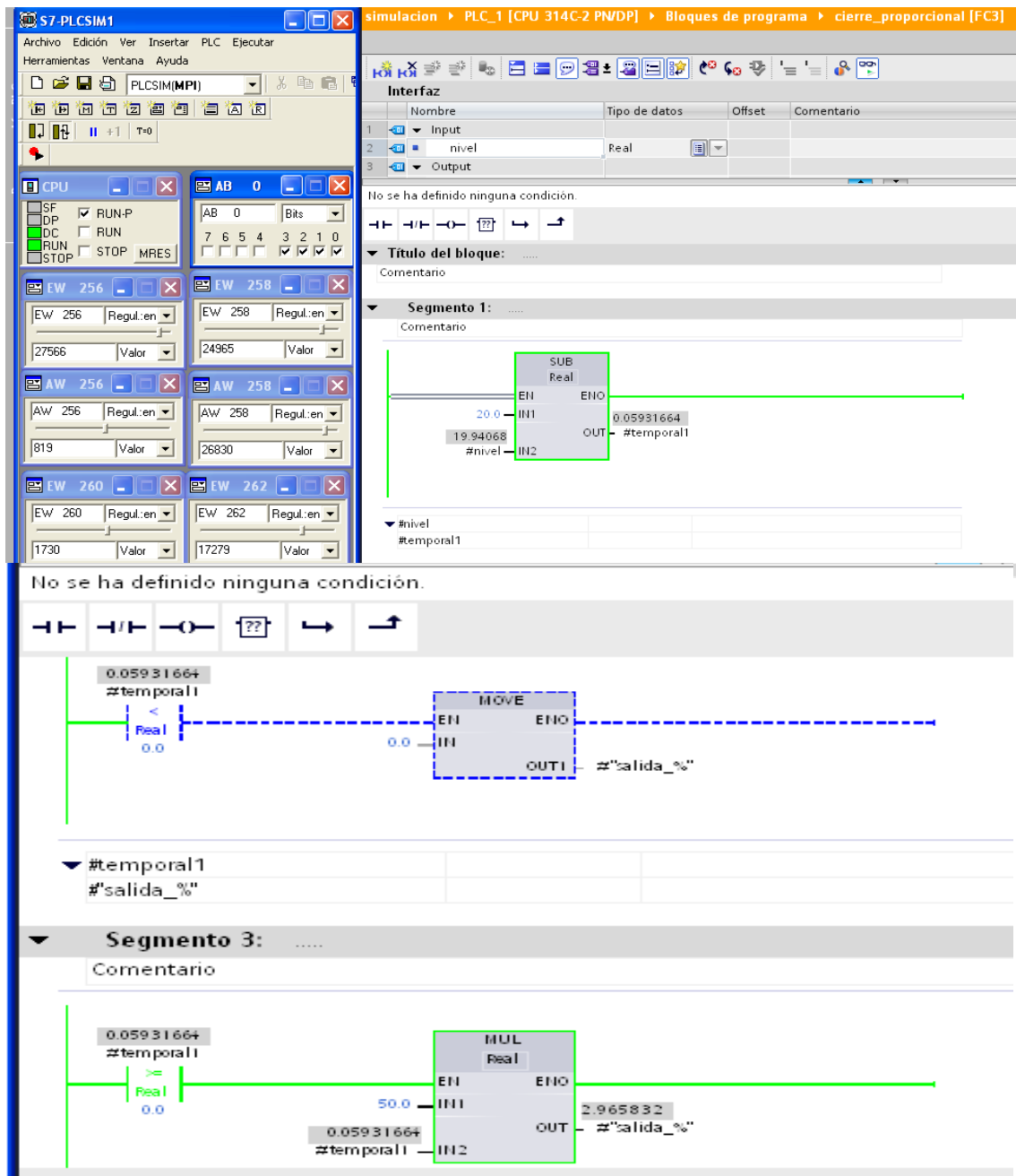


Figura N°45. Bloque de funcion FC3

Fuente: Propia

Bloque de función FC2: “Válvula de tanque”. Seguidamente después de comparar en el FC2 este bloque se encarga de desescalar este dato para convertirlo en una salida Analógica de nuevo en el rango de 4 a 20 mA según corresponda y controlar la válvula mediante un cierre proporcional. Ver Figura N°46.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Comentario
1	Input		
2	dato_in_%	Real	
3	bipolar	Bool	

No se ha definido ninguna condición.

Titulo del bloque:

Comentario

Segmento 1:

Comentario

Diagrama de bloques de función:

```

graph TD
    subgraph UNSCALE
        EN[EN] --> ENO[ENO]
        IN["#\"dato_in_\""] --> RET_VAL["RET_VAL - #temp_0"]
        HI_LIM["100.0 HI_LIM"] --> OUT["OUT - #salida_valvula"]
        LO_LIM["0.0 LO_LIM"]
        BIPOLAR["FALSE #bipolar - BIPOLAR"]
    end
  
```

Figura N°46. Bloque de función FC2 “Unscale-Desescalado”

Fuente: Propia

3.3 Revisión de resultados simulación del sistema con HMI y PID

3.3.1 Simulación en HMI Wincc – TIA Portal (Versión 11)

El sistema de almacenamiento y despacho de aceite crudo a granel se muestra en el siguiente gráfico simulado en el Wincc del TIA Portal. En este caso los tanques se encuentran casi al nivel máximo dentro de los valores permitidos y controlados en la programación pero en este caso los motores se encuentran encendidos despachando aceite a los camiones cisternas de acuerdo al peso controlado en las balanzas el cual se mostrara en los siguientes gráficos. Ver en la simulación general en la Figura N°47.

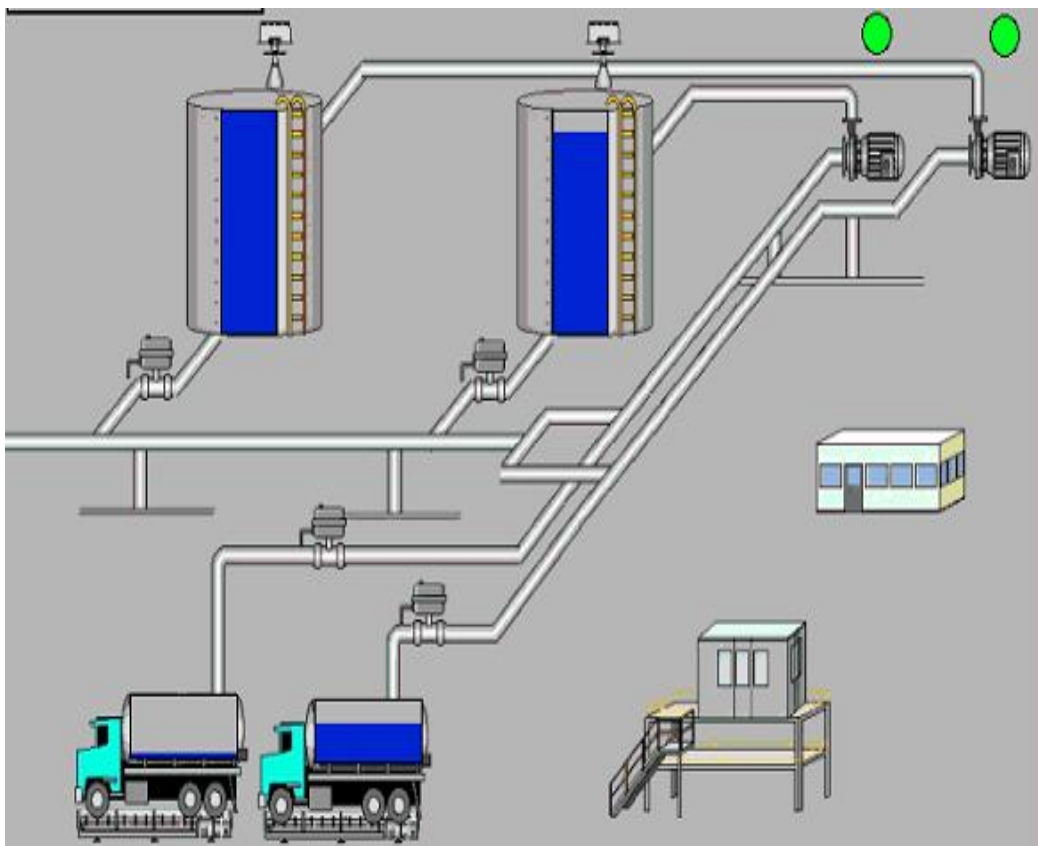


Figura N°47. HMI - Sistema de almacenamiento y despacho de aceite

Fuente: Propia

Monitoreo de NIVEL DE TANQUES de almacenamientos casi al nivel máximo permitido que es 20 metros. Ver Figura N°48.

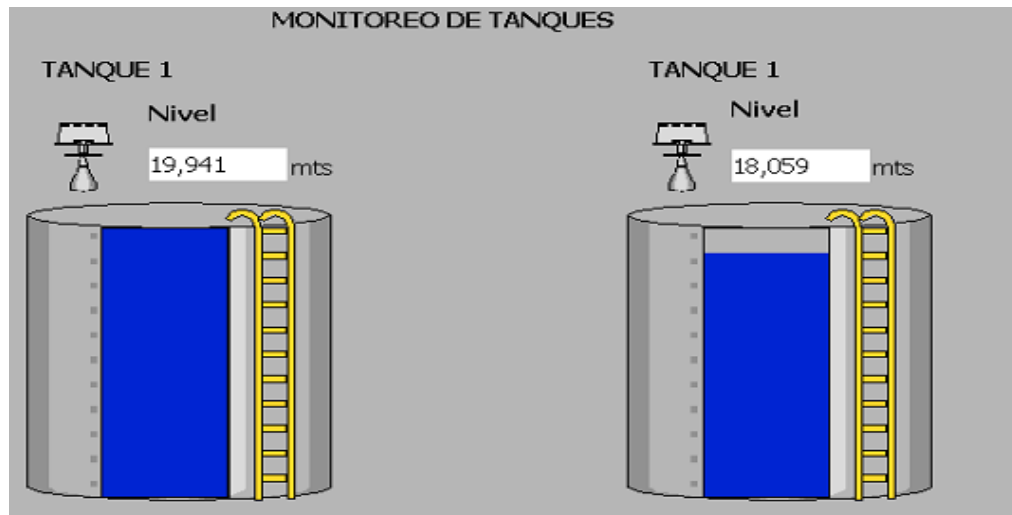


Figura N°48. HMI - Monitoreo de tanque de almacenamiento de aceite

Fuente: Propia

Control de electrobombas ON/OFF. Solo son accionadas cuando se requiere despachar a los camiones cisternas: Ver Figura N°49.

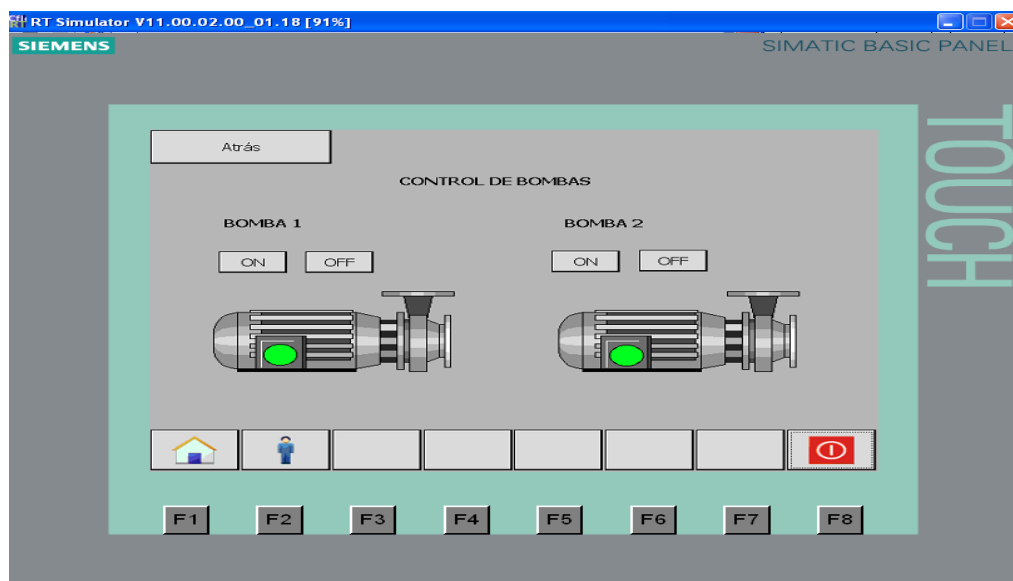


Figura N°49. HMI - Control de electrobombas ON/OFF

Fuente: Propia

Control de sistema de despacho a los camiones cisterna, los niveles de peso se encuentran dentro del rango permitido que es de 5 TM a 50 TM para que las válvulas se encuentren en estado abierto. Ver Figura N°50.

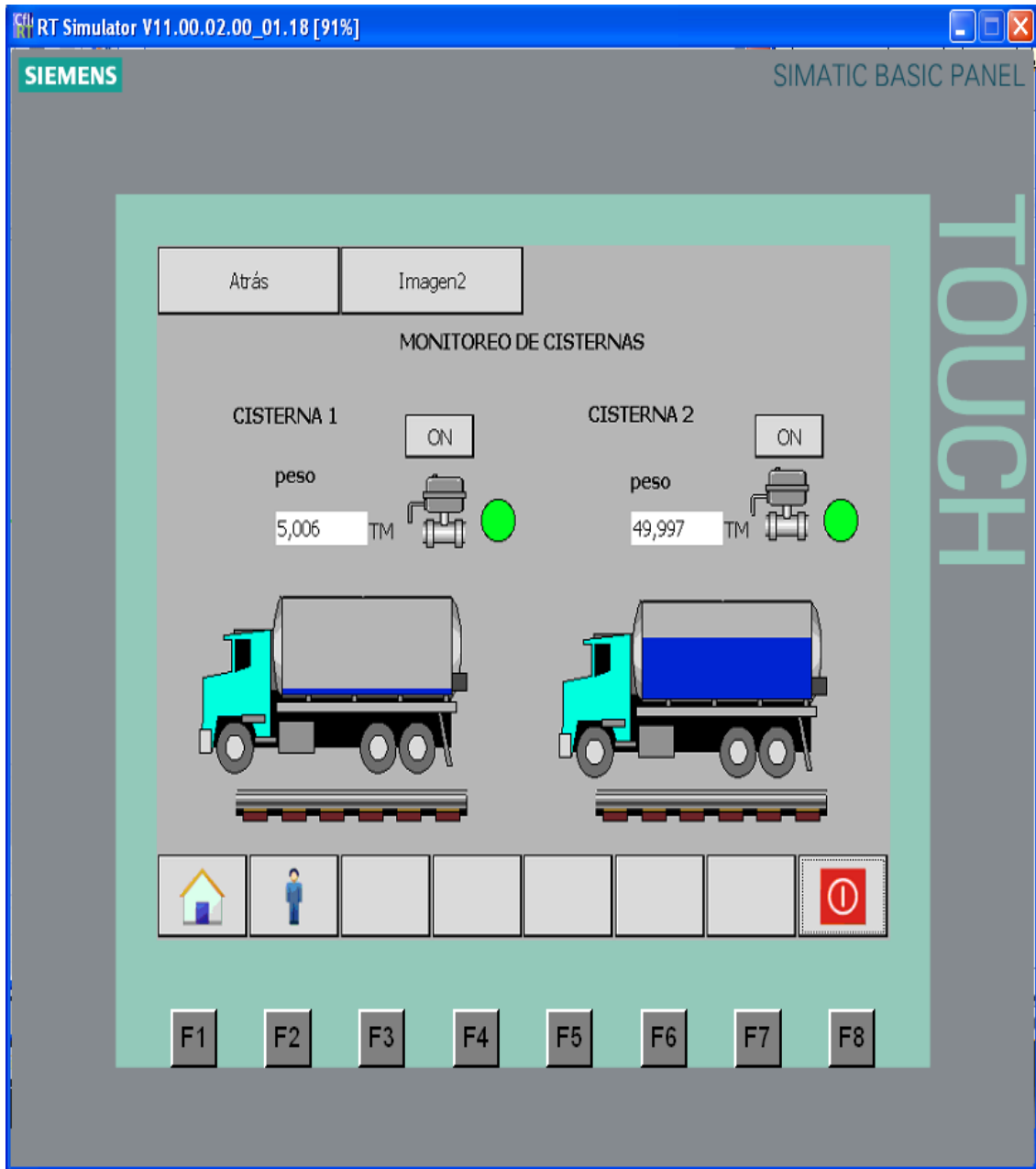


Figura N°50. HMI - Control de sistema de despacho a los camiones

Fuente: Propia

3.3.2 Simulación usando el módulo PID del PLC S7-300 Siemens para el Control de nivel automático del tanque con respecto al flujo del líquido

"Control de nivel de llenado" para que la bomba actúe con una potencia de bombeo constante, se ha integrado un control desconectable y subordinado, equipado con un caudalímetro.

3.3.2.1 Descripción del sistema de control aplicando PID

El nivel de llenado de tanque nos da una presión que es convertido a un voltaje 0 – 10v mediante un transductor, este voltaje es un dato entero y está representado por la entrada analógica PEW 100, se hace un escalamiento para convertir el dato (pew100) a real (MD100).

Ahora para obtener el error se tiene que restar el set-point 1 menos el PEW 100 y este error es guardado en el MD84, luego es multiplicado por el K_p y guardado en la memoria MD108.

El valor de K es guardado en el MD88 y el valor de $1/k$ es guardado en la memoria MD92, ahora se procede a multiplicar el MD108 por el MD92 y esta multiplicación se guarda en la memoria MD96, esta memoria almacena un dato real y para obtener este dato en valor entero, se tiene que desescalar mediante la función FC106 y la salida es guardada en la memoria MW160 y luego es movida a la salida analógica PAW200. Tal como se muestra en la Figura N°51.

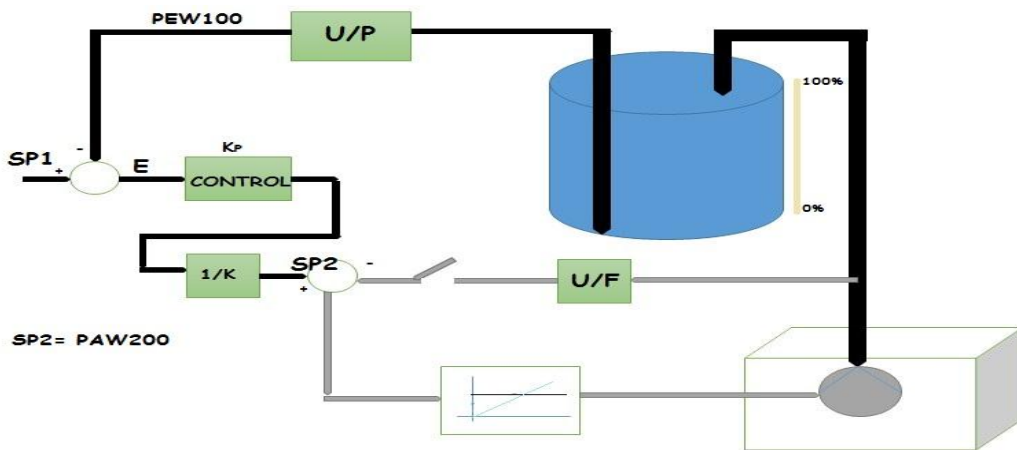
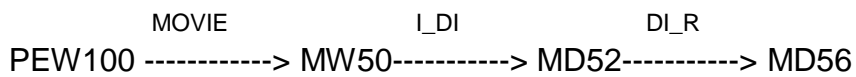


Figura N°51. Sistema de control del tanque

Fuente: Propia

3.3.2.2 Programación proporcional en STEP 7

3.3.2.2.1 Escalamiento: Entrada analógica: PEW100 y escalado para convertirlo en un dato real. Ver Figura N°52.



$$\frac{MD56}{2764800} * 100\% = NIVEL = MD100$$

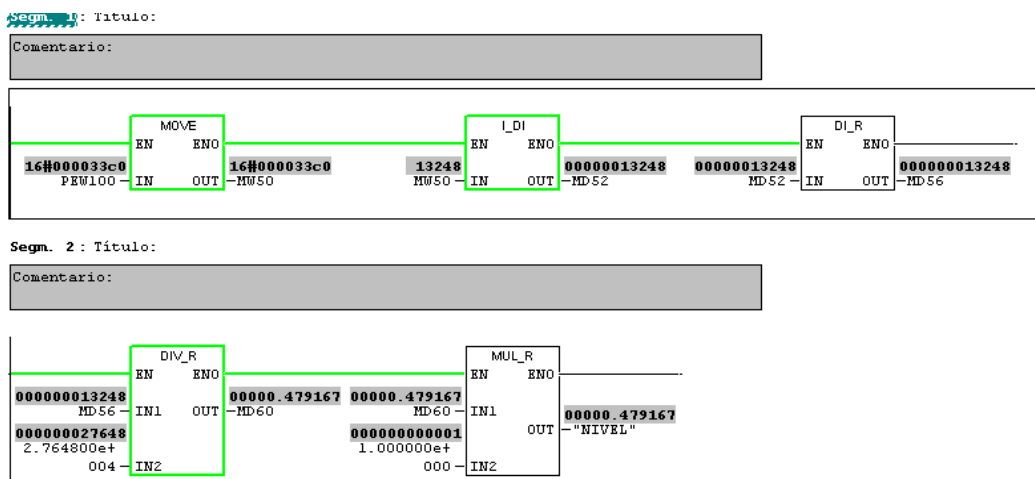


Figura N°52. Escalamiento - Kp

Fuente Propia

3.3.2.2 Control proporcional: Comparación de datos de acuerdo al Error Kp.

Ver Figura N°53.

SP1-MD100= "ERROR" =MD84

MD84*KP= MD108

Mover "k" ---→MD88

$\frac{1}{MD88} = MD92$

MD108 * MD92 = "SP2" = MD96

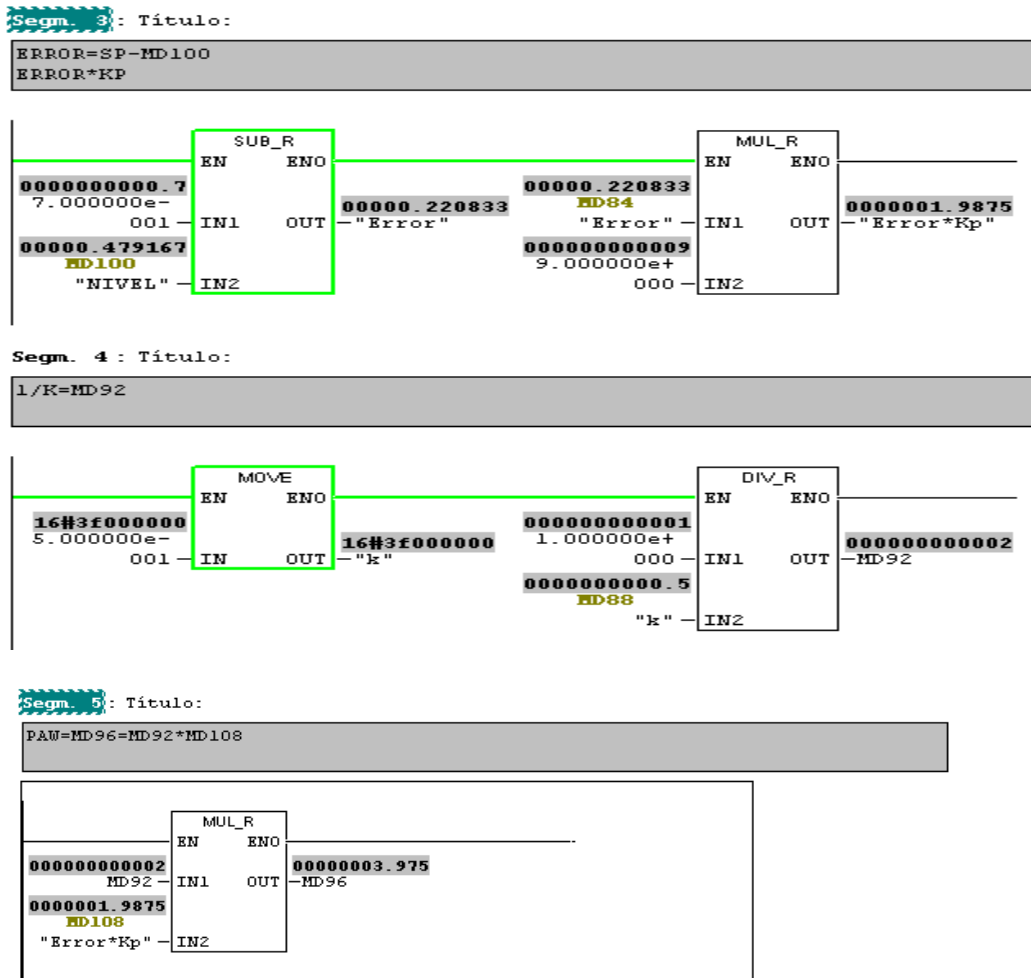


Figura N°53. Control proporcional Kp

Fuente: Propia

3.3.2.2.3 Desescalamiento: El desescalado del dato real comparado es convertido a una señal analógica PAW200 y es enviado al controlador de flujo del sistema. Tal como se muestra en la Figura N°54.

MOVE
 MD96-----> MW160----->PAW200

Segm. 6 : Título:

Comentario:

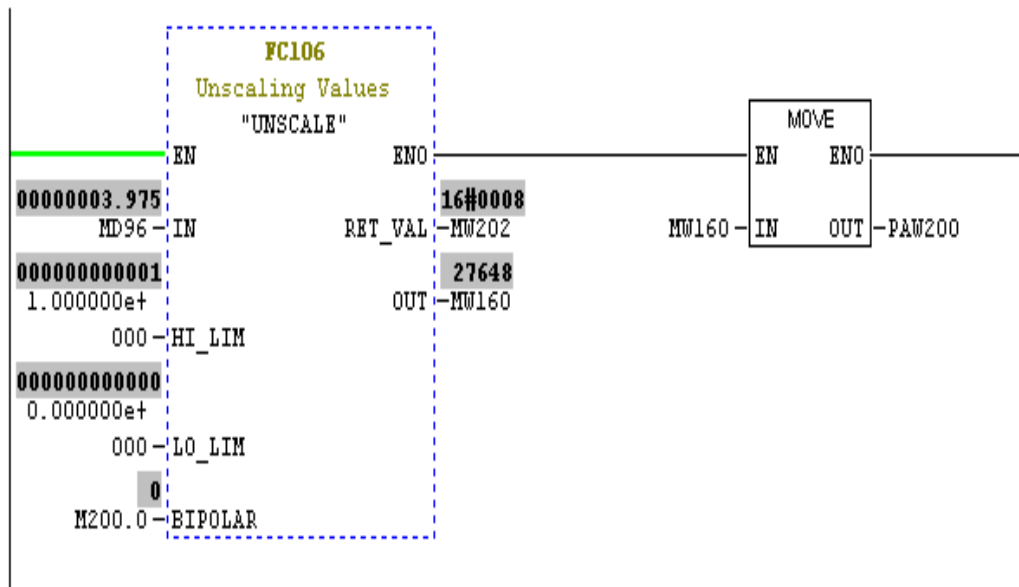


Figura N°54. Bloque FC106 – Desescalamiento

Fuente: Propia

3.3.2.2.4 Resultados del control proporcional

Para obtener los diferentes datos de nivel se tuvo que variar la ganancia (kp) y el valor de k, según estos resultados se puede concluir que cuando se tiene un $k_p = 6$ y un $1/k = 2$, el nivel lleva a ser exacto.

Tal como se muestra en la Tabla N°3:

Kp	1/k	Nivel
2	2	64%
2	1	64%
4	1	65%
4	2	68%
6	2	70%
8	2	71%
9	2	72%

Tabla N°3. Resultados del control proporcional

3.3.2.3 Control PID mediante el módulo FB41 CONT_C y Simulación

3.3.2.3.1 Escalamiento: Entrada analógica: PEW100 y escalado para convertirlo en un dato real. Ver Figura N°55.

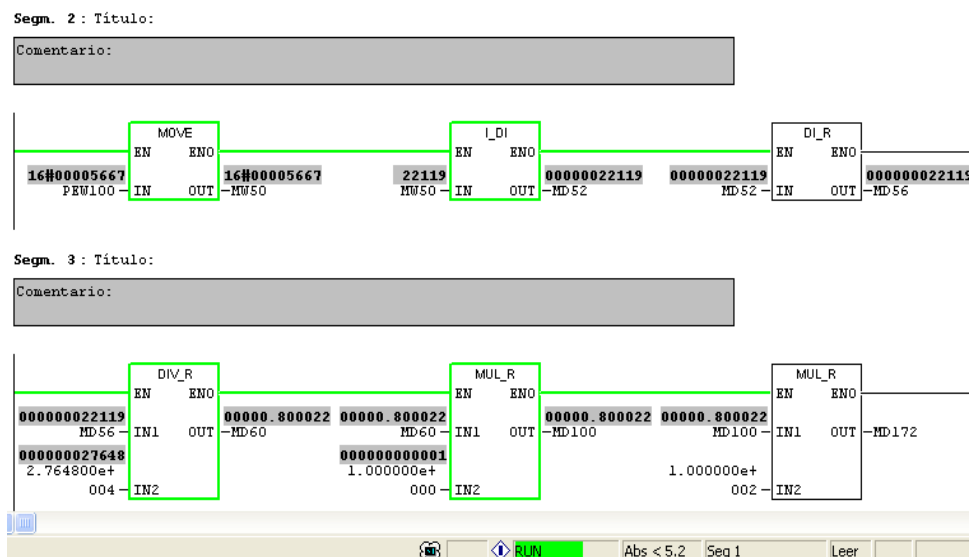


Figura N°55. Escalamiento - PID

Fuente: Propia

3.3.2.3.2 Programación del módulo PID - CONT_C y Simulación

Después de hacer un escalamiento del dato PEW100 este es ingresado al módulo FB41 el cual hace el respectivo control PID que autorregula el flujo de acuerdo al nivel del tanque en este caso se programó para que nivel sea 80%. Ver Figura N°56.

The image displays two parts of the SIMATIC Manager software. On the left is the ladder logic for the FB41 Continuous Control module, and on the right is the simulation interface for two PID controllers.

Ladder Logic (FB41 Continuous Control):

Variable	Address	Value
EN	ENO	00000027.516
COM_RST	LMN	-MD154
MAN_ON	LMN_PER	16#1db8
PVPER_ON	QLMN_HLM	-PAW200
P_SEL	QLMN_LLM	...
I_SEL	LMN_P	-00.00652313
INT_HOLD	LMN_I	-MD150
I_ITL_ON	LMN_D	0000027.5226
D_SEL	PV	-MD162
CYCLE	ER	-00.00217438
SP_INT		0000080.0022
PV_IN	MD172	
PV_PER		
MAN		
GAIN		
TI		
TD		
TM_LAG		
DEADE_W		
LMN_HLM		
LMN_LLM		
PV_FAC		
PV_OFF		
LMN_FAC		
LMN_OFF		
I_ITLVAL		
DISV		

Simulation Interface:

- CPU:** Control mode is set to RUN-P. Other modes like SF, DP, DC, RUN, STOP are disabled.
- PEW 100:** The setpoint is 100. The current process value is 22119.
- PAW 200:** The setpoint is 200. The current process value is 7608.

Figura N°56. Módulo PID - CONT_C FB41 y simulación respectiva

Fuente: Propia

3.3.2.3 Simulaciones del sistema con HMI con WinCC Flexible

- Los datos ingresados son verificados en el S7- PLCSIM entrada analógica PEW 100 que es el nivel del tanque: 80% = 22119 y salida PAW 200 que es el flujo regulado = 28 pero con dato entero: 7608 y simultáneamente se pueden ver en el panel operador del HMI como se muestra en las siguientes las Figuras N° 57 y N°58.

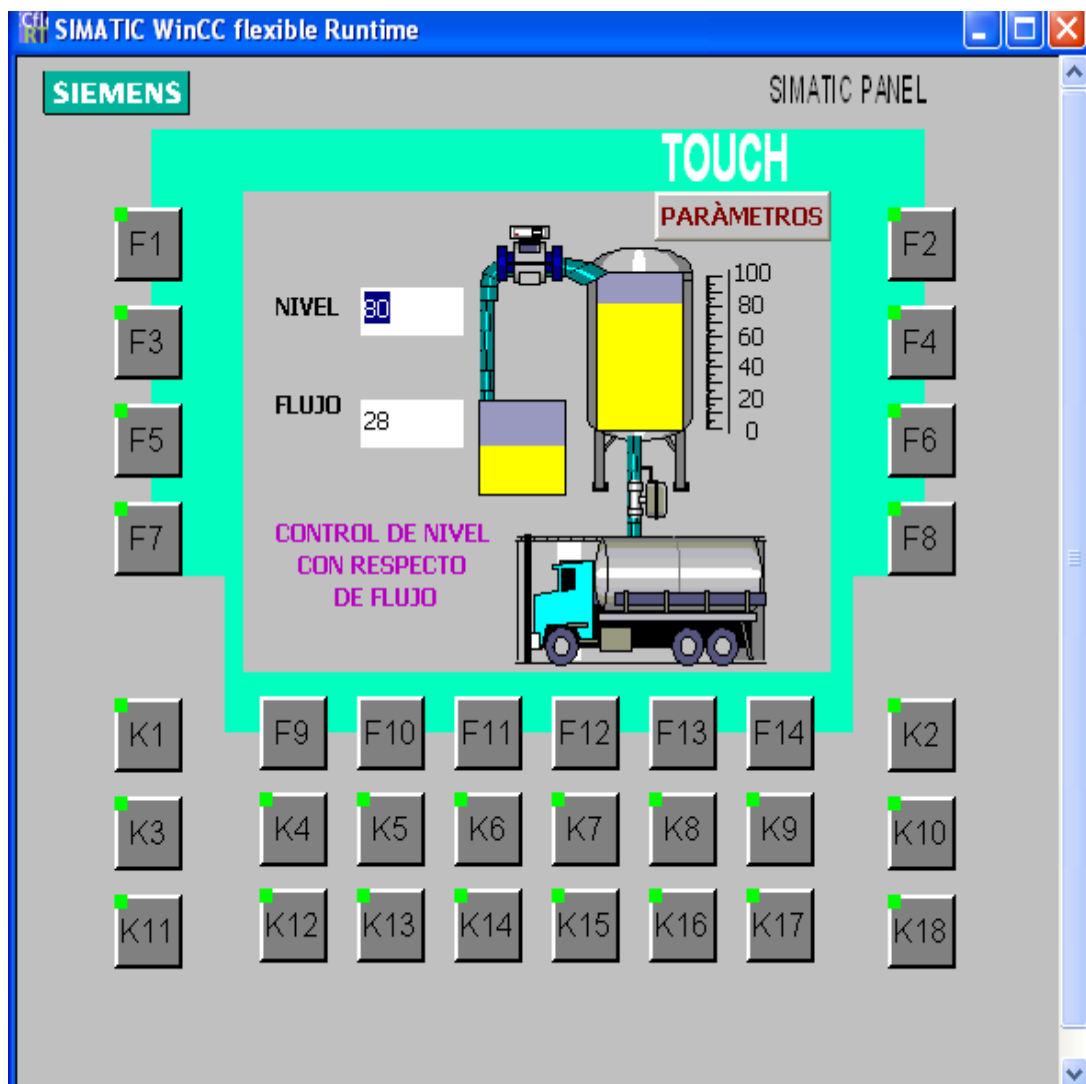
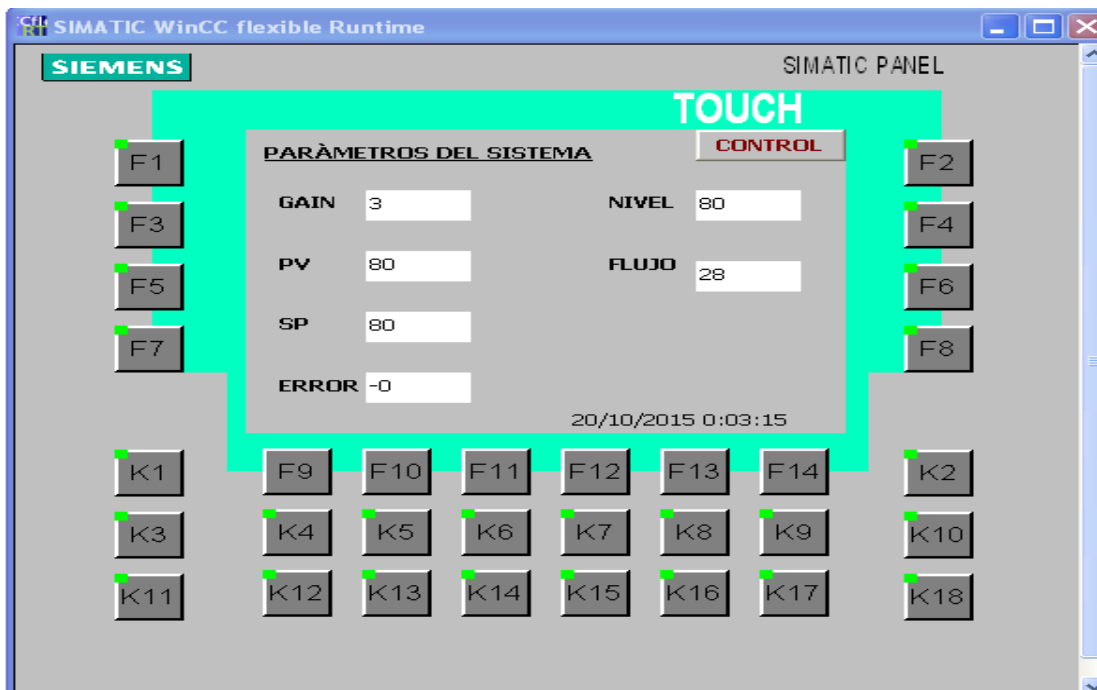


Figura N° 57: HMI - Control PID de Nivel con respecto al flujo de aceite

Fuente: Propia

- Ingreso de Parametros al sistema de control PID del tanque.



Figuras N° 58. HMI - Panel de Ingreso de Parametros al control PID

Fuente: Propia

- Panel HMI de Inicio de control al sistema de almacenamiento y despacho de la empresa .Tal como se muestra en la Figura N°59.



Figura N°59. Panel HMI de Inicio de control

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

- En este proyecto se diseñó la automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel con el PLC S7-300 y en el desarrollo del mismo se obtuvo 3 formas de automatizar el sistema: mediante un control ON/OFF, mediante un control proporcional y el más efectivo un control PID que era la finalidad de este proyecto.
- La automatización de un sistema de almacenaje y despacho de aceite crudo a granel con el PLC S7-300 mediante el módulo PID logra manejar las perturbaciones del sistema y evitando el principal problema del sistema que son los golpes de ariete.
- Se logra monitorear el sistema de almacenaje y despacho mediante una interfaz HMI con el cual se manejan los niveles del tanque y el despacho hacia los camiones cisterna.
- El error que se da de acuerdo a las perturbaciones en la presión y el flujo son los controlaran el motor de bombeo de agua hacia el tanque mediante la salida PAW200.
- Toda señal analógica se hace su respectivo escalamiento para que el PLC lo pueda leer como un dato Real y guardarla en una memoria de 32 bits.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para controlar una variable física, de acuerdo a lo tratado en este proyecto, el control ON-OFF y el control a través de un control PID. El primero se usa para sistemas que requieran poca frecuencia de conmutación del actuador y menos precisión. En cambio el control a través del lazo PID, es para actuadores de altas frecuencias de conmutación y se utiliza cuando se requiere mucha precisión en la regulación.
- Al controlar el sistema con el PID tenemos los resultados más precisos que en el controlador P, al variar la ganancia y todos sus parámetros, verificamos los resultados con menor error posible.
- Se debe tomar un valor constante para el K_p el cual va controlar el sistema de acuerdo al valor asignado.
- Se recomienda siempre tener un sistema de suministro de energía de respaldo automático como en este proyecto, pues la falta de fluido eléctrico en pleno proceso de descarga del producto pueden averiar los sistemas mecánicos y eléctricos.
- Se recomienda por seguridad del personal que labora en toda industria contar con un sistema de protección de puesta a tierra y para mantener en buen estado los equipos electrónicos como son los PLC's.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Soria, S. (2013) " Sistemas automáticos industriales de eventos discretos". Edición 2013, Editorial Alfaomega , México.
- Siemens AG. (2008) " SIMATIC Sistema de automatización S7-300".Manual del sistema, Alemania.
- Ogata, K. (2010) " Ingeniería de control moderna ".5ta edición, Editorial Prentice-Hall, México.
- Giraldo, O. " Manejo de Variables Analógicas S7-300, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.

Direcciones Electrónicas:

- http://www.precisionperu.com/docs/pdf/boletin69_file.pdf
- <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/Pages/default.aspx>
- file:///C:/Users/Julio%20Puma/Downloads/Medicion-y-deteccion-de-nivel_1512.pdf
- <http://www.carven-shop.com>
- <http://technolifeandmore.blogspot.pe>
- <http://setecindca.com/descargas/hmi-ktp600.pdf>
- www.endress.com
- yoingenieria.com
- www.pamline.com

ANEXOS

Anexo1: Glosario

Anexo2: Descripción de las válvulas de Control de la Serie E2001.

Anexo3: Características generales de electrobomba Drotec.

Anexo 4: Características generales HMI KTP 1000.

Anexo 5: Características del Sensor de nivel por ultrasonidos Prosonic.

Anexo 1

Glosario

✓ AWL	Listas de instrucciones
✓ DB	Bloque de Datos
✓ FC	Función lógica sin memoria
✓ FB	Función lógica con memoria
✓ FUP	Funciones de bloques lógicos
✓ HMI	Human-Machine Interface
✓ IEC	International Electrotechnical Commission
✓ KOP	Lenguaje de contactos
✓ MMI	Man-Machine Interface
✓ MPI	Multi Point Interface
✓ MTU	Master Terminal Unit
✓ OB	Bloque de organización
✓ PID	Proporcional Integral Derivativo
✓ PLC	Programmable Logic Controller
✓ RTU	Remote Terminal Unit

Anexo2:

VÁLVULAS DEL CONTROL SERIE E2001

Description

Las válvulas del control de la Saint-Gobain Canalização son auto-operadas hidráulicamente por un diafragma del tipo actuador, montado en un cuerpo del tipo globo.

La serie completa E2001 consiste en las válvulas para los usos diversos, derivadas de una combinación de los modelos básicos, con unos o más dispositivos del control o de los accesorios.

Es decir no muda la válvula básica y los circuitos externos del control se modifican solamente para funcionar la válvula principal de acuerdo con la función deseada.

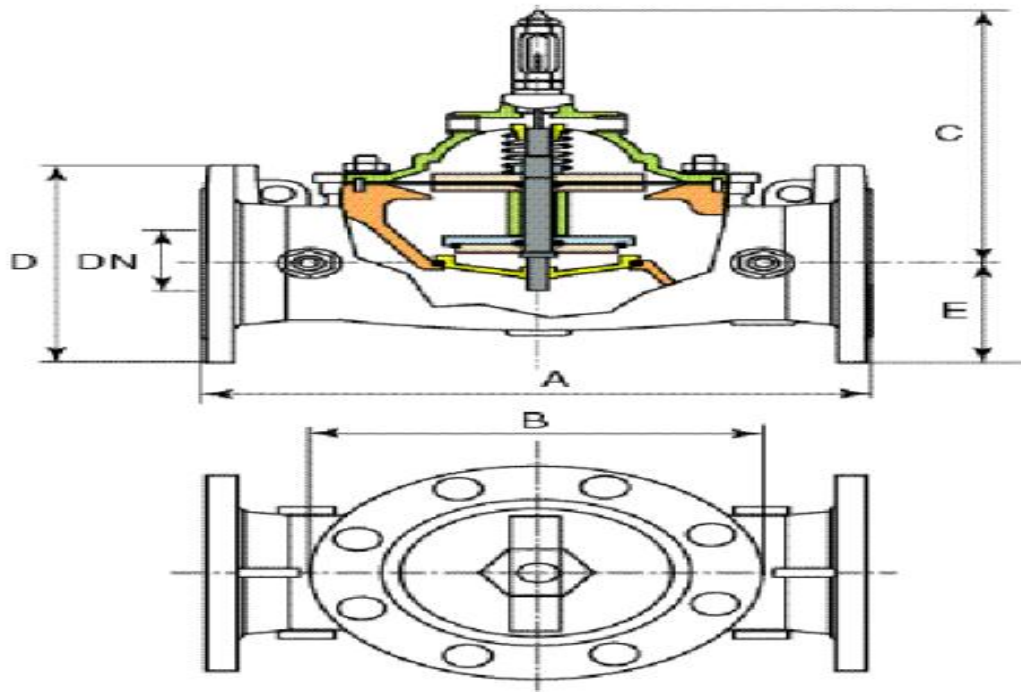
La válvula básica se puede funcionar por un sistema del control con los pilotos de 2 o 3 maneras.

Por la combinación de la válvula básica con los circuitos apropiados del control, diversos modelos de válvulas son conseguidos, los ejemplos: válvulas con mando a distancia eléctrico, reduciendo las válvulas de la presión, la elevación de la presión, la relevación, de anticipación de las ondas, reguladores de la bomba, control del nivel de depósitos apoyados o levantados, afianzando con abrazadera, reguladores de la salida, etc. Estos modelos incluyen todas as áreas del uso en el saneamiento, la industria y la irrigación.



VÁLVULAS DEL CONTROL SERIE E2001

Dimensiones y masas



	DN	50	60	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
PN 10	A	230	290	290	310	350	400	480	600	730	850	980	1100	1250	1450	1650
	B	148	148	148	148	206	267	267	356	445	597	597	750	842	905	1110
	C	246	246	246	246	272	330	330	402	569	649	649	786	840	956	1080
	D	165	185	185	200	220	250	285	340	400	455	520	565	670	780	910
	E	85	95	95	100	110	125	145	170	200	230	255	285	335	390	460
Kg		20	23	23	25	36	50	61	110	225	390	485	580	820	1180	2148

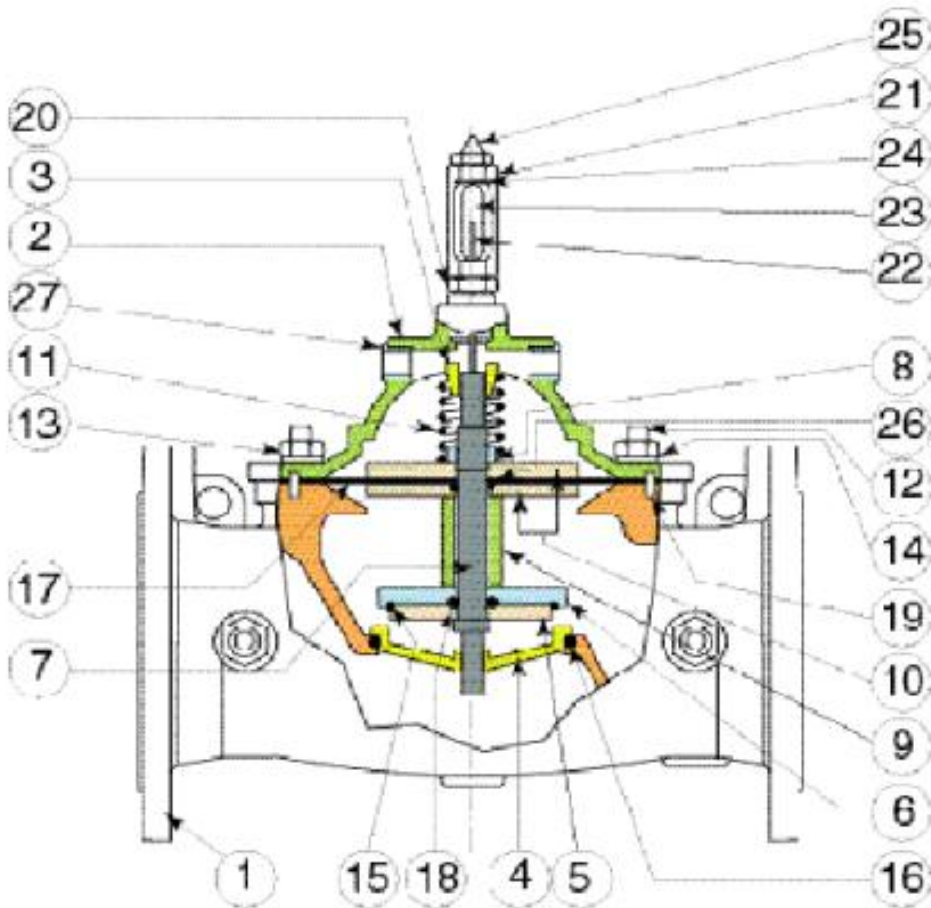
	DN	50	60	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700
PN 16	A	230	290	290	310	350	400	480	600	730	850	980	1100	1250	1450	1650
	B	148	148	148	148	206	267	267	356	445	597	597	750	842	905	1110
	C	246	246	246	246	272	330	330	402	569	649	649	786	840	956	1080
	D	165	185	185	200	220	250	285	340	400	455	520	580	715	840	910
	E	85	95	95	100	110	125	145	170	200	230	260	290	360	420	460
Kg		20	23	23	25	36	50	61	110	225	390	485	580	820	1180	2148

Las dimensiones en mm peso en kilogramo
Bridas de acuerdo con: la ISO 7005-2

VÁLVULAS DEL CONTROL SERIE E2001

Características Constructivas

Materiales y pintura:



Revestimiento: Interno y externo con polvo de epoxy aplicado por el proceso electrostático (250 micrones min.).

Ref.	N°.	Descripción	Material (tipo)
01	01	Cuerpo	FGS 400-15
02	01	cubierta	FGS 400-15
03	01	Buje de la cubierta	Bronze
04	01	Sede	AISI 316
05	01	Base del disco de Obturador	AISI 316
06	01	Disco De Obturador DNs 50 a 200	AISI 316
06	01	Disco De Obturador DNs 250 a 700	FGS 500-15 + Epoxy coat.
07	01	Biela	AISI 303
08	02	Tuerca de la biela	AISI 303
09	01	Espaciador	AISI 303
10	02	Discos de la fijación del diafragma	Carbón De acero
11	01	Resorte	AISI 302
12	*	Tornillos	AISI 303

Anexo 3

Características Generales

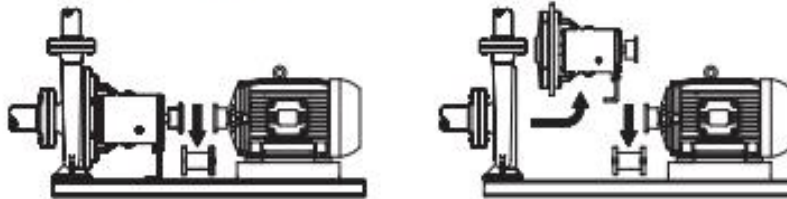
Bombas centrífugas inatascables para líquidos conteniendo sólidos en suspensión. La serie CA ofrece 6 modelos así como también una serie de tamaños complementarios para aplicaciones especiales. La carcasa y el impulsor cuentan con amplios espesores para mejor comportamiento contra la abrasión.

Son bombas horizontales de una sola etapa con aspiración axial y descarga tangencial. Impulsor en voladizo hidráulicamente equilibrado. Están disponibles también en construcción vertical de pozo húmedo, en cuyo caso reciben la denominación CAV.

Los rodamientos ampliamente sobredimensionados alojados en robusto soporte son lubricados por grasa en la versión normal y la lubricación por aceite con visor de nivel es opcional. Poseen conexiones de venteo y drenaje.

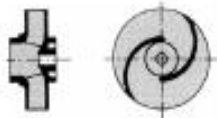
El sistema de cierre normal es por empaquetadura. Opciones disponibles son sello mecánico simple según DIN 24960, sellos mecánicos dobles, tipo cartucho o inyección de líquido de fuente externa, bridas para estacionario refrigeradas o calefaccionadas.

Su diseño permite desmontar las partes giratorias de la bomba sin desmontar cañerías de succión ni descarga utilizando un acoplamiento con distanciador. Como se aprecia en la figura, el cuerpo de la bomba y el motor eléctrico no deben ser removidos para desarmar la bomba para inspección y reparación. Esto permite conservar la alineación inicial. Drotec suministra los conjuntos bomba, base y motor con acoplamientos con distanciador para aprovechar esta ventaja.

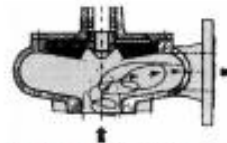


Impulsores

Existen 2 opciones de impulsores para equipar bombas CA.



IMPULSOR CERRADO DE DOS CANALES
Amplio pasaje de sólidos con el máximo rendimiento hidráulico.



IMPULSOR A REMOLINO TIPO VORTEX
Permite el máximo pasaje de sólidos, mejor comportamiento en el bombeo de fibras largas y papeles. Menor rendimiento hidráulico y altura de elevación.

Materiales de Construcción

La construcción normal puede ser partes en contacto con el líquido de Fundición Gris o acero inoxidable fundido AISI 316 (ASTM A351 CF8M). Para algunos modelos existen aleaciones especiales cromo-níquel extra duras (55 HRC) para aplicaciones abrasivas. Otra opciones: fundición nodular, bronce, otros aceros inoxidables.

Características Técnicas

CAUDAL: hasta 400 m³/h
ALTURA DE DESCARGA: hasta 45 mcl
RANGO DE TEMPERATURA: -50°C a 250°C

Aplicaciones

Diseñadas para el manejo de líquidos que contengan sólidos en suspensión, son especialmente aptas para efluentes industriales, cloacales, barros, etc. Admiten el pasaje de sólidos aislados (papel, trapo, maderas, plásticos, etc) así como de fibras o finos sólidos en suspensión. Aptas para pesos específicos mayores que 1 y viscosidades mayores a la del agua.

Calidad

DROTEC posee certificación ISO 9001:2000. Esta política se traduce en un control de procesos y materiales (con trazabilidad en fundiciones) y ensayos, tanto hidrostáticos como de funcionamiento, de todos los equipos previo a la entrega.

Datos técnicos (continuación)

	6AV6 647-0AE11-3AX0 SIMATIC HMI KTP1000 Basic color DP	6AV6 647-0AF11-3AX0 SIMATIC HMI KTP1000 Basic color PN	6AV6 647-0AG11-3AX0 SIMATIC HMI TP1500 Basic color PN
Imágenes			
• Número de imágenes configurables	50	50	50
Registro histórico			
• Nº de archivos históricos por equipo	0	0	0
Seguridad			
• Número de grupos de usuarios	50	50	50
• Número de usuarios	50	50	50
Transferencia (carga/descarga)			
• MPI	No	Si	No
• Ethernet	Si	No	Si
Acoplamiento al proceso			
• S7-1200	Si	Si	Si
• S7-200	Si	Si	Si
• S7-300/400	Si	Si	Si
• Win AC	Si	Si	Si
• SIMOTION	No	No	No
• Allen Bradley (EtherNet/IP)	Si	No	Si
• Allen Bradley (DF1)	No	Si	No
• Mitsubishi (MC TCP/IP)	Si	No	Si
• Mitsubishi (FX)	No	Si	No
• OMRON (FINS TCP)	No	No	No
• OMRON (LINK/Multilink)	No	Si	No
• Modicon (Modbus TCP/IP)	Si	No	Si
• Modicon (Modbus)	No	Si	No
Periferias			
Periféricos			
• Impresora	No	No	No
• Tarjeta multimedia	No	No	No
• Tarjeta SD	No	No	No
• Memoria USB	No	No	No
Elementos mecánicos/material			
Tipo de caja (frente)			
• Plástico	Si	Si	Si
Dimensiones			
Ancho del frente de la caja	214 mm	214 mm	214 mm
Alto del frente de la caja	158 mm	158 mm	158 mm
Recorte para montaje, ancho	197 mm	197 mm	197 mm
Recorte para montaje, alto	141 mm	141 mm	141 mm
Peso			
Peso sin embalaje	1,07 kg	1,07 kg	1,07 kg
Display			
Tipo de display	TFT	TFT	TFT
Diagonal de pantalla	10,4 in	10,4 in	15 in
Nº de colores	256	256	256
Resolución (píxeles)			
• Resolución de imagen horizontal	640	640	1 024
• Resolución de imagen vertical	480	480	768
Retroluminación			
• MTBF de la retroluminación (con 25 °C)	50 000 h	50 000 h	50 000 h
• Retroluminación variable	No	No	No
Elementos de mando			
Fuentes de teclado			
• Nº de teclas de función	8	8	0
Manejo táctil			
• Como pantalla táctil	Si	Si	Si

Medición de nivel por ultrasonidos

Prosonic

Medición no invasiva en líquidos, pastas y sólidos granulados

El método de medición por ultrasonidos es una solución probada, verificada y económica para la medición de nivel en aplicaciones con líquidos y sólidos granulados. Los instrumentos se suministran en modelos compactos o en versiones separadas. Este principio de medición se caracteriza por una fácil planificación y ensamblaje, una puesta en marcha rápida y segura, una larga vida útil y una inversión en costes de mantenimiento reducida. Las aplicaciones típicas de este método de medición incluyen no sólo productos abrasivos y agresivos, incluso en condiciones ambiente extremas, sino también tareas propias de la ingeniería de tratamiento de aguas para consumo y aguas residuales.

Principio de funcionamiento

Los instrumentos de la familia Prosonic envían impulsos de ultrasonidos, los cuales se reflejan en la superficie del producto por las diferentes densidades del aire y del producto. El instrumento mide el tiempo transcurrido entre la transmisión del impulso y la recepción del impulso reflejado, lo analiza y proporciona directamente el valor de la distancia entre el diafragma del sensor y la superficie del producto.



✓ Ventajas

- Insensible a las propiedades del producto, p. ej., constante dieléctrica, densidad o humedad
- Puesta en marcha fácil y rápida gracias al ajuste al valor inicial de los parámetros de aplicación
- Calibración sin llenado o descarga



Prosonic T
Equipo a dos hilos de diseño compacto.

- Para aplicaciones sencillas en depósitos abiertos y depósitos de almacenamiento

Prosonic M
Equipo a dos o cuatro hilos de diseño compacto.

- Para medición de nivel en aplicaciones sofisticadas con líquidos y sólidos granulados en depósitos de almacenamiento, agitadores, pilas de almacenamiento y cintas transportadoras

Prosonic S
Sistema de medición de nivel por ultrasonidos para aplicaciones exigentes, que comprende un transmisor (en carril de fijación superior o en cabezal de campo) y un sensor.

- Medición de nivel
- Medición de caudal en canales abiertos
- Control de bombeo y filtrado
- Monitorización de trituradoras y cintas transportadoras
- Posibilidad de conexión de 1, 2, 5 o 10 sensores



		Prosonic T		Prosonic M						Prosonic S					
Tipo		FMU30		FMU40	FMU41	FMU42	FMU43	FMU44	FMU90 (1/2-canal) / FMU95 (5/10-canal)						
		1 1/2"	2"						FDU90	FDU91	FDU91F	FDU92	FDU93	FDU95	FDU96
Rango de medida	Líquido	m 16	8 26	5 16	8 26	10 32	15 49	20 65	3 9,8	10 32	20 65	25 82			
	Sólidos	m 6,6	3,5 11	2 6,6	3,5 11	5 16	7 23	10 32	1,2 3,9	5 16	10 32	15 49	43 147	70 230	
Temperatura	°C	-20...+60								-40...+80	-40...+108	-40...+95	+40...+150		
	°F	-4...+140								-40...+176	-40...+221	-40...+203	-40...+302		
Precisión (abs.)	bar	0,7...3		0,7...3		0,7...2,5				0,7...4			0,7...3	0,7...1,5	0,7...3
	paí	10...43,5		10...43,5		10...37				10...58			10...43,5	10...22	10...43,5
Salida		4...20 mA		4...20 mA/HART®, PROFIBUS® PA, FOUNDATION Fieldbus™						4...20 mA/HART®, PROFIBUS® DP, 1, 3 o 6 relés o hasta 4 entradas de conmutación					
Certificaciones							TIIS								

