



Universidad Austral de Chile
Escuela de Electricidad y Electrónica

**ESPECIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA
OPTIMIZAR EL PROCESO DE MEZCLA DE SALSA EN LA EMPRESA CMPC
PLANTA VALDIVIA**

**Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero en Electrónica**

**Profesor Patrocinante:
Sr. Pedro Rey Clericus
Ingeniero Electrónico**

**FREDY EDGARDO MEDINA BURGOS
VALDIVIA, CHILE 2006**

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. PEDRO REY CLERICUS

PROFESORES INFORMANTES

Sr. ALFONSO ARANEDA SALGADO

Sr. JULIO ZARECHT ORTEGA

FECHA EXAMEN DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a DIOS, por la fuerza y apoyo que he sentido de él y que sin duda ha sido un pilar fundamental, no sólo durante la carrera, sino que toda mi vida.

A mi esposa, Maritza Jaramillo y mi hijo Fabián por el apoyo y amor brindado, tanto en los momentos difíciles como en la gran cantidad de momentos hermosos que sucedieron durante todos estos años, especialmente agradecer a mi señora por los sacrificios realizados, enseñándome que con amor y abnegaciones todas las cosas se pueden hacer.

A mis Padres Roberto Medina y Carmen Burgos, por todo el apoyo y amor entregado durante estos años, teniendo que realizar muchas veces sacrificios y postergaciones, para que yo pueda terminar esta carrera. Y por enseñarme que acompañado de Dios todas las cosas ayudan a bien.

A mis hermanas Ximena y Damaris, por todo el apoyo que he sentido de su parte durante toda mi vida y especialmente en el transcurso de la carrera. Enseñándome que la unidad familiar nunca se debe perder y que pese a todo lo que pudiera pasar, siempre seremos una gran familia.

Agradecer también a mis abuelitas Luisa Prieto y Maria Tejos, quienes siempre estuvieron pendientes de mis estudios, apoyándome de forma espiritual y material.

Recordar y agradecer también a aquellos que ya no están físicamente, pero que fueron importantes durante toda el tiempo que pudimos compartir, a mi abuelito Hernán Medina y a mi tío Jaime Burgos.

Agradecer a muchas personas que fueron importante durante este periodo también, tanto familiares y amigos, especialmente a Fernando Bravo, Enrique Vicente y a Claudio Bornand, con los cuales compartí los buenos y malos momentos

También, deseo agradecer a la empresa CMPC por la oportunidad de realizar este proyecto especialmente al Sr. Alfonso Araneda, por todo el apoyo y orientación prestada durante el transcurso de este proyecto.

A mi profesor patrocinante, Sr. Pedro Rey Clericus y a mi profesor asesor, Sr. Julio Zarecht Ortega, por darme la oportunidad de realizar este proyecto junto a ellos y por la disposición y ayuda entregadas.

ÍNDICE

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	X

CAPITULO I

PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARTULINAS CMPC	1
1.1 Reseña de la empresa	1
1.2 Normas de Certificación	1
1.3 Política Ambiental de Cartulinas CMPC	2

CAPITULO II

PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPELES Y CARTULINAS	3
2.1 Proceso de Fabricación	3
2.2 Planteamiento del Problema y Requerimientos	4
2.3 Ubicación del sector Preparación Salsa	4
2.4 Productos Involucrados en el Proceso de Preparación de Salsas	7
2.4.1 Clasificación de Productos Químicos	7
2.4.2 Forma de Recepción de los Productos	8
2.5 Preparación de la Salsa	9
2.5.1 Dispersión del Caolín	9
2.5.1.1 Preparación de la Dispersión del Caolín	10
2.5.2 PRE-Estuco	11
2.5.2.1 Preparación del Pre-Estuco	12
2.5.3 Estuco	14
2.5.3.1 Preparación del Estuco	15
2.5.4 Dispersión del Mowiol	17
2.5.4.1 Preparación de la Dispersión del Mowiol	17

CAPITULO III

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ADITIVOS MENORES	19
3.1 Productos a Almacenar	19
3.2 Transformación de recetas de kilos a Litros	20
3.2.1 Transformación de receta a litros - Dispersión de Caolín	20
3.2.2 Transformación de receta a litros - Preparación Pre-Estuco	21
3.2.3 Transformación de receta a litros - Preparación Estuco	22
3.3 Selección de agitadores	24
3.4 Ubicación de los Estanques de Almacenamiento	25
3.5 Sistema Piping	26
3.5.1 Distribución de las Cañerías	26
3.5.2 Sistema de Lavado para Cañerías	29

CAPITULO IV

ELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL	30
4.1 Calculo de Presión	30
4.2 Tipos de válvulas	40
4.2.1 Partes de la válvula de Control.	40
4.2.1.1 Limit switches	41
4.2.1.2 El Actuador	41
4.2.1.3 Unidad de Válvula.	42
4.2.1.4 Funcionamiento de la Electro-válvula	47
4.2.1.5 Medida de protección para las válvulas	48
4.3 Dosificación del Flujo	49
4.4 Cálculo de Bomba de Trasvasije	54

CAPITULO V

CONTROL DEL PROCESO	58
5.1 Descripción de Simatic S7	58
5.2 Requerimientos Funcionales para el Proceso de Control Automático	62
5.3 Proceso de Control Automático Propuesto	63
5.3.1 Diagrama General del Proceso	64

VI

5.3.2	División del Proceso	64
5.3.2.1	Descripción del Funcionamiento de cada Área	66
5.3.3	Circuito de Seguridad	67
5.3.4	Elementos de Manejo y Visualización Necesarios	68
5.3.5	Panel de Mando	70
5.3.5.1	Procedimiento para los Operarios	71
5.4	Soluciones de contingencia	73
5.4.1	Solución para Falla del Medidor de Caudal	73
5.4.2	Solución Fallas en el Panel de Mando	74
5.5	Creación de un Esquema de Configuración	75
5.5.1	Cantidad y tipo de señales	75
5.5.1.1	Diagrama de E/S para las Válvulas	75
5.5.1.2	Diagrama de E/S para los Motores	76
5.5.1.3	Diagrama de E/S para la Dosificación del Flujo	76
5.5.1.4	Diagrama de E/S para la Balanza	77
5.5.2	Requerimientos de la CPU y Fuente de Alimentación	79
5.5.2.1	Descripción Sistema S7-300	81
5.5.3	Configuración de las Entradas y Salidas Físicas	86
CAPITULO VI		
DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LOS DISPOSITIVOS		89
6.1	Instalación y Conexiones del Sistema S7 300	89
6.1.1	Selección y Dimensionamiento para Armario	89
6.1.2	Montaje Perfil de Soporte	91
6.1.3	Conexión de la Fuente de alimentación y CPU	92
6.1.4	Medida de Protección	94
6.1.5	Cablear el Conector Frontal	95
6.2	Conexión para los Agitadores	97
6.2.1	Funcionamiento del Contactor	97
6.2.2	Funcionamiento del Circuito de Mando a Instalar	99
6.2.3	Composición del Circuito de Potencia a Instalar	100

6.3	Conexiones de las Válvulas	101
6.3.1	Conexión de las Electro-válvulas del Circuito de Dosificación aditivos menores y Circuito de Lavado	101
6.3.2	Conexión de los Limit switches	104
6.4	Conexión Sistema de Pesaje	105
6.5	Conexión de Dispositivo de Dosificación	106

CAPITULO VII

COSTOS DEL PROYECTO	108
----------------------------	-----

CONCLUSIONES	111
---------------------	-----

Bibliografía	113
---------------------	-----

ANEXO 1	Agitador y estanque	114
ANEXO 2	Diagrama de Moody	115
ANEXO 3	Medidores de flujo	116
ANEXO 4	Coefficiente para perdidas en accesorio	118
ANEXO 5	Limit switch	119
ANEXO 6	Válvulas de control	120
	Actuador neumático	121
ANEXO 7	Electro-válvula	122
ANEXO 8	Diagrama de selección de un PLC criterio Cuantitativo	123
ANEXO 9	Módulos de entrada y salida digital Simatic S7 300	124
ANEXO 10	Modulo de entrada analógica Simatic S7 300	126
ANEXO 11	Fuente de alimentación del sistema Simatic S7 300	128
ANEXO 12	Diagrama de conexiones	129

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal, establecer los dispositivos de control automático necesarios para optimizar el proceso de mezcla de los productos que participan en los procesos de dispersión del Caolín, la Preparación de Estuco y Pre-Estuco, para la empresa Cartulina CMPC Valdivia.

El desarrollo de este proyecto comienza con la descripción de la empresa, su proceso productivo y su política ambiental.

A continuación, se realiza el planteamiento y análisis del problema, y de acuerdo a los requerimientos establecidos, se realizan los cálculos necesarios para establecer el dimensionamiento de los estanques para el almacenaje de los productos involucrados y se propone un sistema de piping para el trasvasije de los productos. Posteriormente, se realiza la elección de los dispositivos de control para la optimización del proceso, detallando las características técnicas y funcionales de cada dispositivo.

El personal de la empresa detalló cómo debe funcionar el proceso de control de trasvasije de los productos menores y de acuerdo a esto, se establece una primera solución como la más adecuada para llevar a cabo el proceso, y dos soluciones de contingencia, en caso de que se presenten fallas en la solución principal.

Para las distintas soluciones, se diseñó un diagrama general del proceso de trasvasije, se establecieron las medidas de seguridad necesarias para un funcionamiento óptimo y prolongado en el tiempo y se definieron los procedimientos necesarios que deben realizar los operarios en el proceso de trasvasije.

Por último, se establecen los diagramas de conexiones de los dispositivos de control y se definen las formas en que éstos deben ser instalados.

ABSTRACT

The present work has as principal objective, establish the necessary devices of automatic control to optimize the process of mixing of the products that take part in the processes of dispersion of the Kaolin, the Preparation of Estuco and Pre-Estuco, for the company Cartulina CMPC Valdivia.

The development of this project begins with a company description, giving emphasis in the productive process and the policy environment.

After this, it is realized the exposition and analysis of the problem and in agreement to the established requirements, the necessary calculations are realized to establish the dimension of the storage of the involved products and a piping system is proposed for the trasvasije of the products. Later, the election of the devices of control are realized for the optimization of the process, detailing the technical and functional characteristics of every device.

The company personnel detailed how the control process of the trasvasije must work, and in agreement to this, the first solution is established as the most adapted to carry out the process, and two solutions of contingency, in case faults are present in the principal solution.

For the different solutions, a general graph of the process of trasvasije was designed. It is established the necessary safety measurements for an ideal functioning and prolonged in the time, and are defined the necessary procedures that the workmen must realize in the process of trasvasije.

Finally, are established the connections graphs of the devices of control and are defined the forms in which these must be installed

INTRODUCCIÓN

Debido a la gran importancia que implica contar con productos de calidad, que cumplan con las exigencias actuales del mercado, es que se hace imprescindible optimizar los diferentes procesos de producción que se realizan dentro de las empresas.

El trabajo que se expone a continuación, se realizó en la empresa CMPC Planta Valdivia, la cual aprueba que se lleve a cabo el desarrollo de la tesis, debido a un estudio preliminar para optimizar el proceso de preparación de Salsa, realizado durante la Práctica Profesional en la misma.

En CMPC Planta Valdivia, se realiza la producción de cartulinas estucadas y cartulinas no estucadas. Dentro de los procesos que se llevan a cabo para la creación de la cartulina, está la denominada preparación de las salsas, que posteriormente son aplicadas a la cartulina para proporcionarles a éstas, entre otras cosas, las características de color y brillo, además de entregar la carga mineral de los papeles deseados. Las tres operaciones principales que se realizan en el proceso de la creación de las salsas son: la Dispersión del Caolín, la Preparación de Estuco y Pre-Estuco.

El objetivo principal de este trabajo es analizar y establecer los dispositivos de control automático necesarios para optimizar el proceso de mezcla de los productos que participan en los procesos de dispersión del Caolín, la Preparación de Estuco y Pre-Estuco y realizar el diagrama de conexiones para los dispositivos eléctricos y electrónicos que se utilizan en el proceso, a partir del sistema de automatización Simatic S7 de Siemens.

CAPITULO I

PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA CARTULINAS CMPC

1.1 Reseña de la Empresa

Cartulinas CMPC es una filial de la Empresas CMPC, la cual ha sido pionera en Chile en la fabricación de celulosa y papel.

Cartulinas CMPC S.A., en adelante “La Empresa”, se orienta a la fabricación de cartulinas multicapas estucadas y no estucadas utilizando para su producción las mejores materias primas, obteniendo así cartulinas de alta calidad.

La empresa cuenta con dos plantas:

- Planta Maule: con una producción de 180 mil toneladas anuales, con 1 máquina papelera.
- Planta Valdivia: con una producción de 42 mil toneladas anuales, con 1 máquina papelera.

En la Planta Valdivia se acaba de instalar una nueva sala de conversión (donde se cortan y embalan los papeles), con una inversión de US\$ 2,7 millones. También se encuentra en desarrollo el proyecto de ampliación de la máquina papelera, con una inversión de US\$ 7,7 millones, que aumentará su producción en 20 mil toneladas anuales, y simultáneamente se está construyendo una planta de tratamiento secundario de efluentes, con una inversión de US\$ 1,2 millones. La puesta en marcha de ambos proyectos se espera para el tercer trimestre del 2006.

1.2 Normas de Certificación

Las exigencias internacionales, originadas por la globalización de los mercados, los Tratados de Libre Comercio (TLC) y los acuerdos ambientales internacionales firmados por Chile, han llevado a la Empresa a formalizar el compromiso de respeto por el medio ambiente y el cumplimiento de la legislación nacional ambiental vigente, implementando un Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001, el que fue certificado en noviembre del 2002 por Bureau

Veritas Quality International, y la norma ISO 9001:1994 de sistema de gestión ambiental, certificada el 8 de noviembre 2002. En Diciembre de 2006, se realizará la re certificación de las normas ISO 1401:2004 e ISO 9001:200, la cual promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

1.3 Política Ambiental de Cartulinas CMPC

La política ambiental de la Empresa se orienta a:

- Procurar la reutilización de los desechos industriales, disminuyendo la generación de residuos y sustituyendo la utilización de otros recursos naturales.
- Que la protección y respeto del ambiente sea parte integral de las actividades industriales, las que serán compatibles con el mejoramiento sostenido de la calidad de vida y su desarrollo sustentable.

Es por estas razones que en la producción de cartulina, una de sus fuentes de fibras es a través de papel reciclado. Los papeles y cartones usados, llegan a las fábricas de papel con impurezas. Las impurezas pesadas incluyen metales, tuercas, pernos, tornillos, alambres, latas de bebidas, grapas, arena, piedras y vidrios.

Las impurezas livianas consisten en plásticos, ceras, pegamentos, colas, autoadhesivos y adhesivos, La tinta de las palabras impresas, es la más común de las impurezas encontradas y, según haya sido el tipo de impresión empleado, será más simple o complejo removerla.

Las impurezas pesadas, son separadas del proceso de reciclaje y entregadas como materia prima a otras industrias para ser reprocesadas. Las impurezas livianas son conducidas a la planta de tratamiento de efluentes de la fábrica de papel, donde son extraídas, para posteriormente incinerarlos en instalaciones especializadas o depositarlos en rellenos sanitarios industriales.

CAPITULO II

PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPELES Y CARTULINAS

2.1 Proceso de Fabricación

Las fibras, necesarias para la fabricación de cartulina, se mezclan en las proporciones requeridas en una gran cuba llamada pulper, que actúa como una juguera que forma una pasta acuosa que contiene las fibras. Esta pasta cae luego sobre una tela móvil o fourdrinier, donde se produce el entrecruzamiento de las fibras.

A medida que la tela avanza, se va drenando el contenido de agua de la pasta, quedando sobre la tela una película de fibras húmedas que constituyen la hoja de papel. El peso o gramaje de los papeles puede aumentarse agregando mayor cantidad de fibras en la pasta, es decir, aumentando la densidad de ésta. Otra alternativa, es juntar tres o más hojas de papel en una sola, como ocurre en el proceso de producción de las cartulinas múltiplex. En este caso, las hojas provenientes de tres telas se juntan en una sola, antes de pasar por la prensa. Para facilitar su pegado se les agrega un adhesivo en base a almidón.

A continuación, la hoja de papel pasa por prensas que la estrujan y luego a través de cilindros secadores calentados con vapor que terminan de secarla.

Algunos papeles pasan por un monolúcido (gran cilindro) que tiene la particularidad de dejar el papel más terso y brillante por la cara que queda en contacto con el cilindro.

Para los papeles o cartulinas que serán destinados a usos en los que la impresión es muy importante, se requiere una superficie muy tersa y brillante. Esto se logra aplicando una fina capa de pintura que permite obtener papeles o cartulinas estucadas.

El papel o cartulina, pasa por un rodillo aplicador que contiene esta pintura; el exceso de estuco se elimina mediante cuchillos raspadores, que dejan lisa y pareja la superficie estucada. Como el estuco moja el papel, se requiere secado adicional mediante cilindros secadores.

Por último, el papel o cartulina es rebobinado en la parte final de la máquina, obteniéndose un rollo listo para ser usado o para ser cortado y transformado en resmas de diversos tamaños.

2.2 Planteamiento del Problema y Requerimientos

Este proyecto esta motivado por la necesidad de implementar un sistema de almacenamiento, distribución y control automático necesarios para optimizar el proceso de mezcla de los productos denominados aditivos menores, que participan en los procesos de dispersión del Caolín, la Preparación de Estuco y Pre-Estuco, realizados en el sector de preparación Salsa de la Empresa.

Dentro de los requerimientos que se establecen, es que se disponga de estanques de almacenamiento para los productos denominados aditivos menores, los cuales deben tener una capacidad de almacenamiento para cinco días, exceptuando el estanque de almacenamiento para el Mowiol¹, debido a que éste es preparado dentro del sector y se necesita un estanque de almacenaje de mil litro.

Otro requerimiento es el uso de agitadores para los productos que son dispersados con agua, debido a que al estar almacenados, podría producir que los productos decanten.

Dentro de las soluciones que se establezcan, se deben definir soluciones de contingencia en caso de presentarse problemas en la solución de control principal.

2.3 Ubicación del sector Preparación Salsa

La dependencia donde se realizan los procesos de dispersión del Caolín, la Preparación de Estuco y Pre-Estuco, es un edificio de tres pisos en el cual, además de los procesos mencionados, se realiza el cocimiento del Mowiol, y el almidón Spray.

En el primer piso se encuentran:

- Las bombas que distribuyen el Caolín ya disperso, el Pre-estuco y el Estuco hacia sus estanques de almacenamiento primarios.

¹ Mowiol: alcohol polivinílico

- Las bombas, que luego envían los productos hacia la prensa y a los Batch² de Pre-estuco y Estuco.
- Las bombas que llevan el Mowiol y el almidón Spray desde los cocedores hasta sus respectivos almacenamientos.

En un área mas reducida del primer piso, se encuentran ubicados los estanques primarios donde se depositan el Caolín disperso, el PRE estuco y el estuco.

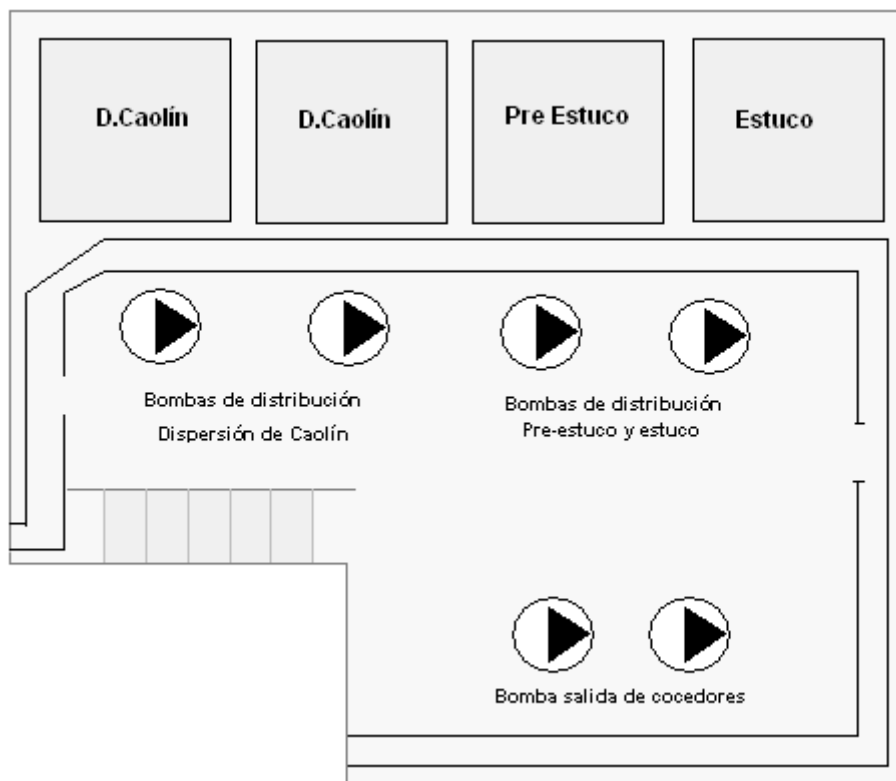


Figura 2.1 Dependencia preparación Salsa - Primer Piso

En el segundo piso se encuentran:

- Los Dilutores (D-1 y D-2)
- Los Cocedores (C1 Y C2)
- Dosificador de Tornillo del Caolín (T-1)
- Sala de Control de los Operadores.

² Batch: Estanque de almacenamiento usado antes de que el producto pase a la maquina.

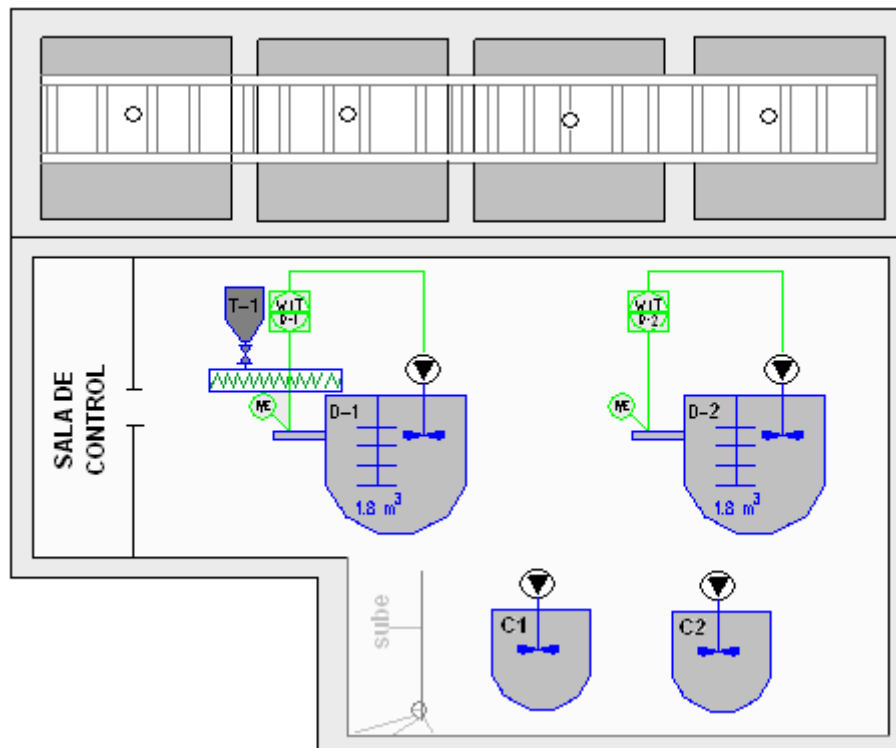


Figura 2.2 Dependencia preparación Salsa - Segundo Piso

En el tercer piso se encuentran:

- La tolva donde se deposita las sacas de Caolín, el cual a través de éste, va hacia el tornillo dosificador ubicado en el segundo piso.
- Un estanque, donde se deposita el almidón spray para los cocedores y otro estanque que se utiliza como filtro para el estuco.

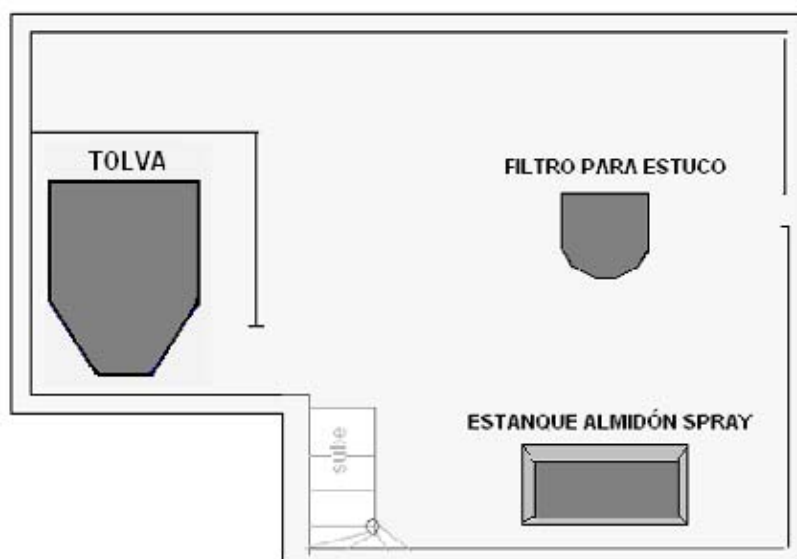


Figura 2.3 Dependencia preparación Salsa - Tercer Piso

2.4 Productos Involucrados en el Proceso de Preparación de Salsas

Uno de los procesos que se lleva a cabo en CMPC para la producción de cartulina, es la preparación de las salsas. A continuación, se presentan los productos que se utilizan en la preparación de las salsas y la forma en que se reciben estos productos.

2.4.1 Clasificación de Productos Químicos

Para la preparación de la cartulina, existen tres procesos principales a realizar, los cuales son:

- Dispersión del Caolín
- Preparación de Estuco
- Preparación de Pre-Estuco

Los productos que se utilizan en la preparación de los procesos mencionados junto con sus características, son mostrados en la Tabla 2.1

Producto	Peso Específico	PH	Viscosidad de Aplicación	Característica
Caolín Hidrolux 91	1509 gr/lt	9.3 – 9.6	700 cps	Polvo Amarillo Fino
Carbonato Hidrocarb 90	1865 gr/lt	9,6 – 10	250 cps	Líquido Blanco
Carbonato Hidrocarb 60	1765 gr/lt	9,6 – 10	200-250 cps	Líquido Blanco
Etingal S	973 gr/lt	5 – 6	9.8 cps	Líquido Transparente
Etingal L	990 gr/lt	4	20 cps	Líquido Amarillento
Latex Dow	1017 gr/lt	6,1	100 cps	Líquido Blanco Brillante
Latex Styronal	1017 gr/lt	6,1	300 cps	Líquido Blanco Brillante
Mowiol 6-98	1014 gr/lt	4 – 8	25 cps	Polvo Blanco Cristalino
Polysals Cal	1203 gr/lt	7,5 – 9	10 cps	Líquido Café
Soda Cáustica	1170 gr/lt	12	80 cps	Polvo Cristalino Blanco
Sterocoll FD	1056 gr/lt	2 – 3	18.6 cps	Líquido Blanco Viscoso
Tinopal SPP	1300 gr/lt	8 – 10	20 cps	Líquido Amarillo
Azul Pergazol	1083 gr/lt	8 – 8,5	10 cps	Líquido Azul Viscoso

Tabla N°2.1 Clasificación y Características de Productos Químicos

2.4.2 Forma de Recepción de los Productos

Actualmente, los productos llegan al área de preparación de salsas, en las condiciones y cantidades que muestra la Tabla 2.2

Productos	Condiciones y Cantidades
Caolín	Sacas de pigmentos de 1000 Kg
Carbonato90	Camiones con 40 mts ³
Carbonato60	Camiones con 40 mts ³
Pergazol	Bidones de 25 Kg.
Látex	Camiones
Soda	Sacos de 25 Kg.
Mowiol	Sacos 25 Kg.
Tinopal	Contenedores de 1000 Kg.
Etingal S	Tambores de 200 Kg.
Etingal L	Tambores de 110 Kg.
Sterocoll	Tambores de 1000 Kg.

Tabla N°2.2 Condiciones y Cantidades en la Recepción de los Productos

2.5 Preparación de la Salsa

2.5.1 Dispersión del Caolín

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. El término caolín, se refiere a arcillas en las que predomina el mineral caolinita, es de color blanco, el brillo es generalmente terroso mate, es higroscópico (absorbe agua), y su plasticidad es de baja a moderada.

Otras propiedades importantes, son su blancura, su inercia ante agentes químicos, es inodoro, aislante eléctrico, moldeable y de fácil extrusión; resiste altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y tiene elevada refractariedad y facilidad de dispersión. Tiene gran poder cubriente y absorbente y baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos.

Dentro del proceso, el caolín es el encargado de entregar el brillo y la carga mineral del papel. Bajo este punto de vista es que el caolín disperso debe cumplir con los siguientes parámetros:

Características	Unidades	Parámetros
Viscosidad	Cps	500- 700
Sólido	%	70
pH		9.4 – 9.8

Tabla N°2.3 Características Dispersión de Caolín

Para cumplir con las características mencionadas, el proceso de dispersión del caolín se lleva a cabo según una “receta” que se presenta a continuación:

Producto	Unidades	Cantidades
Agua	Lt.	770
Polysals Cal	Kg.	8
Soda Cautica	Kg.	3.5
Etingal L	Lt.	1.7
Caolín	Kg.	2000

Tabla N°2.4 Receta Dispersión Caolín

2.5.1.1 Preparación de la Dispersión del Caolín

El Caolín es un polvo que debe ser dispersado. Considerando los productos mostrados en la Tabla N°2.4, se describe la forma en que se prepara la Dispersión del Caolín.

Actualmente, el agua es vaciada de forma automática a través de una cañería, la cual posee una válvula automática, controlada por un PLC, mientras que el caolín se ingresa en sacas de 1000 kilos a una tolva, en la cual existe un dispersor de aire con el fin de que el producto no se adhiera a la estructura y caiga a un tornillo dosificador, para luego terminar en el Dilutor 1, ubicado en el segundo piso del sector de preparación Salsa.

Por otro lado, la soda Cautica y el Etingal L se preparan de forma manual y se dosifica de la misma manera, mientras que el Polysals Cal sólo se ingresa de forma manual a la dispersión.

Mientras se realiza el proceso de ingresar todos los productos necesarios para la dispersión del caolín, se procede a mezclar todo, mediante un agitador, que para conseguir las características necesarias, debe seguir una secuencia de velocidades que está relacionado con la cantidad de producto (medido en peso), presente en el dilutor.

A continuación se presenta la secuencia de velocidades, la cual depende de la carga en el dilutor:

Carga del Dilutor	Revoluciones
Agua más aditivos	880 rpm
1200 kg.	990 – 1000 rpm
1600 kg.	1100 – 1200 rpm
2000 kg.	1300 rpm
2500 a 2600 kg.	1400 rpm
Carga completa en dilutor	1497 rpm

Tabla N°2.5 Variación de velocidades por carga en el dilutor

Una vez obtenida la carga máxima, se deja en el dilutor durante una hora. Luego se trasvasija bajando las RPM (revoluciones por minuto) gradualmente como sigue conforme la disminución del peso:

Carga del Dilutor	Revoluciones
Carga máxima	1497 rpm
2400 kg.	1300 rpm
2000 kg.	1200 rpm
1800 kg.	1100 rpm
1500 kg.	900 rpm
1400 kg. (detener)	880 rpm

Tabla N°2.6 Variación de velocidades por descarga en el dilutor

2.5.2 PRE-Estuco

El PRE-estuco es utilizado como una primera capa de pintura en el papel. Su propósito principal, es dar el color blanco a la cartulina y cubrir todos los poros que tiene ésta, de manera de dejar una superficie lisa y así disminuir la posterior absorción del estuco.

Para cumplir con lo antes mencionado, el pre-estuco ya formado debe cumplir con las siguientes características:

Características	Unidades	Parámetros
Viscosidad	cps	600 - 800
Sólido	%	65 – 66
PH		8.5 – 9.0

Tabla N°2.7 Características del Pre-Estuco

Para cumplir con estos requerimientos, se utilizan los siguientes componentes y sus respectivas medidas:

Producto	Cantidades	Observación
Carbonato 60	2070 Kg.	
Pergazol	1,379 Kg.	Diluido al 10%
Latex	390 Kg.	
Soda	1,5 Kg.	Diluido al 10%
Mowiol	57 Kg.	
Tinopal	10,2 Kg.	
Etingal S	1.5 Kg.	Diluido al 10%
Sterocoll FD	21.2 Kg.	

Tabla N°2.8 Receta preparación Pre-Estuco

2.5.2.1 Preparación del Pre-Estuco

Para la preparación de este producto, y considerando los componentes mostrados en la Tabla N°2.8, se debe seguir la siguiente secuencia:

- Se prepara la balanza del mezclador del Dilutor 2 (ubicado en el segundo piso del sector de preparación Salsa).
- Se programa por PLC la cantidad de Carbonato 60 disperso necesario, activándose la apertura de la válvula VA-37 y activando la bomba BE-11 para comenzar el trasvasije.

- Se coloca en funcionamiento el rotor del mezclador y se van aumentando las revoluciones del rotor hasta que la mezcla quede homogénea (400-600 rpm).
- Se programa en el PLC el Látex (Dow o Styronal) según la receta, dosificado por flujómetro. Para realizar el trasvasije se activa la bomba BE-3, en caso que se requiera látex Dow o la bomba BE-4 si se requiere látex Styronal y la válvula VA-21 independientemente del látex utilizado.
- En forma manual, se prepara antiespumante (Etingal S) al 10% y se dosifica al mezclador.
- Se aumentan las revoluciones al rotor del mezclador (Dilutor 2) a 1000 rpm.
- Se programa en PLC el Mowiol según receta, dosificándose por flujómetro, activándose la bomba BE-10 y la válvula VA-10.
- Se dosifica el Blanqueante (Tinopal SPP) según receta, activándose válvula la VA-9.
- Se dosifica en forma manual la soda diluida al 10% en la cantidad señalizada en la receta para el ajuste de pH de la salsa.
- En forma manual, se dosifica el espesante y redentor (Sterocoll FD).
- Se programa por PLC el agua de ajuste con válvula VA-20.
- Se toma la muestra para análisis: como viscosidad, pH y sólido.
- Se disminuye revoluciones al rotor del mezclador (Dilutor 2) a rangos de 500 a 600 rpm.
- Se posicionan selectores en operación (OP) , estanque S1y válvula VA-23

- Se pone en servicio el tamiz vibratorio del tercer piso.
- Se activa bomba BD-2 y válvula VA-22 correspondiente a la descarga del dilutor 2.
- Se disminuyen las revoluciones a medida que el dilutor se va vaciando y posteriormente se apaga el rotor cuando la balanza indica 1100 kilos.
- La bomba BD-2 y la válvula VA-22 se desactivarán cuando la balanza del dilutor indique nivel bajo en forma automática.
- Una vez trasvasijada la salsa de pre-estuco se procede al lavado inmediato de la malla tamiz con manguera, pasando el selector de posición operación (OP) a LAVADO.

2.5.3 Estuco

El estuco es la última capa de pintura que se utiliza para proporcionar una terminación final al papel, entregándole su color característico como una superficie tersa y brillante. Esta capa de pintura, para cumplir con su propósito, debe contar con las siguientes características:

Características	Unidades	Parámetros
Viscosidad	cps	600 - 800
Sólido	%	65
pH		8.5 – 9.0

Tabla N°2.9 Características del Estuco

Los componentes que se emplean en esta preparación son los siguientes:

Producto	Cantidades	Observación
Caolín	1277 Kg.	
Carbonato 90	805 Kg.	
Pergazol	1.341 Kg.	Diluido al 10%
Látex	3.43 Kg.	
Soda	1 Kg.	Diluido al 10%
Tinopal	12.4 Kg.	
Mowiol	56 Kg.	
Etingal S	2 Kg.	Diluido al 10%
Sterocoll FD	7 Kg.	

Tabla N°2.10 Receta preparación Estuco

2.5.3.1 Preparación del Estuco

Para la preparación de este producto se debe seguir la siguiente secuencia:

- Se prepara la balanza del mezclador del Dilutor 2.
- Se programa por PLC la cantidad de Caolín disperso y Carbonato de acuerdo a la receta, produciendo la activación de la bomba BE-1 para el trasvasije del Caolín disperso, y la bomba BE-2 para el trasvasije del carbonato. Además se realizará la apertura de la válvulas VA-17 y VA-18 para permitir el paso de los productos.
- Se coloca en funcionamiento el rotor del Dilutor 2 y se van aumentando las revoluciones del rotor, hasta que la mezcla quede homogénea, es decir, entre 400 y 600 rpm aproximadamente.
- Se programa en PLC el Látex (Dow o Styronal) según la receta, dosificado por flujómetro. Para realizar el trasvasije se activa la bomba BE-3, en caso que se requiera Látex Dow o la bomba BE-4 si se requiere Látex Styronal y la válvula VA-21 independiente del Latex.

- En forma manual, se prepara antiespumante (Etingal S) de acuerdo a receta y se dosifica al Dilutor 2.
- Se aumentan las revoluciones al rotor del Dilutor 2 entre 800-900 rpm.
- Se programa por PLC la cantidad de Mowiol indicada por receta, activándose bomba BE-10 y válvula VA-9.
- Se dosifica por PLC la cantidad de Tinopal de acuerdo a receta.
- Se prepara en forma manual la soda, con precaución y se dosifica al dilutor para ajuste de pH.
- Se agrega, en forma manual, el espumante (Sterocoll FD) en la cantidad entregada en la receta.
- Se programa, por PLC, la cantidad de agua necesaria para el ajuste, abriéndose la válvula VA-20. Si fuese necesario ajustar pH, ésta debe agregarse en forma manual.
- Se toma muestra para análisis de viscosidad, pH y sólido.
- Se bajan las revoluciones al motor del dilutor entre 500-600 rpm.
- Se posicionan los selectores en operación, estanque S20 y válvula VA-24
- Se pone en funcionamiento tamiz vibratorio del tercer piso.
- Se activa bomba BD-2 y válvula VA-22 de descarga del dilutor 2.
- A medida que el peso en la balanza del dilutor va disminuyendo, se van bajando las revoluciones del rotor.
- Cuando la balanza marca 1100 kilos, se apaga en forma manual el rotor.

- La Bomba BD-2 y la válvula VA-22 se desactivarán cuando la balanza del dilutor indique nivel bajo en forma automática.
- Una vez trasvasijada la salsa de estuco, se procede al lavado inmediato de la malla tamiz con manguera, pasando el selector de posición OP a lavado.

2.5.4 Dispersión del Mowiol

Dentro del proceso que se realiza para la preparación de la salsa, se prepara la dispersión del Mowiol; alcohol polivinílico que incrementa la aglomeración de pigmentos, es un gran portador (carrier) de blanqueante óptico que se utiliza en la preparación de salsas de estuco y PRE-Estuco.

2.5.4.1 Preparación de la Dispersión del Mowiol

- Se dosifica 715 litros de agua en Cocedor 1 con válvula VA-26
- Se coloca en funcionamiento rotor de Cocedor 1.
- En forma manual, se vierten 75 kilos de Mowiol (3 bolsas) en cocedor.
- Se programa en el contador 60 minutos.
- Cumplido este tiempo se controlan los sólidos con refractómetro ajustando hasta llegar a 8%.
- Se posicionan los selectores de operación (OP), en estanque E-10, y las válvulas VA-31 en ON y válvulas VA-30 en OFF
- Los selectores de BY-PASS en posición normal.

- Se Activa la bomba BC-1 y válvula VA-28 de descarga del cocedor C1, en forma automática.
- Se apaga el rotor de cocedor C1.
- Cuando el indicador de nivel bajo se enciende se apaga la bomba y se cierra la válvula de descarga.
- Cuando el cocedor se ha desocupado, se lava el cocedor en formal manual.
- Se descarga el lavado abriendo válvula manual y activando bomba BC-1.
- Cumplido esto, se apaga la bomba y se cierra la válvula de desagüe.
- Se deja válvula VA-30 y VA-31 en posición OFF.

CAPITULO III

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ADITIVOS MENORES

3.1 Productos a Almacenar

En el proceso de preparación de las salsas, los productos que se trasvasijan en forma manual son los denominados aditivos menores, los cuales se nombran en la siguiente tabla:

Producto
Polysals Cal
Pergazol
Etingal S
Etingal L
Tinopal SPP
Soda Cautica
Esterocoll

Tabla N° 3.1 Aditivos Menores

Para poder realizar posteriormente un trasvasije de forma automática, es necesario tener cada uno de estos productos en estanques de almacenamiento.

Para establecer el tamaño de los contenedores fijos de los productos menores, se acordó con el Departamento de Aditivos de la Empresa, que el almacenaje debía satisfacer el requerimiento de 5 días de trabajo.

Debido a que los productos serán almacenados ya diluidos en el caso que corresponda, y los restantes son igualmente fluidos, se procede a cambiar la receta de Kilogramos a litros, para posteriormente calcular el volumen mínimo necesario de los productos, y finalmente, establecer las dimensiones de los futuros contenedores.

3.2 Transformación de Recetas de Kilos a Litros

3.2.1 Transformación de receta a litros - Dispersión de Caolín

Para conseguir la transformación de kilos a litros de los productos, se procede a dividir el peso especificado en la receta, por el peso específico del producto (anteriormente entregados e la Tabla N° 2.1). El mismo procedimiento se realizará para las recetas del Pre-Estuco y del Estuco.

Producto	En Kilos	En Litros
Agua	-	770
Polysals Cal	8	6.65
Soda Cáustica	3.5	2.99
Etingal L	1.7	1.72.
Caolín	2000	-

Tabla N°3.2 Transformación de receta a litros - Dispersión Caolín

Como hay productos que se encuentran diluidos al 10%, es necesario sumar la cantidad de litros que se ocupan en cada uno:

Soda $2.99 \text{ lts} + 35 \text{ lts} = 37.9\text{lts}$

Etingal L $1.7 \text{ 0lts} + 17 \text{ lts} = 18.2 \text{ lts}$

Una vez diluido los productos, la receta de Dispersión de Caolín queda de la siguiente manera:

Producto	Cantidad
Agua	770 Lt.
Polysals Cal	6.65 Lt
Soda Cáustica	37.99 Lt.
Etingal L	18.72 Lt
Caolín	2000 Kg.

Tabla N°3.3 Receta final en litros - Dispersión Caolín

3.2.2 Transformación de receta a litros - Preparación Pre-Estuco

Aplicando el mismo procedimiento para la transformación de recetas de kilos a litros explicados en el punto anterior, se tiene que la cantidad de productos para la preparación de Pre-Estuco expresados en litros, es la siguiente:

Producto	En Kilos	En Litros
Carbonato 60	2070	1172.8
Pergazol	1,379	1.27
Latex	390	383.49
Soda	1.5	1.28
Mowiol	57	56.21
Tinopal SPP	10.2	7.85
Etingal S	1.5	1.54
Esterocoll	21.2	20.07

Tabla N°3.4 Transformación de receta a litros - Preparación Pre-Estuco

Existen productos que se encuentran diluidos al 10%, entonces es necesario sumar el agua para la dilución, quedando lo siguiente:

Pergazol 1.27 lts + 13.79 lts = 15.06 lts

Soda 1.28 lts + 15 lts = 16.28 lts

Etingal S 1.54 lts + 15 lts = 16.54 lts

Entonces, para una preparación de Pre-Estuco se tienen las siguientes cantidades:

Producto	Cantidades
Carbonato 60	1172.8 Lt
Pergazol	15.06 Lt
Látex	383.49 Lt
Soda	16.28 Lt
Mowiol	56.21 Lt
Tinopal SPP	7.85 Lt
Etingal S	16.54 Lt
Sterocoll FD	20.07 Lt

Tabla N°3.5 Receta final en litros - Preparación Pre-Estuco

3.2.3 Transformación de receta a litros - Preparación Estuco

Finalmente, se realiza la transformación de kilos a litros de producto de la receta de Estuco, recordando que la fórmula utilizada es dividir el peso especificado en la receta por el peso específico de los productos.

Producto	En Kilos	En Litros
Caolín	1277	846.25
Carbonato 90	805	31.64
Pergazol	1.341	1.23
Látex	3.43	3.37
Soda	1	0.85
Tinopal SPP	12.4	9.54
Mowiol	56	55.23
Etingal S	2	2.05
Esterocoll	7	6.63

Tabla N°3.6 Transformación de receta a litros - Preparación Estuco

Como hay productos que se encuentran diluidos al 10%, es necesario sumar la cantidad de litros que se ocupan en cada uno:

Pergazol 1.23 lts+ 13.41 lts = 14.64 lts

Soda 0.85 lts+ 10 lts = 10.85 lts

Etingal S 2.05 lts + 20 lts = 22.05 lts

Entonces, para una preparación de Estuco se tienen las siguientes cantidades:

Producto	Cantidades
Caolín	846.25 Lt
Carbonato 90	31.64 Lt
Pergazol	14.64 Lt
Latex	3.37 Lt
Soda	10.85 Lt
Tinopal SPP	9.54 Lt
Mowiol	55.23 Lt
Etingal S	22.05 Lt
Esterocoll	6.63 Lt

Tabla N°3.7 Receta final en litros – Preparación Estuco

La siguiente tabla muestra un resumen de las transformaciones de las recetas de Dispersión del Caolín, Estuco y Pre-Estuco:

Producto	Caolín	Pre - Estuco	Estuco	TOTAL
Polysals Cal	6.65 Lt	-	-	6.65 Lt
Pergazol	-	15.06 Lt	14.64 Lt	29.7 Lt
Etingal S	-	16.54 Lt	22.05 Lt	38.59 Lt
Etingal L	18.72 Lt	-	-	18.72 Lt
Tinopal SPP	-	7.85 Lt	9.54 Lt	17.39 Lt
Soda Cautica	37.19 Lt	16.28 Lt	10.85 Lt	64.32 Lt
Esterocoll	-	20.07 Lt	6.63 Lt	26.7 Lt

Tabla N°3.8 Resumen de productos, expresados en litros, por tipos de salsa

Para el almacenaje de cinco días, se considera un almacenaje máximo diario, que consiste en 3 dispersiones de caolín, 5 de pre-estuco y 3 de estuco, quedando las siguientes cantidades:

Producto	Caolín x 3	Pre – Estuco x 5	Estuco x 3	TOTAL (Lt)
Polysals Cal	19.95 Lt	-	-	19.95
Pergazol	-	75.3 Lt	43.92 Lt	119.22
Etingal S	-	82.7 Lt	66.15 Lt	148.85
Etingal L	56.16 Lt	-	-	56.16
Tinopal SPP	-	39.3 Lt	28.6 Lt	67.9
Soda Cautica	111.57 Lt	82.4 Lt	32.55 Lt	226.52
Esterocoll	-	100.4 Lt	19.9 Lt	120.3

Tabla N°3.9 Almacenaje por preparación para 5 días

Por lo tanto, se puede concluir que para un abastecimiento durante cinco días, se requiere contar con estanques de almacenajes que puedan contener como mínimo las siguientes cantidades:

Producto	TOTAL
Polysals Cal	99.75 Lt
Pergazol	596.1 Lt
Etingal S	744.25Lt
Etingal L	280.8 Lt
Tinopal SPP	339.5 Lt
Soda Cautica	1132 Lt
Sterocoll	601.5 Lt

Tabla N°3.10 Capacidad Mínima de Almacenamiento por producto – para 5 días

3.3 Selección de Agitadores

Para el caso del almacenaje de los productos que deben ser diluidos, con el fin de mantener la dilución y evitar que estos decanten, se estableció como requerimiento que sus respectivos estanques estarán equipados con agitadores que deben tener una velocidad de 80 rpm .

Para seleccionar un agitador que cumpla con las características apropiadas, se estableció contacto con un proveedor de agitadores y estanque de almacenamiento (Lecaros y Cia.), a quién se le entregó una tabla, de acuerdo a las características que se requieren para impedir el decantamiento de los productos:

Nombre Producto	Densidad	Ph	Viscosidad	Capacidad TQ	Tipo de Paleta	Velocidad RPM	Entrada de Aire
Etingal S	974 gr/l	6	11 cps	744.25Lt	Agitador de Patas Planas	80	7 BAR ¼”
Etingal L	991 gr/l	4	21 cps	280.8 Lt	Agitador de Patas Planas	80	7 BAR ¼”
Soda Cautica	1170 gr/l	12	80 cps	1132 Lt	Agitador de Patas Planas	80	7 BAR ¼”
Pergazol Azul	1083 gr/l	8-8.5	10 cps	596.1 Lt	Agitador de Patas Planas	80	7 BAR ¼”

Tabla N°3.11 Características de Agitadores

De acuerdo a esto, el proveedor determinó la utilización de agitadores con las siguientes características:

- Marca Dhiwoll Mod. EBR 220
- Potencia de 0,75 kw
- Estanque de Polietileno blanco con salida en 50 mm

Las demás características del agitador, se encuentran en el Anexo N°1

3.4 Ubicación de los Estanques de Almacenamiento

Para establecer la ubicación de los estanques donde se almacenarán los aditivos menores, se toma como referencia la ubicación de los Dilutores, y el espacio físico existente en el sector de preparación de salsa. Considerando lo anterior, se decide colocar los estanques en el tercer piso, quedando la distribución de la siguiente manera:

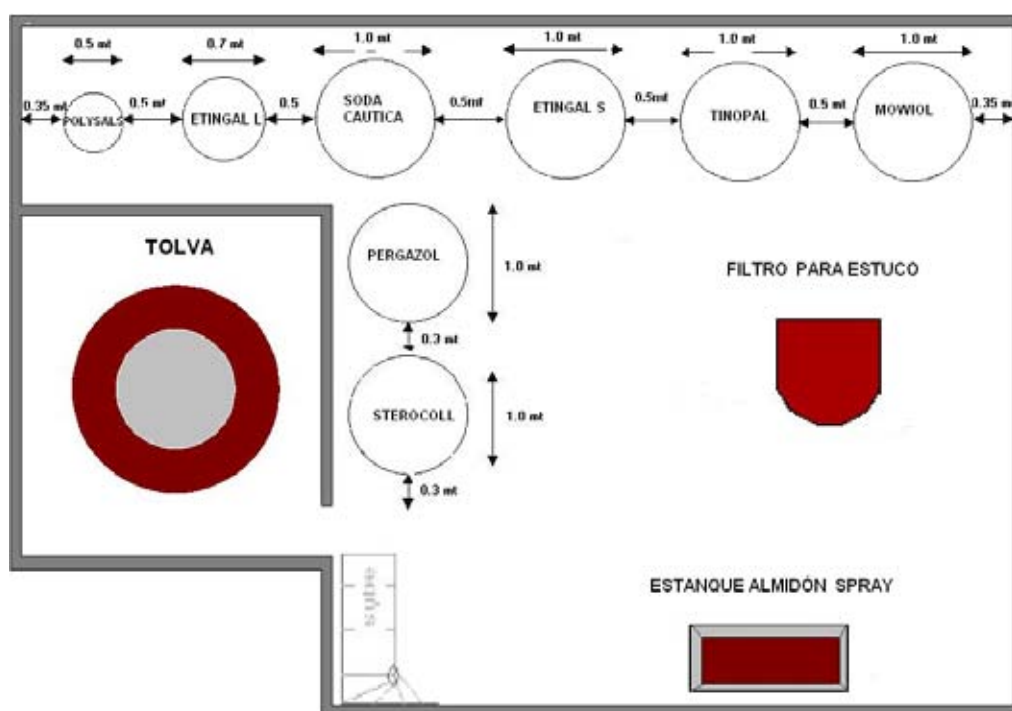


Figura 3. 1 Ubicación de los Estanques de Almacenamiento

3.5 Sistema Piping

Para vaciar los productos desde los estanques en el tercer piso a los Dilutores en el segundo piso, se considera un sistema de Piping, en el cual los fluidos harán su descenso por efecto de gravedad. El caudal necesario para cada fluido se consultó al encargado del sector de preparación Salsa don Luis Muñoz.

Productos	Caudales (Lt/min)
Polysals Cal	12
Pergazol	20
Etingal S	20
Etingal L	25
Tinopal SPP	20
Soda Cautica	35
Sterocoll	25
Mowiol	60

Tabla No3.12 Caudal para trasvasije de productos a los Dilutores

3.5.1 Distribución de las Cañerías

El diagrama presentado a continuación, ilustra la ubicación de los estanques y la distribución de cañerías que bajan los productos desde los Estanques hacia los Dilutores. Para esto, se consideró tanto el espacio físico existente como el aspecto visual del sector. En este diagrama se observa el espacio físico dispuesto en el tercer piso y el sistema de Piping que se realizará.

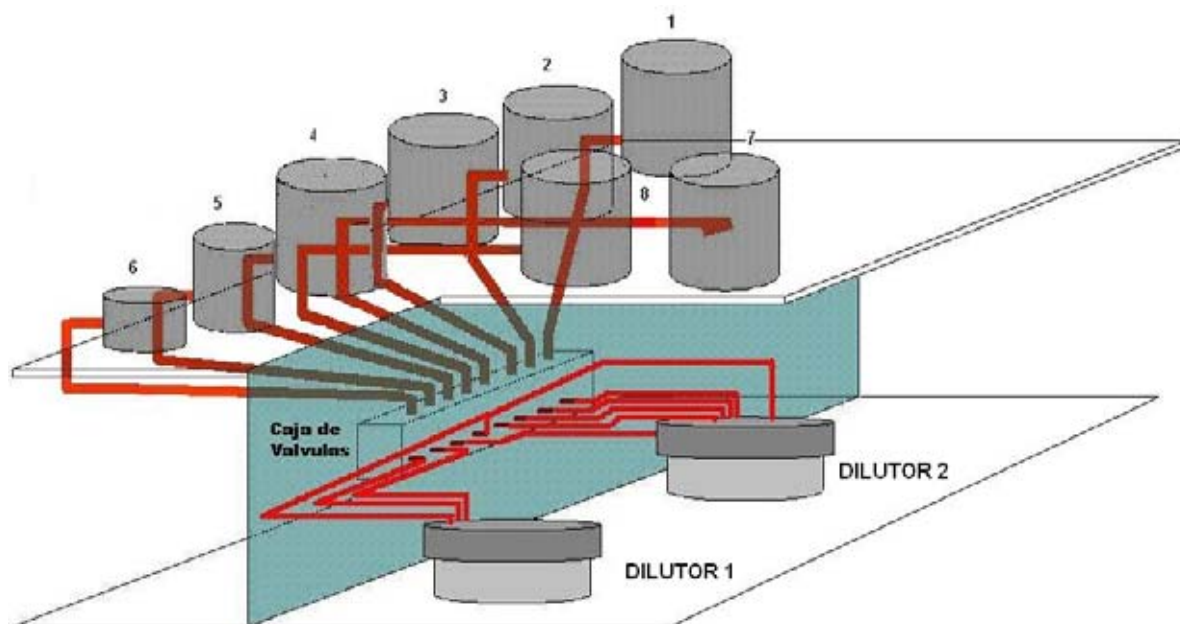


Figura 3. 2 Diagrama de Distribución de las Cañerías

Distribución de los estanques de acuerdo a la numeración de la figura 3.2

Estanque 1: Mowiol

Estanque 2: Tinopal SPP

Estanque 3: Etingal S

Estanque 4: Sterocoll

Estanque 5: Pergazol

Estanque 6: Soda Cautica

Estanque 7: Etingal L

Estanque 8: Polysals Cal

Se puede visualizar que cada estanque tiene la siguiente secuencia de tramos (figura 3.3):

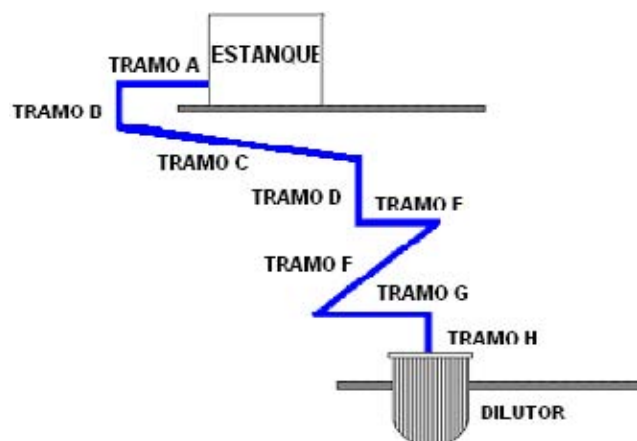


Figura 3.3 Distribución de los Tramos de las Cañerías

De acuerdo a lo anterior, la distribución de las cañerías será la siguiente:

Tramo A: salida de cada estanque en forma paralela al piso y a 30 cm de éste.

Tramo B: tramo que baja 40 cm

Tramo C: tramo diagonal que llega a la altura de la válvula.

Tramo D: tramo que ingresa a la válvula de control.

Tramo E: tramo que atraviesa la pared e ingresa al segundo piso de cocina.

Tramo F: tramo que va apegado a la pared en dirección de los Dilutores.

Tramo G: tramo perpendicular a la pared que se aproxima al dilutor.

Tramo H: tramo que ingresa al dilutor.

En cuanto a medidas lineales de los tramos, se presenta la siguiente tabla:

Productos	Tramo A (mts)	Tramo B (mts)	Tramo C (mts)	Tramo D (mts)	Tramo E (mts)	Tramo F (mts)	Tramo G (mts)	Tramo H (mts)	TOTAL (mts)
Dispersante	0,6	0,4	3,7	1,6	0,4	1,3	0,6	0,3	8,9
Etingal L	0,6	0,4	2,8	1,6	0,4	1,3	0,6	0,3	8
Pergazol	0,6	0,4	2	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	7,4
Etingal S	0,6	0,4	1,5	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	9,9
Blanqueante	0,6	0,4	1,8	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	7,2
Mowiol	0,6	0,4	2,6	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	8
Soda (Dil.1)	2,3	0,4	1,7	1,6	0,4	1,3	0,6	0,3	8,6
Soda (Dil.2)	2,3	0,4	1,7	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	8,8
Sterocoll	3,6	0,4	1,7	1,6	0,4	1,5	0,6	0,3	10,1

Tabla N°3.13 Dimensionamiento Lineal de las Cañerías

Para identificar cual es el tipo de cañería mas adecuada, se solicitó ayuda al personal que trabaja en la división de proyectos de la Empresa, quienes proporcionaron una lista de tipos de tuberías, de acuerdo a los distintos fluidos, con lo cual se estableció que se utilizarían cañerías de acero inoxidable.

Debido a que el sistema de cañerías está implementado con instrumentos de control, los cuales por estar mucho tiempo en contacto con los fluidos, se pueden ver afectados en su funcionamiento, es importante implementar un sistema de lavado posterior a cada descarga de producto.

Es por esto que a continuación se propone un sistema para el lavado de cañerías.

3.5.2 Sistema de Lavado para Cañerías

El sistema de lavado para las cañerías, consta de una cañería principal, la cual debe llevar el agua hasta los dispositivos de dosificación correspondiente a cada cañería de producto, todo controlado por válvulas automáticas. El agua, tendrá como destino final el dilutor, por lo que cuando se deba cargar el dilutor con agua, éste ya tendrá una parte del agua total requerida. Ver Figura 3.4

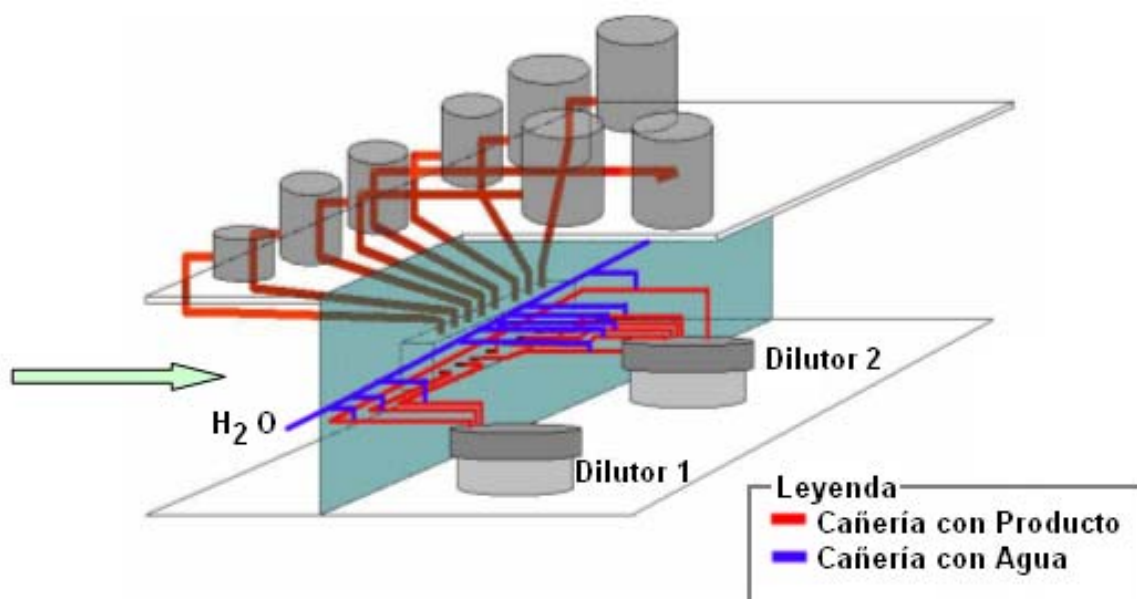


Figura 3. 4 Diagrama de Lavado de Dispositivos de Dosificación

CAPITULO IV

ELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL

Debido a que los productos involucrados en la realización de las diferentes salsas son fluidos, se utilizarán elementos de control de fluidos para dosificar la descarga de los productos. Para esto, será necesario utilizar:

- Válvulas, tanto manuales como automáticas
- Elementos de dosificación de flujo (contador)

Ambos, estarán sometidos tanto a las características propias de los productos, como a la presión. Las características de cada uno de los productos se muestran en la Tabla 2.1.

A continuación se procederá a calcular las presiones a las que estarán sometidos cada uno de los elementos de control y de dosificación.

4.1 Cálculo de Presión

Para realizar el cálculo de la presión que deberán soportar las válvulas y dispositivos de dosificación, será necesario utilizar la ecuación de Bernoulli, que se muestra a continuación:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{ext} \quad (4.1)$$

Donde:

p = presión

Z = Altura

γ = Peso Especifico

v = velocidad

h_{ext} = Perdidas

Además, para el cálculo de la presión, se deberá tomar en cuenta la ubicación tanto de los dilutores como de los estanques de almacenamiento, para lo cual se utilizará la siguiente referencia:

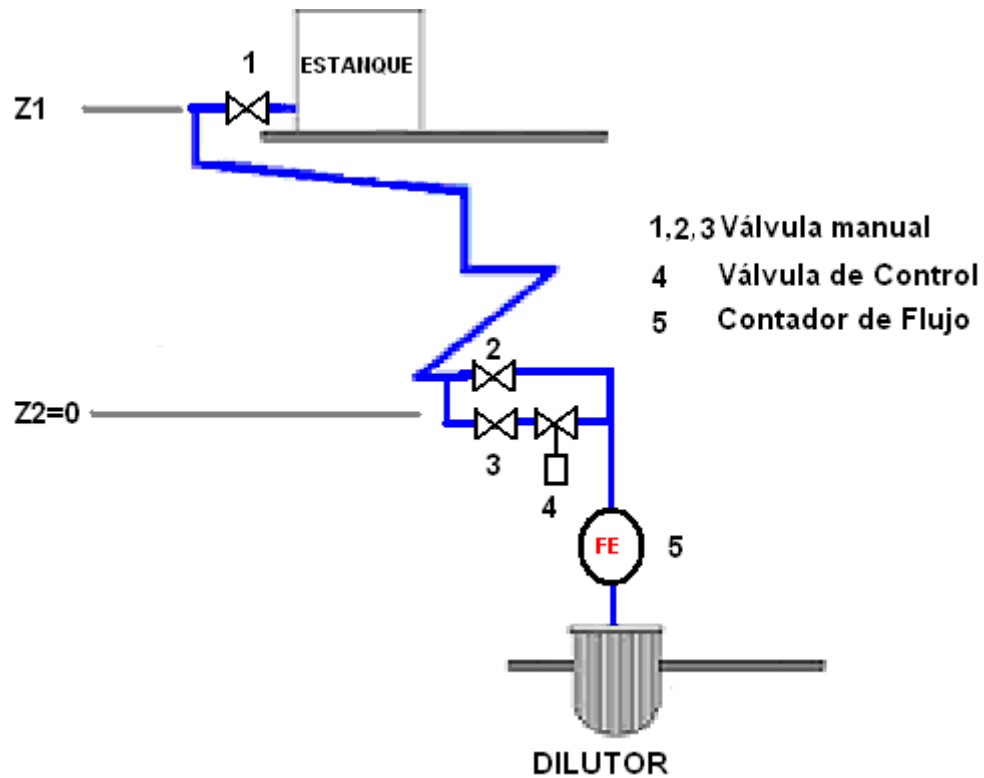


Figura 4.1 Distribución de Elementos de Control

La ubicación de las válvulas, se estableció basada en los siguientes criterios:

1. La Válvula manual N° 1, cerca del estanque, tiene como propósito cerrar la salida del estanque hacia los Dilutores, de manera que los productos a los que se les realiza dispersiones, queden homogéneamente disueltos.
2. La Válvula manual N° 2, se utilizará en caso de que existan problemas en la válvula de control, esto para que se permita el paso del producto hacia el dilutor de forma manual.

3. La Válvula manual N° 3, cerrará el paso del producto hacia la válvula de control, cuando se realice la mantención de ésta.
4. La válvula N° 4 es la de control. Se le designó esta ubicación ya que debe estar lo más cerca del dispositivo medidor de flujo, para controlar de la forma más exacta la cantidad de flujo que pase hacia el dilutor.
5. La ubicación del contador de flujo es para realizar la dosificación lo más próximo al dilutor.

A continuación, se muestra el procedimiento para calcular la presión que debe soportar la válvula y el dispositivo de dosificación debido al flujo del producto **Etingal S**.

Recordemos que la fórmula para el cálculo de la presión viene dada por:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_{ext}$$

Donde p es la presión, v la velocidad, γ es peso específico, z la altura y h las pérdidas.

La siguiente tabla muestra los parámetros que influyen en la presión de la válvula y del dispositivo de dosificación.

Parámetros	Características
Altura manométrica	3.39 mts
Altura estanque	1 metro
Densidad	973 Kg/Mts ³
Peso Especifico	9545.13 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)
Caudal	0.02 Mts ³ / min
Gravedad	9.81 Mts/Seg ²
Diámetro de la Cañería	26.7 mm
Viscosidad dinámica	9.8*10 ⁻³ N s/Mts ²
Rigurosidad del Acero	0.05m Mts

Tabla N° 4.1 Parámetros que influyen en la presión de los dispositivos de control

Para obtener la presión, primero se calcularán las **Pérdidas** a través de la trayectoria y luego la **velocidad del fluido** a través de la cañería para cada uno de los productos.

Pérdidas:

Las Pérdidas, vienen dadas por la Pérdida de Fricción más la Pérdida por Accesorios:

$$h_{ext} = f * \frac{l}{d_i} * \frac{v^2}{2g} + \sum Km * \frac{v^2}{2g} \quad (4.2)$$

Donde

f = Factor de fricción

l = Largo de la cañería

d_i = diámetro interior de la cañería

v = velocidad

g = aceleración de gravedad

$\sum Km$ = Coeficiente de pérdida para accesorios

Para obtener las **Pérdidas de Fricción** y de acuerdo a la primera parte de la ecuación 4.2 se deben conocer los siguientes parámetros:

f = Factor de fricción

d_i = diámetro interior de la cañería

v = velocidad

g = aceleración de gravedad

Por lo que se debe calcular f, d_i y v , ya que g es conocido y se muestra en la tabla 4.1

Factor de Fricción:

Para determinar el Factor de Fricción se debe conocer el Número de Reynolds y la Rugosidad Relativa. Con estos valores, se obtiene el Factor de Fricción en el diagrama de Moody (Anexo 2).

La fórmula para calcular el Número de Reynolds es:

$$Re = \frac{v * d_i}{V} \quad (4.3)$$

Donde,

v = es la velocidad de transporte del fluido

V = la viscosidad cinemática

d_i = diámetro interior de la cañería

La fórmula para calcular la *Velocidad* de transporte de fluido es:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4.4)$$

Donde Q es el caudal que, de acuerdo a la Tabla 4.1 es $0.02 \text{ Mts}^3 / \text{min}$

Para obtener el Área de la cañería (A), es importante tomar en cuenta los contadores que se utilizarán para la dosificación, ya que el contador requiere de un diámetro específico de la cañería para poder medir el flujo.

Para dimensionar este diámetro, se contactó a la empresa AGUAPUR (Anexo 3), la cual estableció que para que el contador pueda medir el caudal mencionado, se debe utilizar una cañería Diámetro $\frac{3}{4}$ ".

El diámetro interior de la cañería es:

$$D_i = D_{ext} - (2 * espesor) \quad (4.5)$$

$$D_i = 26.7 - (2 * 2.11) \text{ mm}$$

Por lo que,

$$D_i = 22.48 \text{ mm}$$

La fórmula para calcular el Área es:

$$\text{Área} = \frac{\pi}{4} d_i^2 \quad (4.6)$$

Por lo tanto, el área de la cañería es:

$$\text{Área} = 0.0003969 \text{ Mts}^2$$

Por lo que, la **Velocidad de Transporte** del Etingal S es:

$$v = \frac{0.02(\text{mts}^3/\text{min.})}{3.969 * 10^{-4}} = 50.39 \text{ Mts} / \text{min} = 0.839 \text{ Mts} / \text{seg}$$

La fórmula para calcular la *Viscosidad Cinemática* es:

$$V = \frac{\mu}{\rho} \quad (4.7)$$

Donde μ es la Viscosidad Dinámica y ρ la Densidad, ambos valores mostrados en la Tabla 4.1

Por lo que la **Viscosidad Cinemática** es:

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{9.8 * 10^{-3}}{973} = 10.07 * 10^{-6} \text{ Mts}^2/\text{s}$$

Dados los valores anteriores, se puede calcular el **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{0.839 \text{ Mts / seg} * 22.48 \text{ mm}}{10.07 * 10^{-6}} = 1872.96 \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

El otro dato que se requiere para obtener el Factor de Fricción, es la Rigurosidad Relativa.

La fórmula para calcular la Rigurosidad Relativa es:

$$\varepsilon = \frac{K_s}{d_i} \quad (4.8)$$

Siendo K_s la Rigurosidad del Acero, definida en la tabla 4.1 y d_i el diámetro interno calculado anteriormente, por lo que la Rigurosidad Relativa es:

$$\varepsilon = \frac{0.05 \text{ m Mts}}{22.48 \text{ m Mts}} = 2.22 * 10^{-3}$$

Con estos valores, Número de Reynolds y Rigurosidad Relativa, se obtiene el **Factor de Fricción** en el Diagrama de Moody (Anexo 2):

$$f = 0.025, \quad \text{Factor de Fricción}$$

Entonces, la **Pérdida por Fricción** será:

$$H_{f2} = f * \frac{l}{d_i} * \frac{V^2}{2g} = 0.025 * \frac{9.9 \text{ mts}}{22.48 * 10^{-3} \text{ mts}} * \frac{[0.839 (\text{mts / s})]^2}{2 * 9.81 (\text{mts / s}^2)} = 0.395 \text{ mts}$$

Para establecer las **Pérdidas por Accesorio**, se debe considerar lo siguiente:

- Pérdidas por 1 válvulas manual
- 1 entrada recta lateral
- 7 codos
- 1 salida recta.

La sumatoria de cada una de las perdidas se pueden obtener del Anexo 4 dando un valor de $K_m = 4.1$

La **pérdida por accesorio** de acuerdo a la ecuación 4.2 será:

$$H_{r1} = \sum K_m * \frac{V^2}{2g} = 4.1 * \frac{0.839^2 \text{ Mts}^2 / \text{seg}^2}{2 * 9.81 \text{ Mts} / \text{Seg}^2} = 147.1 * 10^{-3} \text{ mts}$$

Entonces, considerando las pérdidas por accesorios y por fricción se tiene que la **Pérdida** es:

$$H_{\text{ext}} = h_{r1} + h_{r2} = 147.1 * 10^{-3} \text{ mts} + 0.395 \text{ mts} = 0.542 \text{ mts}$$

Una vez conocido todos los parámetros, se puede calcular la presión que deberán soportar las válvulas y contadores. Para esto se utiliza la ecuación 4.1 y se debe tomar en cuenta la ubicación, tanto de los Dilutores como de los estanques de almacenamiento (Figura 4.1).

Al no haber presión externa en Z_1 (figura 4.1), la presión que existe en ese punto es $P_1 = 0$, y la velocidad $V_1 = 0$, debido a que si el flujo es ligeramente no permanente, puede seguir siendo tratado como flujo permanente, esto dado que el tamaño del estanque hace que en cada descarga la V_1 sea casi 0, por lo cual la ecuación 4.1 queda de la siguiente manera:

$$p_2 = (Z_1 - \frac{v_2^2}{2g} - h_{\text{ext}}) * \gamma \quad (4.9)$$

Tanto la válvula como el contador de flujo, serán enfrentados a dos valores de presiones.

La primera, será cuando se produzca la descarga del producto, donde existirá una velocidad del flujo y pérdidas tanto de accesorios como por fricción.

La segunda, será cuando no exista descarga, por lo que la presión será solo por la altura, debido a que no habrá movimiento, y la velocidad será cero, al igual que las pérdidas por fricción y accesorios.

La presión, de acuerdo a la ecuación 4.9, cuando se produce la descarga del producto será:

$$P = \left[4.39\text{mts} - \frac{\left(0.839\frac{\text{mts}}{\text{seg}}\right)^2}{2 * 9.81\left(\text{mts} / \text{seg}^2\right)} - 0.542\text{mts} \right] * 9545.15 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mts}^3} * \frac{\text{mts}}{\text{seg}^2} \right) = 36387.2\text{Pas} = 0.3638\text{KBar}$$

Y para el segundo caso, cuando no existe descarga de producto, la presión será:

$$P = [4.39\text{mts}] * 9545.15 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mts}^3} * \frac{\text{mts}}{\text{seg}^2} \right) = 41903\text{Pas} = 0.41903\text{KBar}$$

La presión es mayor cuando no existe descarga del producto, y es esta presión la que deberá soportar la válvula del Etingal S.

Es necesario calcular la presión que debe soportar cada una de las válvulas y los dispositivos de dosificación que regularán el paso de los productos que se utilizan para la preparación de las salsas.

El procedimiento para calcular dicha presión es el mismo para todas las válvulas y dispositivos de control, por lo que en las Tablas 4.2 y 4.3 se muestran los parámetros que

influyen en la presión de la válvula y del dispositivo de dosificación por cada producto, y en la Tabla 4.4 se muestra la presión que deben soportar dichos componentes.

Parámetros	Etingal S	Etingal L	Polysals Cal	Mowiol
Altura manométrica	3.39 mts	3.39mts	3.39mts	3.39 mts
Altura estanque	1 metro	1 metro	0.5 metros	1 metro
Densidad	973 Kg/Mts ³	990 Kg/Mts ³	1203 Kg/Mts ³	1014 Kg/Mts ³
Peso Especifico	9545.13 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	9711.9 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	11801.4 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	9947.34 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)
Caudal	0.02 Mts ³ / min	0.025 Mts ³ / min	0.012 Mts ³ / min	0.06 Mts ³ / min
Gravedad	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²
Diámetro de la Cañería	26.7 mm	26.7 mm	26.7 mm	33.4 mm
Viscosidad dinámica	9.8*10 ⁻³ N s/Mts ²	20*10 ⁻³ N s/Mts ²	10*10 ⁻³ N s/Mts ²	25*10 ⁻³ N s/Mts ²
Rigurosidad del Acero	0.05m Mts	0.05m Mts	0.05m Mts	0.05m Mts

Tabla 4.2 parámetros que influyen en la presión de la válvula y del dispositivo de dosificación

Parámetros	Soda	Sterocoll FD	Tinopal SPP	Pergazol Azul
Altura manométrica	3.39mts	3.39mts	3.39 mts	3.39mts
Altura estanque	1 metro	1 metro	1 metro	1 metro
Densidad	1170 Kg/Mts ³	1056 Kg/Mts ³	1300 Kg/Mts ³	1083 Kg/Mts ³
Peso Especifico	11477.7 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	10359.36 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	12753 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)	10624 (Kg /Mts ³)*(Mts/seg ²)
Caudal	0.035 Mts ³ / min	0.025 Mts ³ / min	0.020 Mts ³ / min	0.020 Mts ³ / min
Gravedad	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²	9.81 Mts/Seg ²
Diámetro de la Cañería	33.4 mm	26.7 mm	26.7 mm	26.7 mm
Viscosidad dinámica	80*10 ⁻³ N s/Mts ²	18.6*10 ⁻³ N s/Mts ²	20*10 ⁻³ N s/Mts ²	20*10 ⁻³ N s/Mts ²
Rigurosidad del Acero	0.05m Mts	0.05m Mts	0.05m Mts	0.05m Mts

Tabla 4.3 parámetros que influyen en la presión de la válvula y del dispositivo de dosificación

La presión que deben soportar las válvulas y dispositivos de dosificación, por flujo de producto es:

Producto	Presión (KBar)
Etingal S	0.41903
Etingal L	0.42635
Polysals Cal	0.45907
Mowiol	0.43668
Soda	0.50387
Sterocoll FD	0.45477
Tinopal SPP	0.55985
Pergazol Azul	0.46639

Tabla 4.4 Presión que deben soportar los componentes, por flujo de producto

Ahora que se conocen las características de cada producto y las diferentes presiones que deberán soportar las válvulas, se debe establecer el tipo de válvula mas adecuada, de acuerdo al comportamiento de la misma.

4.2 Tipos de Válvulas

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que puede abrir, cerrar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases.

4.2.1 Partes de la Válvula de Control

Las válvulas de control constan básicamente de tres partes, la cuales son:

- Limit switches
- La parte motriz o actuador
- El cuerpo o unidad de la válvula.

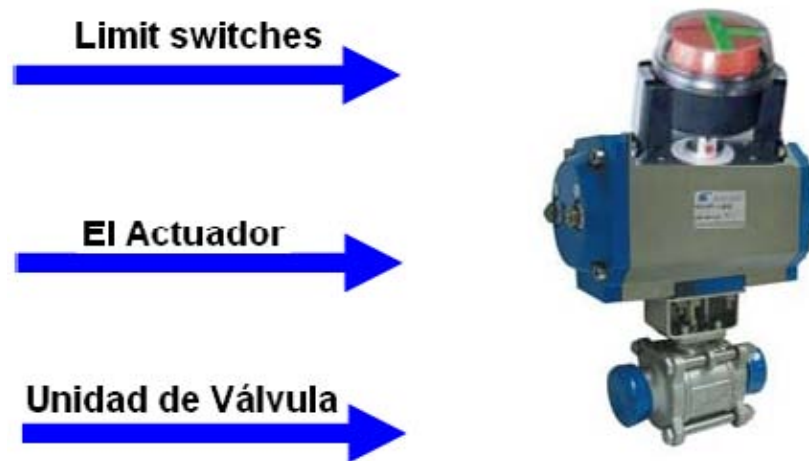


Figura 4.2 Elementos de una Válvula de Control

4.2.1.1 Limit Switches

Los Limit switches (interruptor limitador), son sensores neumáticos que se utilizan para detectar la presencia, ausencia, paso y posicionamiento de un objeto, transformando un movimiento mecánico en una señal eléctrica.

El movimiento mecánico, actúa sobre la palanca o pistón de accionamiento del interruptor de posición, haciendo abrir o cerrar un contacto eléctrico del interruptor. Esta señal eléctrica se utiliza para los elementos de control de la máquina. (Ver Anexo 5)

4.2.1.2 El Actuador

El **actuador**, también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, de los cuales los más utilizados en la industria son los actuadores neumáticos.

Lo que se busca en un actuador de tipo neumático, es que cada valor de presión recibida por la válvula, corresponda a una posición determinada.

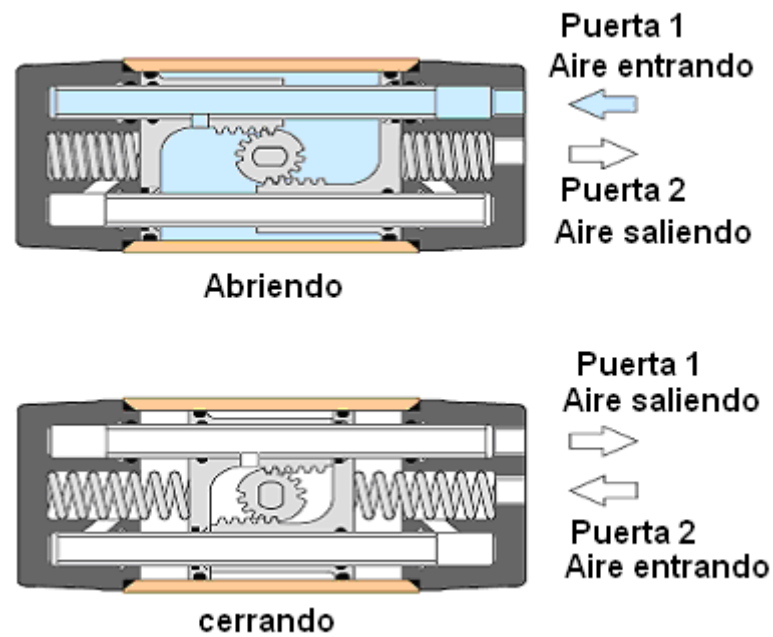


Figura 4.3 Funcionamiento del Actuador

4.2.1.3 Unidad de Válvula

La **Unidad de válvula** permite el paso o detención del fluido. La elección de la unidad de válvula, depende de la aplicación que se quiera realizar. Estas aplicaciones pueden ser:

- a) Detener o iniciar un flujo
- b) Regular un flujo
- c) Evitar un retorno de fluido

a) Detener o iniciar un flujo On/Off

Para operación de abrir/cerrar se puede recurrir a los siguientes tipos de válvulas:

- Válvulas de compuerta
- Válvulas de cono
- Válvulas de bola
- Válvulas de diafragma

b) Regular un Flujo

Para la operación de regulación de flujo, se puede recurrir a los siguientes tipos de válvulas:

- Válvulas de globo
- Válvulas de diafragma
- Válvulas de mariposa

c) Evitar un Retorno de Fluido

Para evitar el retorno de un fluido se recurre a:

- Válvulas de Retención

Para este proyecto, se requiere la utilización de válvulas ON/OFF. Este tipo de válvulas se describirán en detalle, de manera de poder seleccionar después, la válvula On/Off mas adecuada para el control del flujo.

Válvulas ON/OFF

A continuación, se describen algunos tipos de válvulas On/Off.

- **Válvulas de Compuerta:** La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

Este tipo de válvula se *recomienda* para:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido o líquido atrapado en la tubería.

Este tipo de válvula tiene las siguientes *aplicaciones*:

- Servicio general
- Aceites y petróleo
- Gas
- Aire
- Pastas semilíquidas
- Líquidos espesos
- Vapor
- Gases y líquidos no condensables
- Líquidos corrosivos.

➤ **Válvulas de Cono** es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90°.

Este tipo de válvula se *recomienda* para:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Para accionamiento frecuente.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.
- Para resistencia mínima a la circulación.
- Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería.

Este tipo de válvula tiene las siguientes *aplicaciones*:

- Servicio General
- Pastas Semilíquidas
- Líquidos
- Vapores
- Gases
- Corrosivos.

- **Válvulas de Bola:** Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.

Este tipo de válvula se *recomienda* para:

- Servicio de conducción y corte.
- Cuando se requiere apertura y cierre rápida.
- Temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Este tipo de válvula tiene las siguientes *aplicaciones*:

- Servicio General
- Altas Temperaturas
- Pastas Semilíquidas

- **Válvulas de Diafragma:** Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación

Este tipo de válvula se *recomienda* para:

- Servicio con apertura total o cierre total.
- Servicio de estrangulación.
- Servicio con bajas presiones de operación.

Este tipo de válvula tiene las siguientes *aplicaciones*:

- Fluidos Corrosivos
- Materiales Pegajosos o Viscosos
- Pastas Semilíquidas Fibrosas
- Alimentos
- Productos Farmacéuticos.

Dado las características de funcionamiento y teniendo en cuenta que se necesita una válvula que tenga solo dos posiciones de apertura y corte rápido y que no se presente una gran resistencia al producto (esto de acuerdo a las presiones calculadas), se elige la utilización de una **Válvula de Bola**, la cual, en términos de construcción, debe cumplir con las características de acuerdo con cada producto (Ver Tabla 4.5).

Producto	Viscosidad cps	Diámetro mm	Caudal lts/min	Presión (Kbar)	Velocidad m/s	Tipo de Válvula	Caso de Emergencia
Etingal S	9.8	26.7	20	0,41	0,83	válvula de bola	CERRADA
Etingal L	20	26.7	25	0.42	1.04	válvula de bola	CERRADA
Mowiol 6-98	25	33.4	60	0.43	1.6	válvula de bola	CERRADA
Polysal Cal	10	27.7	12	0,45	0.5	válvula de bola	CERRADA
Soda Cautica	80	33.4	35	0.50	1.47	válvula de bola	CERRADA
Sterocoll	18.6	26.7	25	0.45	1.04	válvula de bola	CERRADA
Tinopal SPP	20	26.7	20	0.55	0.83	válvula de bola	CERRADA
Pergazol Azul	20	26.7	20	0,46	0.833	válvula de bola	CERRADA

Tabla N° 4. 5 Características para las Válvulas

Con esta información, se contactó a la empresa AGUAPUR, la cual, de acuerdo a la información antes mostrada, recomendó las válvulas, fabricadas en acero inoxidable, las cuales abren y cierran rápidamente.

Características Básicas de la Válvula Seleccionada:

- Válvula marca Dixon (Japón)
- Asiento de teflón, normalmente cerrada, con base para el actuador.
- Resiste temperaturas de hasta -10°C a 90°C
- Diámetro : 3/4"

Características del Actuador:

- Modelo AS50.
- Actuador Neumático rotante 90°, simple efecto, tipo On/Off.

- Accionamiento por doble piñón y cremallera ambos de acero de carbono más níquel químico.

Las demás características se muestran en el Anexo 6.

El órgano accionador (emisor de señales) de las válvulas puede ser de tipo neumático o eléctrico.

Para esta aplicación, el control que se realiza de todos los elementos es de tipo eléctrico por lo cual, la inversión de la válvula se efectúa mediante una electro-válvula.

4.2.1.4 Funcionamiento de la Electro-Válvula:

La electro válvula es comandada a través del órgano accionador, ésta activa el imán, por lo que el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle ver (Figura 4.4). Esto provoca que se unan los empalmes P y A. El núcleo obtura con su parte trasera la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R.

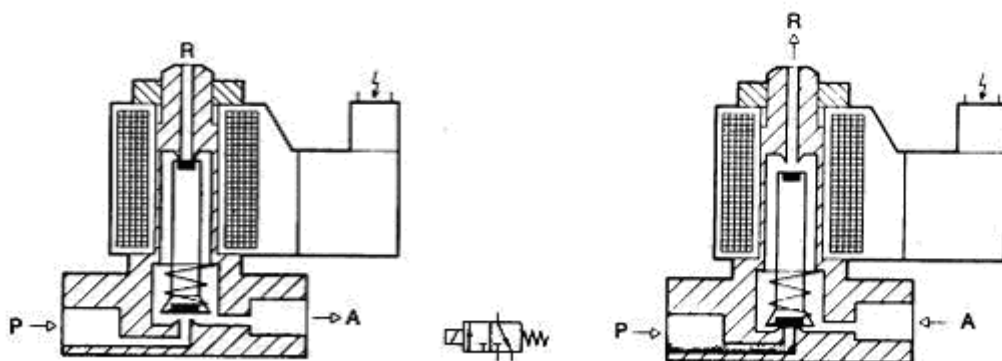


Figura 4.4 Funcionamiento de la electro-válvula

Para esta aplicación se utilizara una electro válvula 5/2 (cinco orificios de conexión para entrada y salida de aire), dos posiciones de funcionamiento (ver Anexo 7)

4.2.1.5 Medida de Protección para las Válvulas

Debido que el actuador de las válvulas es de tipo neumático, es necesario agregar una Unidad FRL (Filtro – Regulador – Lubricador), para obtener un buen funcionamiento.

Una unidad FRL consta de tres partes principales:

➤ **FILTRO:**

El filtro retiene las partículas como polvo y oxido, así como también las gotas de humedad contenidas en el aire.

Los fluidos son desviados a la copa del filtro. El condensado acumulado se vacía periódicamente o de forma automática.

➤ **REGULADOR:**

Su función es mantener constante la presión de trabajo, independientemente de las oscilaciones de la presión en la red.

➤ **LUBRICADOR:**

El lubricador de aire comprimido, tiene la función de lubricar de modo suficiente a todos los elementos neumáticos. El aceite es aspirado del deposito y el aire a presión se encarga de difundir la niebla lubricante.

Características que debe tener esta unidad:

1. Poseer un purgador automático, de manera que el condensado acumulado se vacíe solo.
2. La entrada y salida para el aire de la unidad debe ser de 3/8"
3. Presión del aire 7Bar

4.3 Dosificación del Flujo

Para realizar el trasvasije de cada producto en la cantidad exacta hacia los Dilutores, se hace necesario incorporar un elemento de medición de flujo, el cual debe comunicarse mediante una señal eléctrica con el PLC, de manera que este último pueda controlar el flujo que se desplaza, accionado las válvulas de acuerdo a la dosificación que se entrega por receta.

Para la medición de flujos, existen los dispositivos denominados Caudalímetros.

El Caudalímetro es un instrumento que es colocado en un conducto o corriente que mide la cantidad del fluido circulante. De acuerdo a su funcionamiento, se destacan los de tipo Mecánicos, Eléctricos Ultrasónicos y los Electromagnéticos.

➤ Caudalímetro de Tipo Mecánico

- **Medidores de Paletas Deslizantes:** consta de un rotor con unas paletas, dispuestas en parejas opuestas, que se pueden deslizar libremente hacia adentro y hacia afuera de su alojamiento. Los miembros de las paletas opuestas, se conectan rígidamente mediante varillas, y el fluido circulando actúa sobre las paletas sucesivamente, provocando el giro del rotor. Por lo que, contando el número de revoluciones del rotor, se puede determinar la cantidad de líquido que ha pasado.

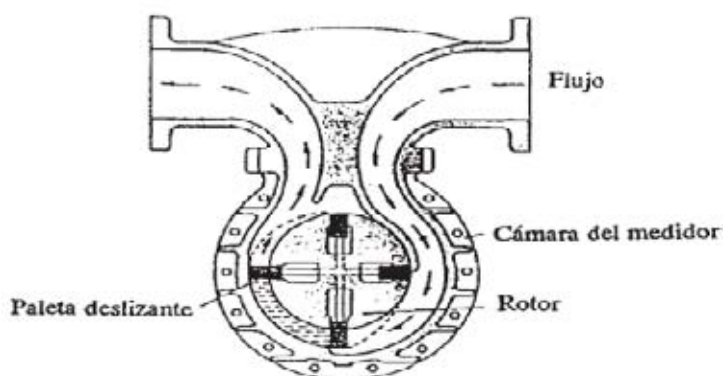


Figura 4.5 Medidores de paletas deslizantes

- **Medidores de Engranajes:** Entre los más importantes medidores de engranajes se pueden destacar medidores de rueda oval, y medidores helicoidales.

El medidor de rueda oval, dispone de dos ruedas ovales que engranan entre sí y tienen un movimiento de giro debido a la presión diferencial creada por el flujo de líquido. Tanto la cámara de medida como las ruedas están mecanizadas con gran precisión, con el fin de conseguir que el deslizamiento entre ellas se produzca con el mínimo rozamiento. El principio de funcionamiento es el mismo para los helicoidales.

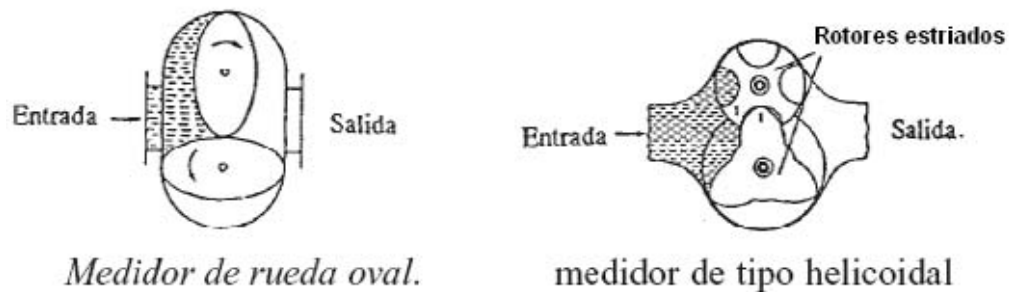


Figura 4.6 Medidores de Engranajes

- **Medidor de Turbina:** es un dispositivo con un sensor para detectar la velocidad real de un líquido que fluye por un conducto. La movilidad del líquido ocasiona que el rotor se mueva a una velocidad tangencial proporcional al flujo del volumen. Una salida mediante impulsos eléctricos se produce cuando se detecta el paso de cada paleta alrededor de uno o más sensores situados en el campo del medidor.

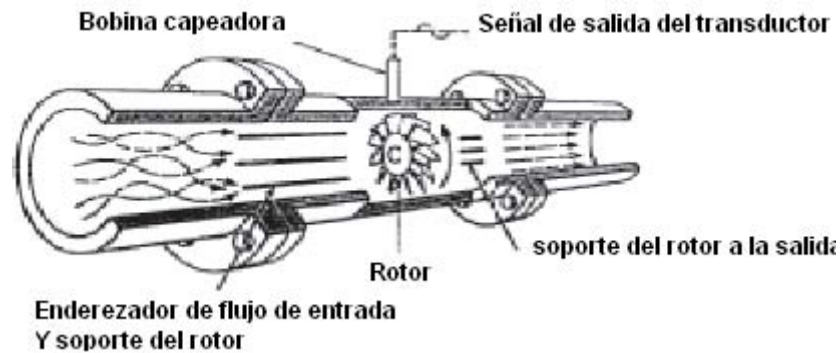


Figura 4.7 Medidor de turbina

La principal ventaja de los medidores de tipo mecánico, es que la medida realizada es prácticamente independiente de variaciones en la densidad y en la viscosidad del líquido.

➤ **Caudalímetro de Tipo Electromagnéticos**

El medidor de caudal electromagnético, utiliza el mismo principio básico que el electro generador, es decir, cuando un conductor se mueve a través de un campo magnético se genera una fuerza electromotriz en el conductor, siendo su magnitud directamente proporcional a la velocidad media del conductor en movimiento. Si el conductor es una sección de un líquido conductor, circulando por un tubo aislado eléctricamente a través de un campo magnético y se montan los electrodos diametralmente opuestos en la pared de la tubería, tal como se muestra en la figura 4.8, la fuerza electromotriz generada a través de los electrodos, es directamente proporcional a la velocidad media del fluido.

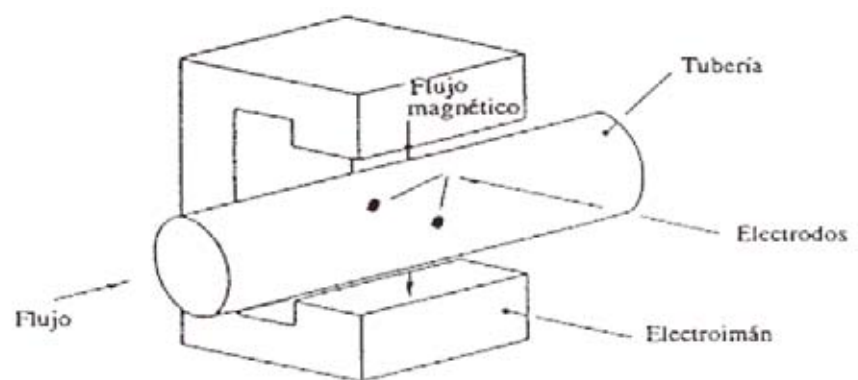


Figura N°4.8 Medidor de Caudal Electromagnético

Es importante señalar que la diferencia de potencial entre los electrodos, es del orden de los milivoltios, por lo que dicha señal tiene que ser amplificada mediante un dispositivo secundario denominado convertidor, que proporciona una señal de salida en miliamperios, en voltios o en impulsos.

Entre las principales ventajas de los medidores electromagnéticos, se pueden señalar las siguientes:

- La señal de salida es habitualmente lineal.
- Son adecuados para su instalación en grandes tuberías de suministro de agua.

➤ **Caudalímetro de tipo Eléctrico Ultrasónico**

Existen dos tipos de medidores ultrasónicos que sirven fundamentalmente para la medida de caudal en circuitos cerrados. Estos son:

- Tiempo de Tránsito o de Propagación, utiliza la transmisión por impulsos.
- Efecto Doppler, utiliza la transmisión continua de ondas.

Los medidores ultrasónicos, modulados por impulsos, son los más precisos y se utilizan, preferentemente, con líquidos limpios, aunque algunos tipos permiten medidas de líquidos con cierto contenido de partículas y gas.

Un impulso ultrasónico se emite diagonalmente a través de la tubería y se establece la diferencia de frecuencia y tiempo de propagación.

Los medidores ultrasónicos de tipo Doppler utilizan el concepto de que si se deja pasar el ultrasonido en un fluido en movimiento con partículas, el sonido será reflejado de nuevo desde las partículas. La variación de frecuencia del sonido reflejado será proporcional a la velocidad de las partículas.

Los medidores de caudal por ultrasonidos no presentan obstrucciones al flujo, no dan lugar a pérdidas de carga, por lo que son adecuados para su instalación en grandes

tuberías de diámetros superiores a 400 mm, estos medidores ofrecen una solución competitiva.

De acuerdo a las características de funcionamiento, **se ha elegido la elección de un contador de tipo mecánico**, debido a que son, en general, independientes de variaciones en la densidad y en la viscosidad del líquido. Dentro de las características físicas, debe cumplir con las siguientes características dependiendo de cada fluido:

Nombre del Producto	Viscosidad	Diámetro	Caudal	Presión (Kbar)	Velocidad	Cantidades a Medir
Etingal S	9.8 cps	26.7 mm	20 lts/min	0,41	0,83 m/s	15,4 litros
Etingal L	20 cps	26.7 mm	25 lts/min	0.42	1.04m/s	17,2 litros
Mowiol 6-98	25 cps	33.4 mm	60 lts/min	0.43	1.6 m/s	56,21 litros
Polysal Cal	10 cps	26.7 mm	12 lts/min	0,45	0.5 m/s	6,65 litros
Soda Cautica	80 cps	33.4 mm	35 lts/min	0.50	1.47 m/s	29,9 litros
Sterocoll	18.6 cps	26.7 mm	25 lts/min	0.45	1.04 m/s	20,07 litros
Tinopal SPP	20 cps	26.7 mm	20 lts/min	0.55	0.83 m/s	9,54 litros
Pergazol Azul	20 cps	26.7 mm	20 lts/min	0,46	0.833 m/s	12,7 litros

Tabla N° 4.6 Características para los contadores

Con esta información se contactó a la empresa AGUAPUR, la cual, de acuerdo al requerimiento, estableció dentro de los medidores de tipo mecánico la utilización de Medidor marca EMO-EUROMATIC, modelo Lx-BSP-101a, **medidor de turbina**, con turbina de inducción y cuerpo fabricados completamente de acero inoxidable. El medidor viene equipado con un registrador digital modelo 101a. La instalación de este registrador moderno y seguro se puede efectuar directamente sobre el medidor o en forma remota para montar en panel. El registrador 101a muestra en pantalla de cristal líquido (90mm x 40mm), las siguientes indicaciones:

- Total acumulado en litros o m³
- Contador de litros o m³ con vuelta a cero
- Caudal Instantáneo en m³/h ó litros/minuto.

El registrador 101a tiene salida de pulsos, un pulso por cada 100cc y se alimenta con una batería de litio reemplazable para cinco años de operación.

Conexión: Hilo exterior BSP

Presión máxima: 25 bar

Temperatura: -30°C a + 120°C

(Ver Anexo 3)

4.4 Cálculo de Bomba de Trasvasije

Debido a que los estanques de almacenamiento de los aditivos menores se ubicarán en el tercer piso del sector preparación salsa, se colocará una bomba de trasvasije, para subir los productos.

Dado que el Esterocoll es uno de los productos de mayor tamaño a trasvasijar y su densidad es del promedio de las demás, se utilizará este producto como precedente para calcular la potencia necesaria para la bomba de trasvasije.

La siguiente tabla muestra las características del Esterocoll y los parámetros que se requieren para calcular la potencia de la bomba.

Parámetros	Características
Altura manométrica	6 mts
Largo de Cañería	12 metros
Densidad	1056 Kg/Mts ³
Peso Especifico	10359.36 N/mts ³
Caudal	0.0033 Mts ³ / seg
Gravedad	9.81 Mts/Seg ²
Diámetro de la Cañería	48.3 mm
Viscosidad dinámica	18.6*10 ⁻³ N s/Mts ²
Rigurosidad del Acero	0.05m Mts

Tabla 4.7 Parámetros requeridos para calcular la potencia de la bomba.

El diámetro interior de la cañería es:

$$d_i = 40.94 \text{ mm}$$

La fórmula para calcular el Área es:

$$\text{Área} = \frac{\pi}{4} d_i^2$$

Por lo que el área de la cañería es:

$$\text{Área} = 0.001316 \text{ m}^2$$

El procedimiento de cálculo de la potencia requerida por la bomba (W_p), será calculando en primera instancia, la altura de pérdida de la bomba (H_p), la cual se obtiene despejando la ecuación de energía.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + H_p = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{ext} \quad (4.9)$$

Donde

p = Presión en punto 1 y 2.

γ = Densidad relativa (D_r) x Gravedad (g)

z = altura en punto 1 y 2.

h_{ext} = Pérdidas exteriores

H_p = Altura de pérdida.

La presión $P_1 = P_2 = 0$, debido a que a la entrada de la bomba y a la salida del trasvasije, no existen presiones, excepto la atmosférica. Por lo que la altura de pérdida de la bomba será:

$$H_p = [Z_2 - Z_1 + h_{ext}]$$

Donde las pérdidas h_{ext} son las de la ecuación 4.2

Para establecer las pérdidas por accesorio, se deben considerar pérdidas de 3 codos, por lo que $K_m = 2.4$ (ver Anexo 4)

$$H_{r1} = \sum Km * \frac{V^2}{2g} = 2.4 * \frac{2.53^2 \text{ Mts}^2 / \text{seg}^2}{2 * 9.81 \text{ Mts} / \text{Seg}^2} = 782.98 * 10^{-3} \text{ mts}$$

Para obtener las pérdidas de fricción y de acuerdo con la ecuación 4.2, se tiene que:

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{18.6 * 10^{-3}}{1056} = 17.61 * 10^{-6} \text{ Mts}^2 / \text{seg}$$

$$\text{Re} = \frac{V * Di}{v}$$

$$\text{Re} = \frac{2.53 \text{ Mts} / \text{seg} * 40.94 \text{ mm}}{17.61 * 10^{-6}} = 5881.7$$

La rugosidad relativa

$$\varepsilon = \frac{0.05 \text{ m Mts}}{40.94 \text{ m Mts}} = 1.22 * 10^{-3}$$

Entonces, el factor de fricción de acuerdo al diagrama de Moody (Anexo 2) es:

$$f = 0.038$$

Por lo que las pérdidas por fricción serán:

$$H_{r2} = f * \frac{l}{d_i} * \frac{V^2}{2g} = 0.038 * \frac{12 \text{ mts}}{40.94 * 10^{-3} \text{ mts}} * \frac{[2.53(\text{mts} / \text{s})]^2}{2 * 9.81(\text{mts} / \text{s}^2)} = 3.6 \text{ mts}$$

Considerando las pérdidas por accesorios y por fricción se tiene:

$$H_{\text{ext}} = h_{r1} + h_{r2} = 782.9 * 10^{-3} \text{ mts} + 3.6 \text{ mts} = 4.38 \text{ mts}$$

Por lo que la altura de pérdida de la bomba será.

$$H_p = [Z_2 - Z_1 + h_{ext}]$$

$$H_p = 6 + 4.38 = 10.38 \text{mts}$$

Para finalizar, se obtiene la potencia requerida por la bomba de la siguiente ecuación:

$$W_p = \frac{\gamma * Q * H_p}{\eta} \quad (4.10)$$

$$W_p = \frac{10359.36 * 0.0033 * 10.38}{0.5} = 709.67 \text{Watt}$$

Para este tipo de fluidos, se recomienda utilizar una bomba de desplazamiento positivo. Debido a que se utilizará sólo para trasvasije y por comportarse de forma axial, no provoca turbulencia al bombear el fluido.

Caudal (Mts/min)	Perdidas exteriores (m)	Altura de perdidas (m)	Potencia requerida (HP)	Peso Especifico (N/mts ³)	Densidad (Kg/Mts ³)
0.2	4.38	10.38	1	10359.36	1056

Tabla 4.8 Características Bomba de trasvasije

CAPITULO V

CONTROL DEL PROCESO

Dentro de los requerimientos para realizar el control, se estableció la utilización de los sistemas de automatización Simatic S7 de Siemens. Ésto, con el propósito de mantener la homogeneidad de los equipos que se utilizan en la empresa.

A continuación, se dará una breve descripción de Simatic S7.

5.1 Descripción de Simatic S7

SIMATIC S7 es el sistema global mas reciente establecido por la Siemens, para dar solución a las tareas más diversas de la automatización de todos los sectores. Entrega una plataforma que va más allá del control lógico, debido a que los autómatas programables también permiten entre otras funciones:

- Regular
- Posicionar
- Contar
- Comandar válvulas

Su gama comprende autómatas programables, equipos completos compuestos de PLC y panel de operador, controladores basados en PC, así como inteligencia distribuida.

La familia de controladores SIMATIC está compuesta por la gama de PLC SIMATIC S7-200, S7-300 y S7-400.

El software estándar para configurar y programar los sistemas de automatización SIMATIC es el **STEP 7** que presenta las siguientes variantes:

- **STEP 7-Micro/DOS y STEP 7-Micro/WIN** para aplicaciones stand-alone sencillas en sistemas de automatización SIMATIC S7-200.
- **STEP 7** para aplicaciones en sistemas de automatización SIMATIC S7-300/400, SIMATIC M7-300/400 y SIMATIC C7 con funciones ampliadas

El programa STEP 7 permite representar y programar con las herramientas KOP/ FUP/AWL:

Esquema de Contactos KOP

El esquema de contactos, es la representación gráfica de las tareas de control con símbolos (norma DIN 19239), método también habitual en USA.

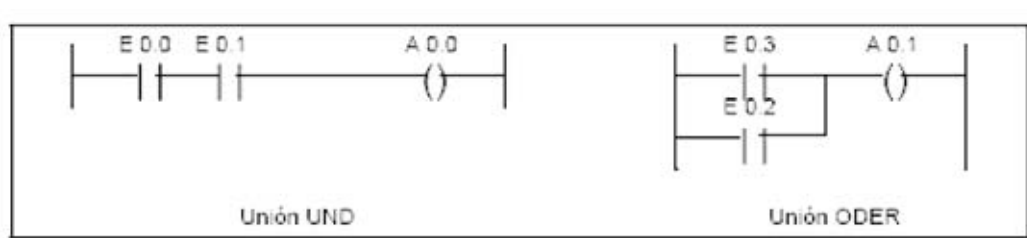


Diagrama de Funciones FUP

El diagrama de funciones, es la representación gráfica de las tareas de control con símbolos (normas DIN 19239 y DIN 40 700). Las funciones individuales se representan a través de un símbolo con una función característica. En la parte izquierda del símbolo, se ordenan las entradas, y en la parte derecha las salidas.



Lista de instrucciones AWL

La lista de instrucciones, describe la tarea de control con instrucciones individuales de control. Las instrucciones de control (operación y operando), representan la tarea con mnemónicos de las designaciones de las funciones (DIN 19 239).

Parte de la operación	Parte del operando: Característica Parámetro		
U	E	0.0	Unión UND
U	E	0.1	
=	A	4.0	Unión ODER
O	E	0.2	
O	E	0.3	
=	A	4.1	

Tabla N^o 5.1 Lista de instrucciones AWL

El software estándar se puede ampliar con productos de software opcionales, agrupados en tres categorías:

➤ **Herramientas de Ingeniería:**

Las herramientas de ingeniería, están orientadas a aquellas tareas que se pueden instalar para ampliar el software estándar. Las herramientas de ingeniería abarcan:

- **Lenguajes de alto nivel para los programadores:**

El S7-GRAPH es un lenguaje de programación que permite describir cómodamente controles secuenciales.

S7-HiGraph es un lenguaje de programación que permite describir cómodamente los procesos asíncronos y no secuenciales

S7-SCL es un lenguaje textual de alto nivel según la norma DIN EN 61131-3. Contiene estructuras similares a las de los lenguajes de programación Pascal y C.

- **Lenguaje Gráfico:**

CFC para S7 y M7 es un lenguaje de programación para interconectar gráficamente las funciones existentes. La programación se lleva a cabo copiando los bloques en un esquema (plano) y conectándolos entre sí mediante líneas.

➤ **Software Runtime**

El Software Runtime abarca programas ya listos que se pueden llamar desde el programa de usuario. El Software Runtime se incorpora directamente en la solución de automatización.

- **Herramienta para Regulaciones SIMATIC S7:**

- **Standard PID Control:** permite integrar en el programa de usuario los reguladores continuos, por impulsos y discontinuos. La herramienta de parametrización con ajuste de regulación incorporado, permite parametrizar y ajustar rápidamente los reguladores.
- **Modular PID Control:** se utiliza cuando un regulador PID sencillo no es suficiente para solucionar la tarea de automatización. Interconectando el bloque de función estándar incorporado, se pueden realizar casi todas las estructuras de regulación.

- **Herramientas de acoplamiento:** PRODAVE MPI es una caja de herramientas para la comunicación de datos del proceso entre SIMATIC S7, SIMATIC M7 y SIMATIC C7. PRODAVE MPI realiza independientemente la comunicación de datos a través del interface MPI.

➤ **Interfaces Hombre-Máquina (HMI):**

Human Machine Interface, es el software especial de manejo y visualización para SIMATIC.

El sistema abierto de visualización de procesos SIMATIC WinCC, es un sistema básico independiente del ramo y de la tecnología, que incorpora todas las funciones importantes de control y supervisión.

- SIMATIC ProTool y SIMATIC ProTool/Lite son herramientas modernas para configurar los paneles de operador SIMATIC y los equipos compactos SIMATIC C7.

- ProAgent facilita un diagnóstico de procesos puntualizado y rápido en instalaciones y máquinas, averiguando informaciones relativas a la ubicación y a la causa del error.

Para la utilización del software de programación STEP 7 se requiere una clave de licencia. Los requisitos necesarios para la instalación de este software son las siguientes:

- *Sistema Operativo:*

- Microsoft Windows 2000, Windows XP.

- *Hardware Básico:*

- Un PC o unidad de programación (PG) con procesador Pentium IV (para Windows 2000 - P 233 para Windows XP P 333).
- Memoria RAM: como mínimo 512 MB
- Monitor color, teclado y ratón compatibles con Microsoft Windows.

5.2 Requerimientos Funcionales para el Proceso de Control Automático

El proceso de control que se implementará, debe ser capaz de realizar las siguientes funcionalidades:

1. El operador debe poder elegir el proceso que se quiere realizar, teniendo las siguientes opciones:
 - a. Dispersión de Caolín
 - b. Preparación de PRE-estuco
 - c. Preparación de Estuco.

2. El operador debe tener la opción de seleccionar el tipo de preparación a utilizar, es decir, puede elegir realizar una preparación de acuerdo a la receta estándar (ver Tablas 3.2, 3.4 y 3.6) o poder modificar el valor de la cantidad de algún producto.
3. El operador debe poder visualizar mediante un diagrama o gráfica, el estado en que se encuentra el proceso de trasvasije de los productos.
4. Debe realizarse un lavado automático de los dosificadores después de cada descarga.

Para satisfacer los requerimientos mencionados anteriormente, se darán a conocer tres formas de realizar el control del trasvasije de los productos menores, desde los estanques de almacenamiento hacia los Dilutores.

La primera solución que se plantea, será la forma más adecuada de realizar el control automático. Las siguientes dos soluciones, se pueden utilizar en caso de que se presenten fallas en la solución principal (soluciones de contingencia).

5.3 Proceso de Control Automático Propuesto

La solución mas adecuada, de acuerdo a los requerimientos antes mencionados, está basada en la utilización de un PLC. Para diseñar la solución, es necesario realizar los siguientes pasos:

- Realizar un Diagrama General del Proceso
- Dividir el Proceso y describir las diferentes Áreas Funcionales
- Definir un Circuito de Seguridad
- Describir los Elementos de Manejo y Visualización necesarios
- Crear un Panel de Mando (Entradas y Salidas)
- Crear los Esquemas de Configuración para el Sistema de Automatización

5.3.1 Diagrama General del Proceso

La Figura 5.1 muestra el diagrama general del proceso, donde se puede visualizar el funcionamiento general del mismo.

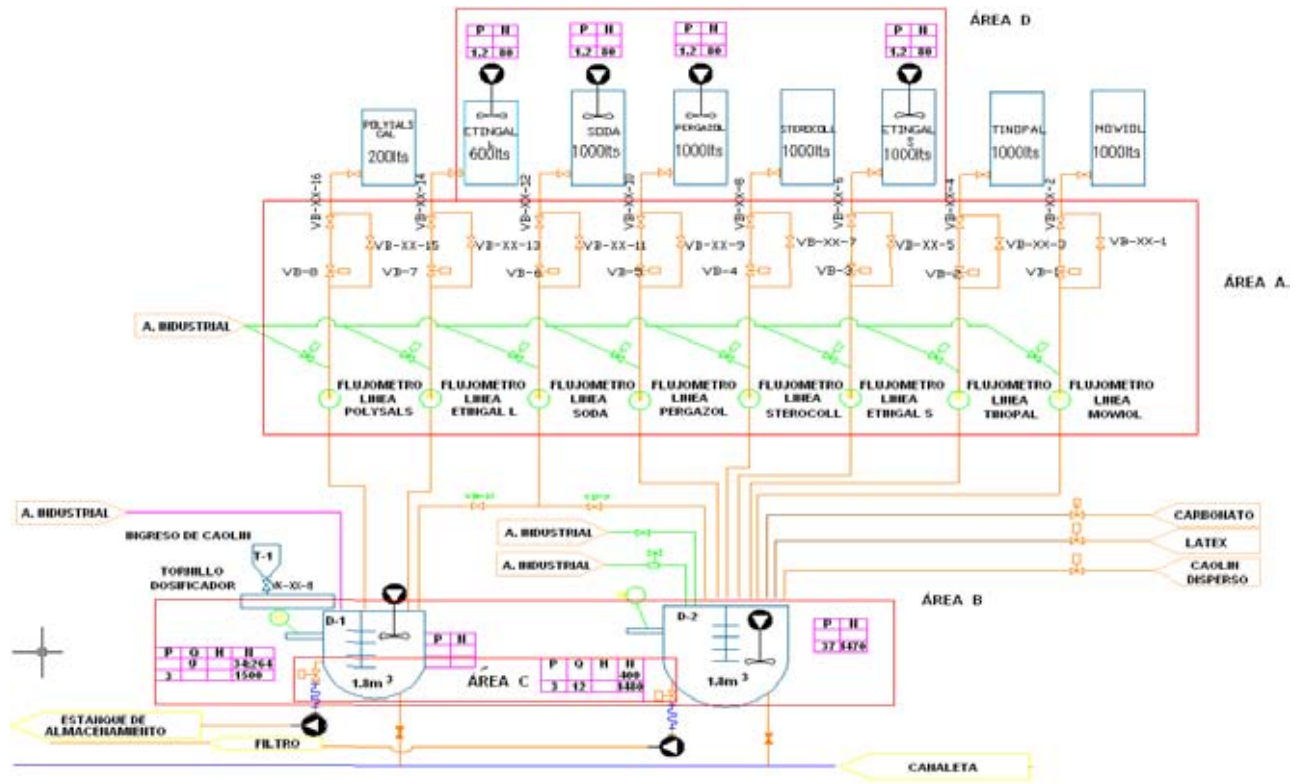


Figura 5.1 Diagrama General del Proceso

5.3.2 División del Proceso

En la Figura 5.1 se puede visualizar que el proceso está subdividido en las siguientes áreas:

- Área de entrada de los aditivos menores (área A)
- Área de recipiente de mezcla (área B)
- Área de salida (área C)
- Área que componen los agitadores de los productos pertenecientes a los estanques E3, E5, E6 y E7 (área D).

Dentro del área A, ésta se subdivide en ocho áreas, las cuales llamaremos de acuerdo a su posición de derecha a Izquierda A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆, A₇ y A₈. (Estas áreas representan a cada material).

El área para el material A₁, contiene los mismos dispositivos que los del área A₂, A₃, A₄, A₅, A₇ y A₈.

En el caso del área de recipiente de mezcla (área B), éste se subdivide en el área perteneciente al Dilutor 1 (Área _{1.1}), y al área del Dilutor 2 (Área _{1.2}).

El funcionamiento de las áreas B y C está controlado desde otro PLC y no será incluido en este análisis.

Área Funcional	Aparatos Correspondientes
Área A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₇ y A ₈	Válvula de alimentación Válvula de lavado Medidor de flujo para material
Área A ₆	Válvula de alimentación Válvula de lavado Medidor de flujo para material Válvula para entrada Área _{1.1} Válvula para entrada Área _{1.2}
Área _{1.1} , Área _{1.2}	Motor Agitador Medidor de nivel
Área C	Válvula de salida
Área D (estanques E3, E5, E6 y E7)	Motor de agitador

Tabla 5.2 División del Proceso

5.3.2.1 Descripción del Funcionamiento de cada Área

En esta parte del estudio, se dará a conocer la función que cumple cada área y los diferentes elementos que controlan dicha área.

Área A - Válvulas de Alimentación y Válvulas de Lavado

Las válvulas de alimentación y de lavado son controladas por el programa de usuario.

Funcionalidad:

- Las Válvulas de Alimentación impiden/permiten la entrada de los materiales a los recipientes de mezcla.
- Las Válvulas de Lavado permiten la entrada de agua industrial, con el propósito de limpiar los medidores de flujo.

Estados:

- Cuando el PLC activa la electro-válvula, se produce la apertura de la válvula.
- Cuando el PLC no activa la electro-válvula, la válvula se mantiene cerrada.

Condición de habilitación para la Válvula de Alimentación:

- Debe haberse establecido en el programa, la cantidad del producto deseado.

Condición de habilitación para la Válvula de Lavado:

- El proceso de trasvasije de todos los aditivos menores debe haber terminado.

Área A - Medidor de Flujo para Material

Funcionalidad:

Los medidores de flujo, son los elementos encargados de entregar un pulso al PLC cada 100cc. de flujo que pase por la tubería.

Área D - Motores de los Agitadores de los Estanques E3, E5, E6 y E7

El motor del agitador se controla desde un panel de mando (Marcha/Paro) localizado en la Sala de Control. La Potencia del motor del agitador varía entre 0,37-0,75 KW, para velocidades entre 48-104rpm

Funcionalidad:

- Los motores de los agitadores, se controlan con el propósito de impedir el decantamiento de los respectivos productos.

Condiciones de habilitación para los agitadores:

- La válvula de salida del recipiente de mezcla debe estar cerrada.
- El paro de emergencia no está activado.

5.3.3 Circuito de Seguridad

Se utilizará un pulsador de paro de emergencia, independiente del sistema de automatización para el motor de los agitadores y otro ubicado en el sector de las válvulas.

Una entrada del PLC deberá captar el estado del pulsador de paro de emergencia.

5.3.4 Elementos de Manejo y Visualización Necesarios

Un sistema de manejo y visualización permite que las personas puedan tener una información sobre el estado operativo del proceso, y además intervenir en el mismo a través de un panel de mando.

Para la elección del sistema de manejo y visualización, se deben considerar los siguientes puntos:

- A futuro, es posible que se emplee este sistema para realizar el control de otros procesos que se llevan a cabo en el sector de preparación salsa, por lo que el sistema debe tener la capacidad de ser flexible para agregar mas funciones, por ejemplo, un software que permita ver de manera gráfica el mantenimiento de los equipos que participan en el proceso.
- Debe entregar seguridad, de manera que si sucede algún problema con el PLC, el operario rápidamente pueda poner en funcionamiento el proceso nuevamente.
- Deber ser amigable tanto del punto de vista de manejo como de visualización, para facilitar el trabajo de los operarios.

Dentro de las soluciones, se encuentra ocupar un sistema conformado por paneles SIMATIC de visualización y manejo, o la utilización de un equipo formado por un PC/PLC.

Dentro de los componentes que ofrece Siemens, están los formados por Paneles SIMATIC, pertenecientes a la familia SIMATIC HMI, estos vienen como Touch Panels (TP) con pantalla táctil o como paneles de operador (OP) con teclado de membrana. Para manejo de máquinas en diferentes clases de prestaciones. En una configuración se pueden usar los siguientes objetos: entradas, salidas, botones de comando, barras, gráficos. Estas son además compatibles con los PLC SIMATIC S7-200/-300/-400.

Las características de la nueva línea SIMATIC OP 270 se pueden ver en la Tabla 5.3

Pantalla -Tamaño -Resolución (Ancho x Alto en píxeles) / colores	Cristal líquido STN (LCD) 10,4" 640 x 480 / 256 colores
Elementos de mando -Teclas de función, programables -Teclas del sistema -Ratón externo, teclado, lector de código de barras	36 teclas de función, 28 con LED 38 vía USB
Procesador -Sistema operativo -Memoria -Memoria útil para datos de usuario	Windows CE Flash / RAM 2048 kbytes de memoria de configuración (sin memoria adicional para opciones)

Tabla N^o 5.3 Características de la nueva línea SIMATIC OP 270

Si bien, las características de este sistema cumplen con las exigencias de realizar un manejo y visualización del proceso, no se podrían realizar operaciones como tener un software que permita ver de forma gráfica el mantenimiento de los equipos, almacenar el comportamiento de éstos y establecer donde se ocasionan las fallas, en caso de producirse. Lo anterior, dado la cantidad de memoria que poseen estos paneles.

La segunda opción, es utilizar un equipo formado por un PC/PLC, para lo cual se debe utilizar el controlador Lógico bajo Windows para permitir visualizar las funciones del PLC en un PC.

La utilización de un PC/PLC tiene una gran ventaja en la capacidad de memoria útil para el usuario, pudiéndose agregar una amplia gama de funciones para monitorear el proceso.

En lo referido a la visualización del proceso, la utilización de un PC otorga la posibilidad de tener una mayor cantidad de ventanas gráficas, permitiendo subdividir el proceso y visualizar de mejor manera el comportamiento de éste.

Desde el punto de vista de la seguridad, el PC ofrece la posibilidad de particionar el disco duro, para así tener resguardo del programa, tanto del que se utiliza para visualización y manejo, como el programa del PLC, lo cual hace que sea mas rápido el proceso en caso de

tener que cargar nuevamente el programa o realizar la modificaciones de éste, a diferencia del tiempo que tomaría traer otro PC y conectarlo para cargar nuevamente los programas.

Los requerimientos mínimos para el PC son las siguientes:

- Procesador Pentium IV (para Windows 2000 o Windows XP)
- Memoria RAM: 512 MB
- Monitor color, teclado y ratón compatibles con Microsoft Windows.
- Tarjeta de comunicación Ethernet

Por lo expuesto anteriormente, es claro que la utilización de un equipo PC/PLC es para este caso la solución más adecuada, teniendo en cuenta la flexibilidad y seguridad que este equipo ofrece.

5.3.5 Panel de Mando

Para realizar el proceso de manejo y visualización del proceso de forma que se amigable para los operarios, y dando respuesta a los requerimientos de funcionalidades establecidos anteriormente, se establece el uso de un panel de mando a través de la pantalla del PC como el que se observa en el siguiente esquema.

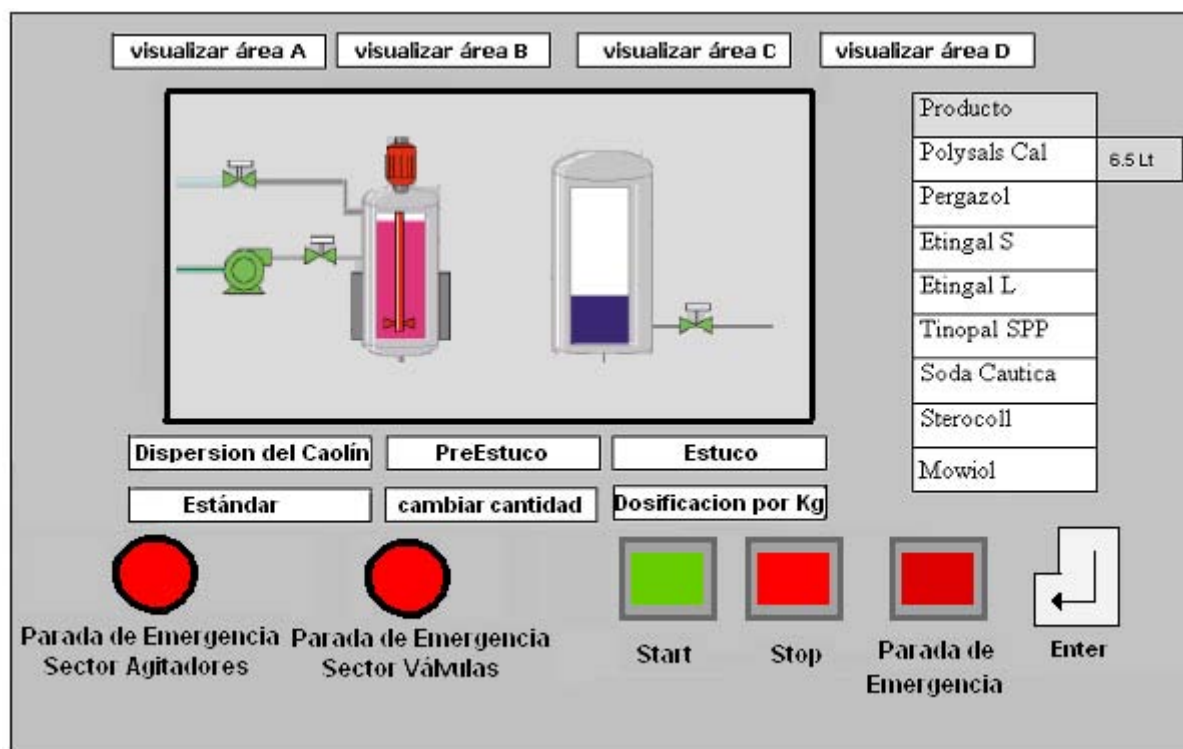


Figura N° 5.2 Panel de Mando

5.3.5.1 Procedimiento para los Operarios

- Con la utilización del mouse , seleccionar la operación deseada:
 - Dispersión de Caolín
 - Preparación de PRE-estuco
 - Preparación de Estuco.
- 1. Elegirá si se va a realizar una preparación de acuerdo a la preparación Estándar o se cambiara la cantidad de algún producto.
- 2. En el caso de seleccionar estándar, el operador deberá presionar el botón Start para que el proceso empiece.
- 3. Si se ha requerido cambiar la cantidad de algún producto, se deberá seleccionar el producto con el mouse y aparecerá la cantidad que por defecto tiene, (de acuerdo a la receta estándar). A continuación, con las teclas numéricas del teclado, podrá cambiar al valor deseado. Una vez determinado el valor, se apretará el botón Enter con el cual quedará activado el nuevo valor.
- 4. Para activar el proceso, se deberá accionar el botón Start.
- En el caso que el operario desee visualizar el funcionamiento en cada una de las áreas, deberá seleccionar visualizar área A, visualizar área B o visualizar área C, para el caso que corresponda.
- Cuando el operario desee accionar los agitadores, se debe realizar el siguiente procedimiento:
 - 1. Seleccionar visualizar área D (área perteneciente a los estanques E3, E5, E6 y E7). Aparecerá una pantalla como la que se observa en la Figura 5.3
 - 2. Se elegirá el agitador que se desea accionar, apretando con el mouse el botón Poner en Marcha motor agitador (E3, E5, E6 y E7 deseado)

3. Para realizar la detención de los motores, de igual forma se acciona apretando con el mouse el botón Parar motor agitador (E3, E5, E6 y E7 deseado).
- En el caso que se necesite detener de forma abrupta algún proceso que se esté realizando, se deberá accionar el botón de Paro de emergencia.

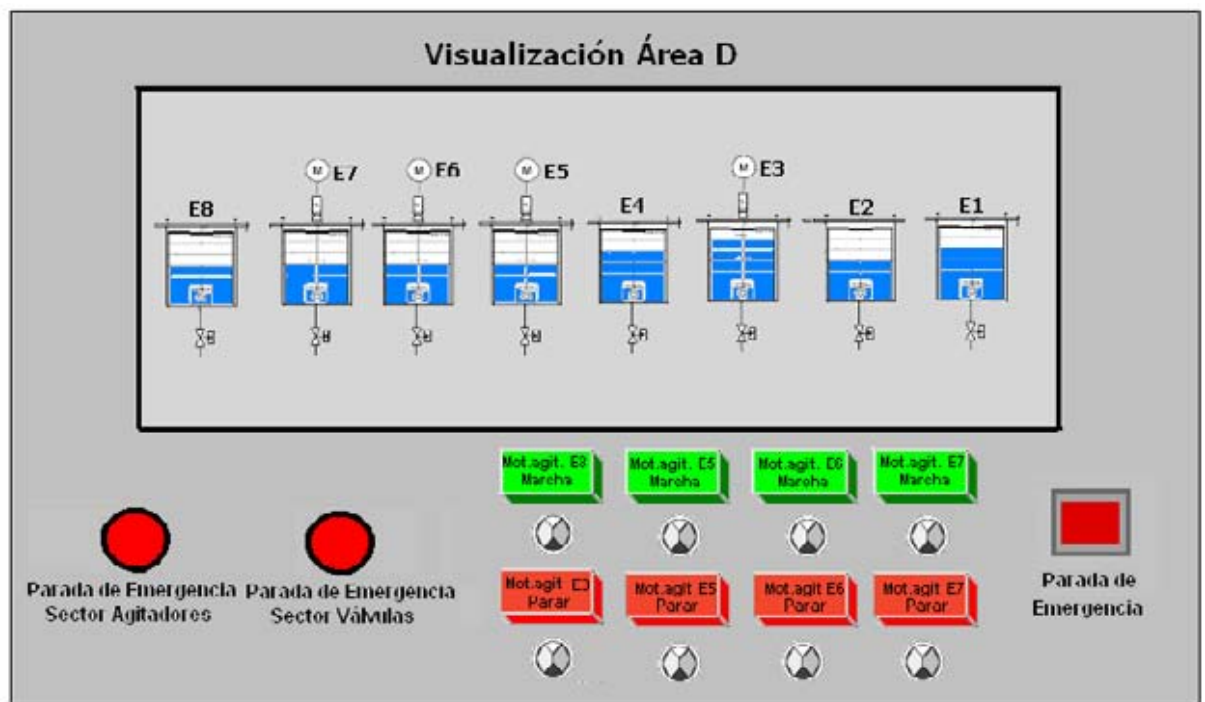


Figura N°5.3 Visualización Área de Agitadores

En la pantalla se podrá observar cuando se realice una parada de emergencia de forma externa, identificando el sector donde se realizó dicho procedimiento.

5.4 Soluciones de Contingencia

La solución establecida anteriormente, es la que se presenta como la más adecuada para el trasvasije de los aditivos menores desde sus estanques de almacenamiento hacia los Dilutores. A continuación, se establecerán soluciones de contingencia, para el caso que existan problemas de funcionamiento en las siguientes unidades:

1. En caso de *falla del medidor de caudal*, de manera que no exista una entrega de información (a través de los pulsos) hacia el PLC, dejando a este sin la posibilidad de controlar la cantidad de producto que se esta trasvasijando.
2. Si se presentan *problemas con el panel de mando (PC)*, de modo que el operador no pudiese tener una información sobre el estado operativo del proceso y además dejándolo inhabilitado de intervenir en el mismo.

5.4.1 Solución para Falla del Medidor de Caudal

Si falla el medidor de caudal, la problemática consiste en poder dosificar la cantidad de producto a trasvasijar. Para solucionar esta problemática, se recurrirá a la utilización de la balanza que se encuentra ubicada en los Dilutores, de manera de poder dosificar los productos por peso, (la receta de la preparación por peso se encuentra en la Tabla 3.2, 3.4 y 3.6 para el caso de la dispersión del caolín, la preparación del PRE-estuco y la preparación del estuco respectivamente). Los operarios deberán proceder como se muestra a continuación.

1. Seleccionar la operación deseada (ver figura 5.2)
 - Dispersión de Caolín
 - Preparación de PRE-estuco
 - Preparación de Estuco.
2. Seleccionar en el panel de control la opción Dosificación por Kg.
3. Elegirá si se va a realizar una preparación de acuerdo a la preparación Estándar o se cambiara la cantidad de algún producto

4. En el caso de seleccionar estándar, el operador deberá presionar el botón Start para que el proceso comience.
5. Si se ha requerido cambiar la cantidad de algún producto, se deberá seleccionar el producto con el mouse y aparecerá la cantidad que por defecto en Kg, (de acuerdo a la receta estándar). A continuación con las teclas numéricas del teclado podrá cambiar al valor deseado. Una vez determinado el valor, se apretará el botón Enter con el cual quedará activado el nuevo valor.
6. Para activar el proceso se deberá accionar el botón Start.

5.4.2 Solución Fallas en el Panel de Mando

Si se presentan fallas en el Panel de Mando, se deberá realizar el control del paso de los productos a través de las válvulas de control manual, y para establecer la dosificación justa, se utilizará la pantalla del medidor de flujo, el cual entrega el caudal instantáneo en m³ ó litros. Para esto el operario debe realizar el siguiente procedimiento:

1. El operario debe cerrar la válvula manual N° 4 de manera de bloquear el paso a través de la válvula de control (figura 4.1)
2. Abrir la válvula manual N°3, de manera de permitir el flujo del producto hacia los Dilutores.
3. El operador debe observar la pantalla del medidor de flujo, para poder cerrar la válvula N°3, una vez que ha pasado la cantidad del producto de acuerdo a la receta.
4. La operación debe repetirse con cada uno de los productos de acuerdo a la receta que se este preparando (Dispersión de Caolín, Preparación de PRE-estuco o Preparación de Estuco)

Una vez realizada la preparación del producto deseado, el operario deberá realizar el lavado de los dispositivos de dosificación, accionando de forma manual el pulsador que poseen las electro válvulas, correspondientes a las válvulas de lavado.

5.5 Creación de un Esquema de Configuración

Ahora que ya se tienen todos los requerimientos de diseño, se define el equipo de control requerido para este proyecto.

Para crear un Esquema de Configuración, se consideran los puntos siguientes:

- Cantidad y tipo de los módulos de señales
- Requerimientos de la CPU
- Configuración de las entradas y salidas físicas

5.5.1 Cantidad y Tipo de Señales

5.5.1.1 Diagrama de E/S para las Válvulas

Cada válvula se controla a través de un "bloque de válvulas", idéntico para todas las válvulas utilizadas. El bloque, dispone de una entrada Open/Close que sirve para controlar la válvula, y dos salidas para señalizar que la válvula está abierta de forma completa, o señalizar que la válvula está cerrada de forma completa.

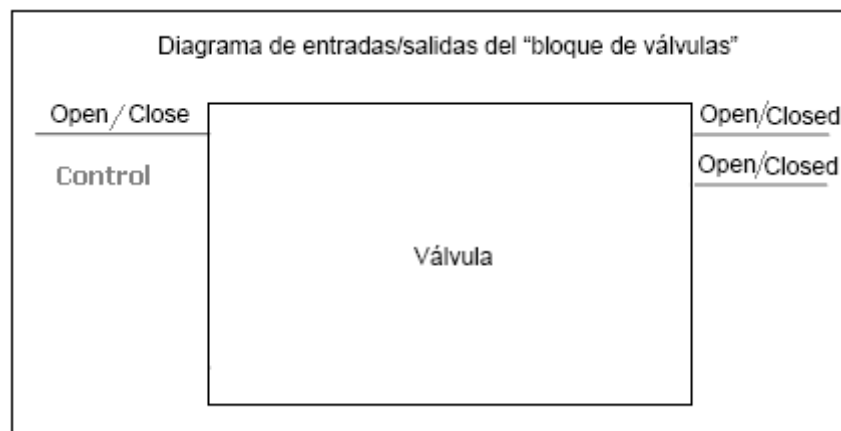


Figura N^o 5.4 Diagrama de E/S para las válvulas

5.5.1.2 Diagrama de E/S para los Motores

El control de cada uno de los motores se efectúa mediante un "bloque de motor" idéntico para los cuatro aparatos. El bloque, dispone de dos entradas, una de marcha y una de paro. Además, el bloque lógico precisa de una salida, la cual indica el estado del motor, Start, Stop.

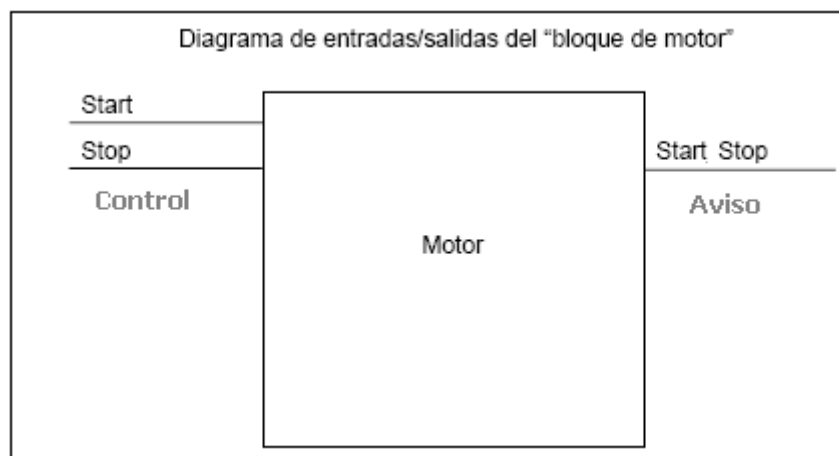


Figura N^o 5.5 Diagrama de E/S para los motores

5.5.1.3 Diagrama de E/S para la Dosificación del Flujo

Para el caso de los dosificadores, el bloque lógico es idéntico para cada uno de ellos. Éste precisa de solamente una señal de salida.

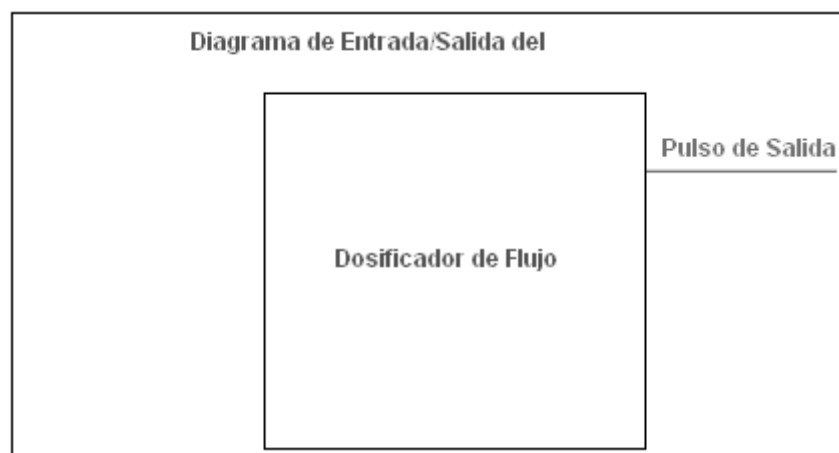


Figura N^o 5.5 Diagrama de E/S para los Dosificación del Flujo

5.5.1.4 Diagrama de E/S para la Balanza

La balanza que se utiliza en los Dilutores, opera basado en un sistema de conexión de celdas de cargas. El funcionamiento de éstas es el siguiente:

Las celdas de cargas es un dispositivo en cuyo interior se encuentra una pieza elástica de forma variable, generalmente metálica, sobre la que se transmite la fuerza aplicada. Esta fuerza provoca una deformación en la pieza que es medida mediante galgas extensiométricas montadas generalmente en puente de cuatro ramas activas (dos en compresión y dos en extensión).

Desde el punto de vista eléctrico, estos dispositivos permiten el acceso a los 4 nodos del puente; dos se utilizarán para la alimentación del puente (generalmente una tensión de referencia), y los otros dos se toman como terminales de salida, tensión proporcional a la deformación de la pieza (por tanto a la fuerza aplicada) y a la tensión de referencia aplicada en los terminales de alimentación.

$$V_o = V_{ref} * K * F$$

Donde,

K factor de la galga

F fuerza peso

La sensibilidad de una celda de carga se suele dar en mV/Volt. Esta relación expresa la salida en mV que tendrá el dispositivo cuando se aplica la fuerza correspondiente al fondo de escala por cada voltio aplicado a la alimentación.

Como se ha señalado, la balanza actúa, desde el punto de vista eléctrico, como un puente de Wheatstone, con señales de salidas expresadas en mV, lo cual hace necesaria la integración de un circuito de adaptación para poder obtener las señales entre 0 y 10V, el circuito se compone de los siguientes subsistemas:

Tensión de Referencia:

Para la alimentación del puente, se dispone de un circuito que genera una tensión de referencia (V_{ref}). Esta tensión se aplica a los terminales de alimentación del puente, mediante la utilización de un Amplificador inversor de ganancia, con lo cual se obtiene una tensión de valor $-V_{ref}$, que se utilizará en el amplificador de salida para ajustar el cero eléctrico.

Amplificador Diferencial:

La salida del puente se conecta directamente a un amplificador diferencial de ganancia fija.

Amplificador de Salida:

La salida del anterior circuito, se conecta a un amplificador sumador inversor. En este circuito puede ajustarse la ganancia y el cero de la señal de salida.

Por lo cual el bloque de E/S consta de una entrada de alimentación para el voltaje de referencia y una salida analógica entre 0 y 10V

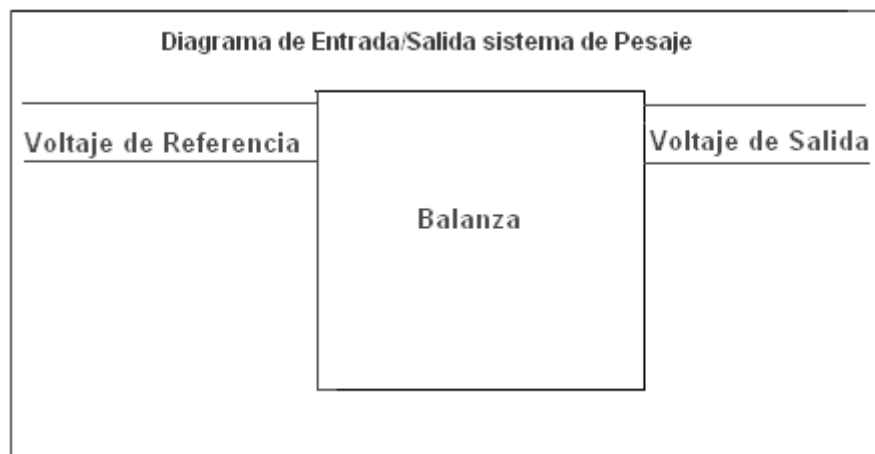


Figura N° 5.6 Diagrama de E/S para sistema de pesaje

Para controlar de manera correcta el trasvasije de los productos, de acuerdo a las cantidades requeridas, se deberán contar con los siguientes elementos:

- 10 válvulas de bola para controlar el flujo de los distintos productos
- 8 Caudalímetros para dosificación del producto
- 8 válvulas para realizar el lavado de los dosificadores
- 4 agitadores
- 2 balanzas

De acuerdo a los diagramas de señales establecidos y la cantidad de elementos que se van a utilizar, se necesita una unidad de control, sólo para el caso de trasvasije de los productos menores, que soporte controlar un total de 34 entradas digitales, 25 salidas digitales y 2 entradas analógicas. Sin embargo, como a futuro se espera que este sistema controle otros procesos que se realizan en el sector de preparación salsa, se necesita que sea capaz de controlar un total de 800 E/S digitales como mínimo.

5.5.2 Requerimientos de la CPU y Fuente de Alimentación

Elección de CPU

Para realizar la elección de la CPU mas adecuada para un PLC, se recurrió a la utilización de un diagrama de selección, el cual se puede observar en el Anexo 8. Se estableció que para poder controlar 800 E/S, la CPU que se requiere debe poseer un mínimo de 32K bytes de memoria para el programa.

Dentro de los autómatas programables de Simatic S7 que cumplen con este requerimiento, son los de la gama Simatic S7 300.

De acuerdo a la capacidad de memoria de las CPU, se puede elegir entre las siguientes:

CPU	Memoria	E/S máx. Digitales	E/S máx. analógicas
CPU 312 IFM	6 Kbytes	128 canales	32 canales
CPU 313	12 Kbytes	128 canales	32 canales
CPU 314 IFM	32 Kbytes	512 canales	64 canales
CPU 314	24 Kbytes	512 canales	64 canales
CPU 315	48 Kbytes	1024 canales	128 canales
CPU 315-2 DP	64 Kbytes	1024 canales	128 canales
CPU 316	128 Kbytes	1024 canales	128 canales
CPU 318-2	512 Kbytes	1024 canales	16384 canales

Tabla N° 5.4 Tipo de CPU de acuerdo a la cantidad de memoria para la gama Simatic S7 300.

Por lo que se establece la utilización de la CPU 315, esto debido a que cumple con la cantidad de memoria deseada y de canales de E/S digitales.

Elección Fuente de Alimentación

Para alimentar el S7-300 y los sensores/actuadores con 24 V c.c. dentro del sistema S7-300, se tienen las siguientes fuentes de alimentación:

- Fuente de alimentación PS 305; 2 A (6ES7 305-1BA80-0AA0)
- Fuente de alimentación PS 307; 2 A;(6ES7 307-1BA00-0AA0)
- Fuente de alimentación PS 307; 5 A;(6ES7 307-1EAx0-0AA0)
- Fuente de alimentación PS 307; 10 A;(6ES7 307-1KA00-0AA0)

Debido a la cantidad de entradas/ salidas que puede llegar a manejar esta CPU, la fuente de alimentación debe tener una intensidad de salida 10 A.

Las características de esta fuente se pueden ver en el Anexo 11

5.5.2.1 Descripción Sistema S7-300

Principales componentes de un S7-300

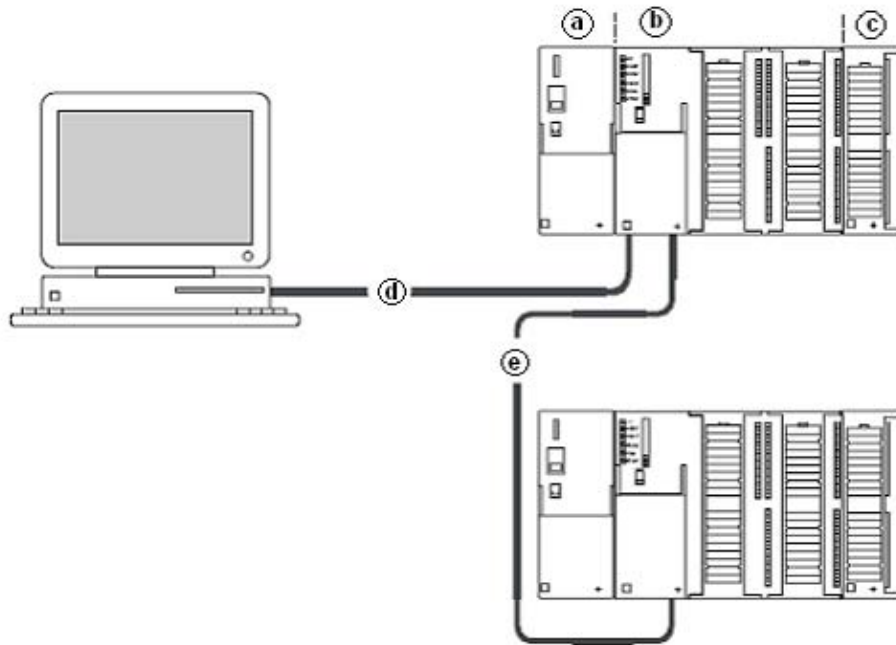


Figura 5.6 Componentes de un S7 300

- a) Fuente de alimentación (PS):
Los PS convierten la tensión de red (120/230V a.c.) en tensión de servicio de 24Vcc, y suministra la tensión del S7-300, así como la alimentación de carga para circuitos de intensidad de carga de 24 V CC.
- b) Modulo Central CPU:
La CPU ejecuta el programa de usuario, alimenta el bus posterior del S7-300 con 5V, y se comunica con otras estaciones MPI a través de la red MPI (Interfaz con múltiples puntos). A través de la red MPI. Realiza comunicaciones Ethernet a través de la interfaz PROFINET integrada.
- c) Modulo de señales:
El modulo de señales adapta los distintos niveles de señales de proceso al S7-300.
Modulo de señales(SM):

- Módulos de entrada digital.
- Módulos de salida digital.
- Módulos de entrada/salida digitales.
- Módulo de entrada analógica.
- Módulo de salida analógica.
- Módulo de entrada/salida analógica.

d) Cable de bus PROFIBUS:

Interconecta estaciones de subred MPI o PROFIBUS.

La MPI es un sistema de bus que se desarrolló como una interfase de programa para SIMATIC S7. La desventaja considerable frente a PROFIBUS es que el protocolo de transmisión es ‘Estándar SIEMENS’.

PROFIBUS es un sistema de bus utilizado en el nivel de campo, así como en células de redes con pequeñas cantidades de nodos. Existen tres perfiles de protocolo en PROFIBUS que pueden operar juntos en un circuito (con cable RS 485 de fibra óptica).

- **PROFIBUS-FMS** (especificación de Mensajes de Campo) está diseñado para la comunicación de autómatas en pequeñas células de red, unos con otros, y para la comunicación con elementos de campo con interfase FMS.
- **PROFIBUS-DP** (Periferia Distribuida) es el perfil de protocolo para la conexión de E/S distribuidas en el nivel de campo.
- **PROFIBUS-PA** (Automatización de Procesos) es la comunicación compatible, la tecnología de transmisión de PROFIBUS-PA se corresponde con el estándar internacional IEC 1158-2.

e) Cable para conectar una unidad de programación:

Conecta un PG/un PC con una CPU.

Para la instalación y puesta en marcha de un S7-300 se debe disponer además de una serie de componentes:

- Perfil de soporte:

Un autómata programable S7-300 esta compuesto de un bastidor central y dependiendo de la necesidad por uno o varios bastidores o aparatos de ampliación.

- Módulo de funciones:

Para el procesamiento de señales de proceso, el modulo de función realiza tareas de tiempo critico y tareas que requieren mucha memoria. Por ejemplo tareas de posicionamiento o regulación.

- Procesador de comunicaciones (CP):

Realiza las tares de comunicación de la CPU, para reducir el grado de carga de la CPU.

- Unidad de programación (PG) o PC con el paquete de software STEP 7:

La PG sirve para configurar, parametrizar, programar y comprobar el funcionamiento del Sistema.

Para agregar al PC la PG o una Laptop a la MPI, existen diferentes posibilidades:

- Tarjeta de comunicación ISA integrada para la PG
- Tarjeta de comunicación ISA integrada para el PC
- Tarjeta de comunicación PCI integrada para la PG
- Tarjeta de comunicación PCMCIA para el Laptop
- Adaptador para la comunicación sobre la interface en serie del PC o del Laptop (p.e.. PC adaptador)

La ejecución del programa en un PLC realiza el siguiente procedimiento cíclicamente:

- 1) Después de que el PLC sea conectado, el Procesador pregunta si las entradas de tensión son activas o no. El estado de las entradas se guarda en la imagen del proceso de las entradas (**PAE**). Además se guarda para las entradas de tensión, la información 1 o “High“y para las entradas sin tensión, la información 0 o “Low“.

- 2) Este procesador empieza a ejecutarse después de guardar el programa en la memoria de programa. Este contiene una lista de uniones e instrucciones lógicas, las cuales se irán ejecutando sucesivamente. Para esto, se necesita la información de las entradas que se han almacenado en el PAE y los resultados lógicos se escriben en una determinada imagen del proceso de las salidas (**PAA**). También sobre otras áreas de memoria como marcas, temporizadores y contadores, se extrae información durante la ejecución del programa, eventualmente desde el procesador.
- 3) El tercer paso, después de la ejecución del programa de usuario de estado, se transfieren las PAA a las salidas y este se conecta o se desconecta. A Continuación se ejecuta de nuevo el punto 1.

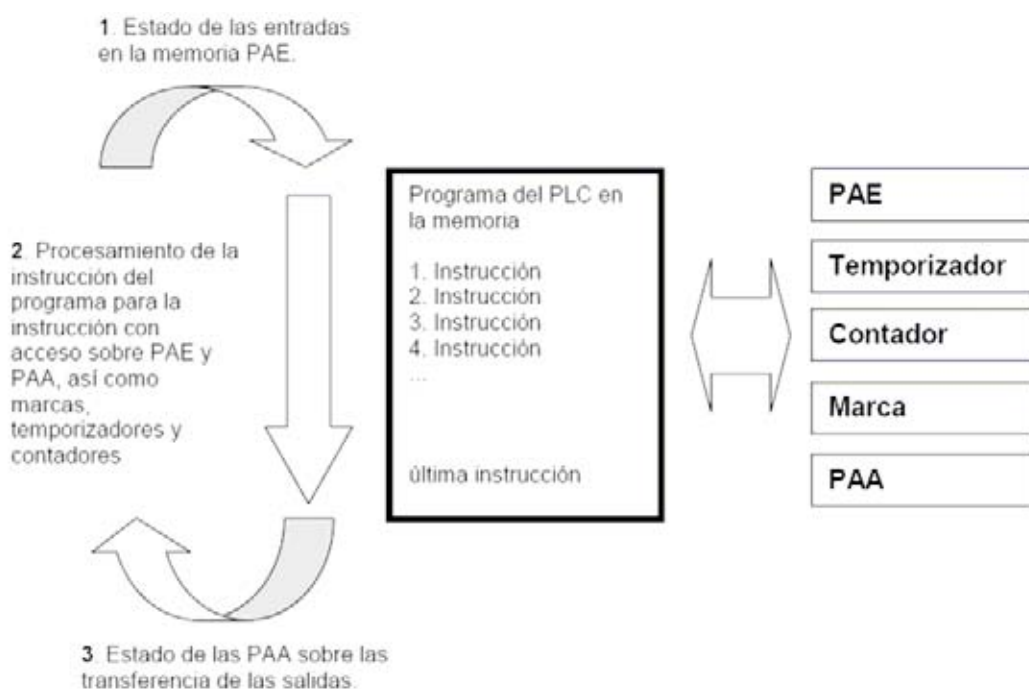


Figura 5.7 Forma cíclica de la ejecución del programa

Los sistemas S7-300 se pueden montar en sentido vertical u horizontal. Para el montaje se admiten las siguientes temperaturas ambientes:

- Montaje vertical: de 0° C a 40° C.
- Montaje horizontal de 0° C a 60° C.

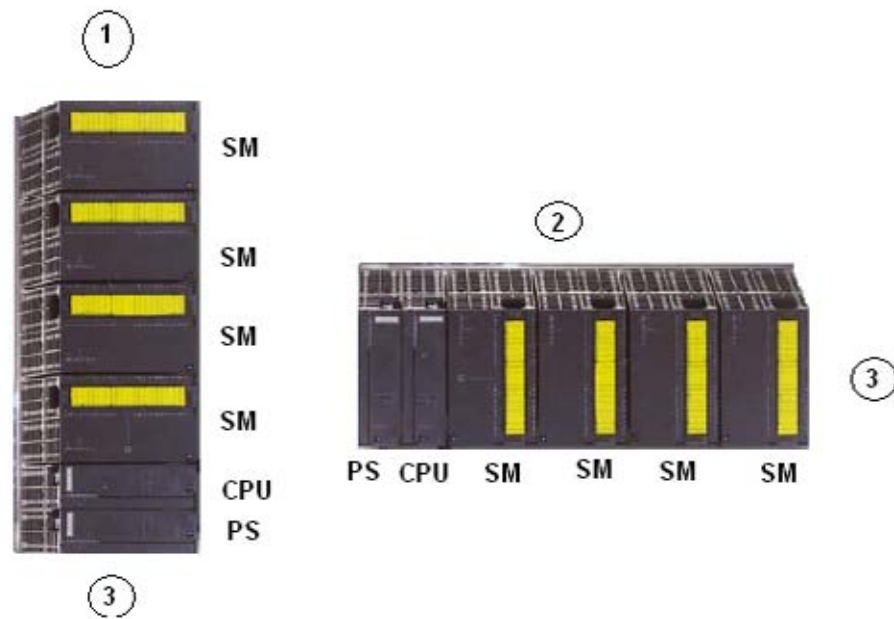


Figura 5.8 Formas de montaje

Significado de los números de la figura 5.8:

- (1) Montaje vertical de un S7 300
- (2) Montaje horizontal de un S7 300
- (3) Instalación del perfil Soporte

Para la ocupación de un lugar en el bastidor se dan las siguientes reglas:

Posición 1: Fuente de alimentación PS (= **asignación fija**)

Posición 2: Módulo central de proceso CPU (= **asignación fija**)

Posición 3: Módulo de acoplamiento IM (= **asignación fija**)

Posición 4-11: Módulos de señales SM, Módulo de funciones FM y Procesadores de comunicaciones CP (= **ninguna asignación fija**)

5.5.3 Configuración de las Entradas y Salidas Físicas

Para la realización del trasvasije de los productos menores, se necesita controlar un total de 34 entradas digitales, 25 salidas digitales y 2 entradas analógicas, esto de acuerdo a la cantidad de elementos a controlar y sus respectivas señales vistas en el punto 5.5.1, por lo que se utilizarán los siguientes módulos:

- Un módulo de entrada digital de la línea Simatic S/ 300.
Este módulo es el **SM 6ES7 321-1BL00-0AA0 digital input de 32 canales**
- Un módulo de entrada digital de la línea Simatic S/ 300.
Este módulo es el **SM 6ES7 321-7BHx0-0AB0 digital input de 16 canales**
- Un módulo de salida digital de la línea Simatic S/ 300
Este módulo es el **SM 6ES7 322-1BL00-0AA0 digital output de 32 canales**
- Un módulo de entrada analógica de la línea Simatic S/300
Este módulo es el **SM 6ES7 331-7NF00-0AB0** de 8 entradas analógicas

Las características se encuentran en el Anexo 9.

Los valores predeterminados de las direcciones de entrada y salida del módulo son:

- E 0.0 a E 0.7
- A 0.0 a A 0.7

La tabla 5.5 se muestra la configuración de los canales de entrada y salida de los módulos del PLC.

El producto que representa cada estanque se puede ver en la Figura 3. 2

Entrada	Operación	Comentario
E 0.0	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E1
E 0.1	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E1
E 0.2	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E2
E 0.3	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E2
E 0.4	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E3
E 0.5	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E3
E 0.6	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E4
E 0.7	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E4
E 1.0	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5
E 1.1	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5
E 1.2	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E6
E 1.3	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E6
E 1.4	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E7
E 1.5	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E7
E 1.6	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E8
E 1.7	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E8
E 2.0	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5 a D1
E 2.1	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5 a D1
E 2.2	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5 a D2
E 2.3	Válvula abierta/cerrada	Aviso Válvula producto E5 a D2
E 2.4	Motor en marcha/detenido	Aviso motor E3 funcionando
E 2.5	Motor en marcha/detenido	Aviso motor E5 funcionando
E 2.6	Motor en marcha/detenido	Aviso motor E6 funcionando
E 2.7	Motor en marcha/detenido	Aviso motor E7 funcionando
E 3.0	Entrada pulso	Medidor de flujo 1
E 3.1	Entrada pulso	Medidor de flujo 2
E 3.2	Entrada pulso	Medidor de flujo 3
E 3.3	Entrada pulso	Medidor de flujo 4
E 3.4	Entrada pulso	Medidor de flujo 5
E 3.5	Entrada pulso	Medidor de flujo 6
E 3.6	Entrada pulso	Medidor de flujo 7
E 3.7	Entrada pulso	Medidor de flujo 8
E 4.0	Aviso para de emergencia	Sector agitadores
E 4.1	Aviso para de emergencia	Sector válvulas
Salida		
A 0.0	Open/close	Válvula producto E1
A 0.1	Open/close	Válvula producto E2
A 0.2	Open/close	Válvula producto E3
A 0.3	Open/close	Válvula producto E4
A 0.4	Open/close	Válvula producto E5
A 0.5	Open/close	Válvula producto E6
A 0.6	Open/close	Válvula producto E7
A 0.7	Open/close	Válvula producto E8
A 1.0	Open/close	Válvula producto E6 a D1
A 1.1	Open/close	Válvula producto E6 a D2
A 1.2	Conectar _ motor	motor E3 funcionando
A 1.3	Des conectar _ motor	motor E3 detenido
A 1.4	Conectar _ motor	motor E5 funcionando
A 1.5	Des conectar _ motor	motor E5 detenido
A 1.6	Conectar _ motor	motor E6 funcionando
A 1.7	Des conectar _ motor	motor E6 detenido
A 2.0	Conectar _ motor	motor E7 funcionando
A 2.1	Des conectar _ motor	motor E7 detenido
A 2.2	Open/close	Lavado válvula dosificador 1

A 2.3	Open/close	Lavado válvula dosificador 2
A 2.4	Open/close	Lavado válvula dosificador 3
A 2.5	Open/close	Lavado válvula dosificador 4
A 2.6	Open/close	Lavado válvula dosificador 5
A 2.7	Open/close	Lavado válvula dosificador 6
A 3.0	Open/close	Lavado válvula dosificador 7
A 3.1	Open/close	Lavado válvula dosificador 8
Entrada Analógica		
E 0.0	Señal de salida sistema de pesaje	Dilutor 1
E 0.1	Señal de salida sistema de pesaje	Dilutor 2

Tabla N^o 5.5 Configuración para los Módulos del PLC

Dado lo anterior, el esquema de configuración para realizar el proceso de trasvasije de los aditivos menores para las diferentes preparaciones se muestra en la siguiente figura:

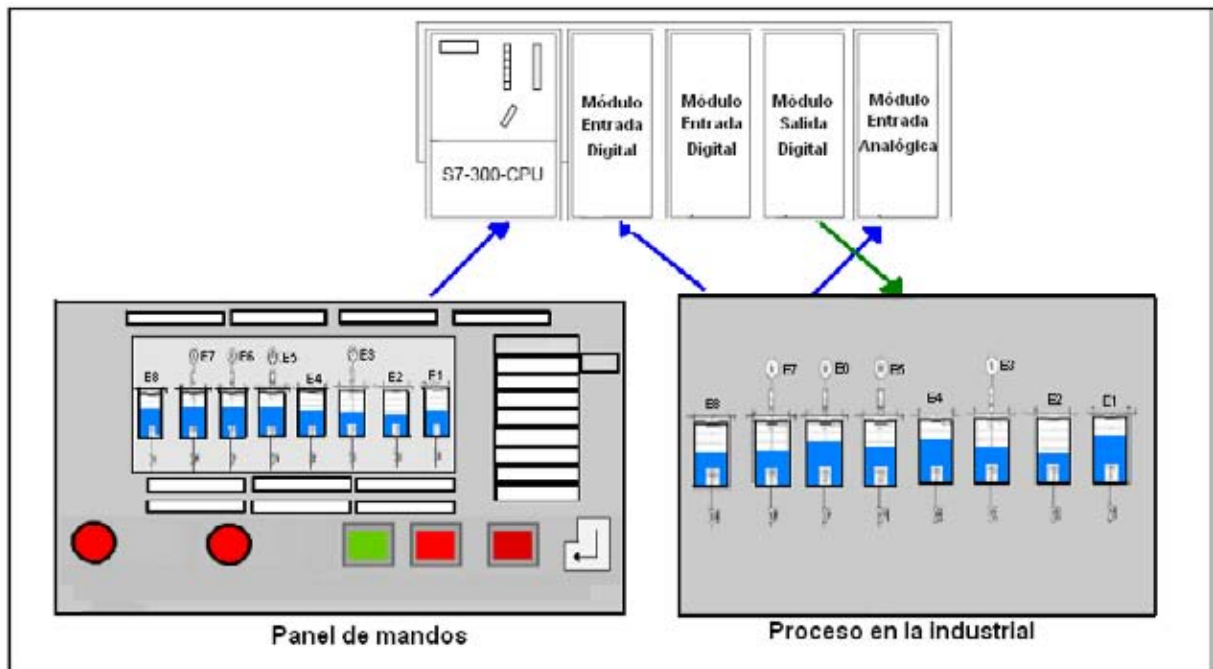


Figura N^o 5.9 Esquema de Configuración

CAPITULO VI

DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LOS DISPOSITIVOS

6.1 Instalación y Conexiones del Sistema S7 300

La instalación del PLC se realizará en la sala de control, en un armario cuyas características deben ser apropiadas para el buen funcionamiento del controlador.

6.1.1 Selección y Dimensionamiento para Armario

Criterios a tener en cuenta:

- Condiciones ambientales en el lugar de montaje del armario
- Pérdida total de potencia de los componentes incluidos en el armario

Desde el punto de vista del ambiente, en el lugar del montaje, la existencia de polvo proveniente de la sala continua al sector de control, crea la necesidad de tener un armario cerrado, de manera de proteger el sistema de control.

La temperatura en la sala de control no supera los 35⁰ C

Para el caso de las potencias disipadas dentro del armario, se tomará en cuenta el hecho de que a futuro se emplee este sistema para realizar el control de otros procesos que se llevan a cabo en el sector de preparación salsa.

Si se tiene en cuenta que la potencia disipada en los módulos a utilizar son los siguientes:

- 6.5 W en el modulo de entrada digital de 32 canales
- 4 W en el modulo de entrada digital de 16 canales
- 6.6 W en el modulo de salida digital
- 0.6 W en el modulo de entrada analógica
- 3,5 W en la CPU 315
- 18 W en la Fuente de alimentación

Y tomando en cuenta que la expansión máxima es de 32 módulos (configuración en 4 filas).y teniendo un promedio de potencia disipada de 6.5 W, se podría llegar a tener una potencia disipada de alrededor 230W.

Con estos datos y considerando como referencia un armario estándar de 600x600x2000mm, y en función a la pérdida de potencia, se puede seleccionar el tipo de armario de acuerdo a la siguiente gráfica.

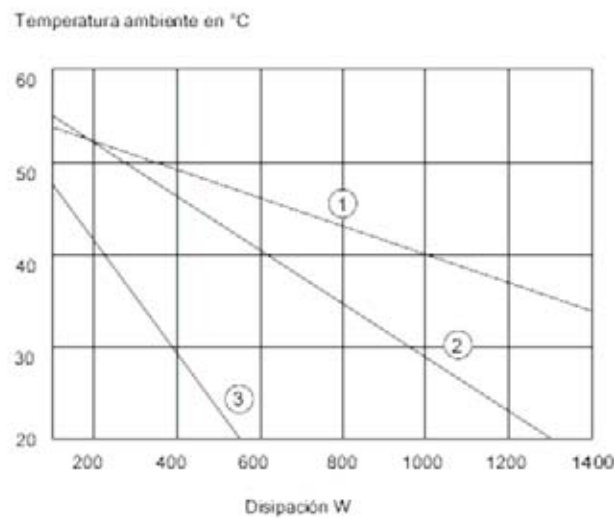


Figura 6.1 Curva Característica Temperatura/Potencia disipada para armarios

Curva Característica	Tipo de armario
(1)	Armario cerrado con intercambio de calor
(2)	Armario con refrigeración con circuito abierto por convección natural
(3)	Armario cerrado con convección natural y refrigeración en circuito cerrado mediante ventiladores

Tabla 6. 1 Tipos de Armario de acuerdo as curva característica

Por lo que se utilizará un armario cerrado con refrigeración en circuito cerrado mediante ventiladores.

6.1.2 Montaje Perfil de Soporte

El perfil de soporte es estándar, este debe contar con cuatro orificios para tornillos de fijación y un tornillo para el conductor de protección.

Los orificios trazados deberán taladrarse con un diámetro de 6.5mm para tornillos M6.

En la siguiente figura se puede observar el espacio libre que se debe dejar para instalar el S7 300.

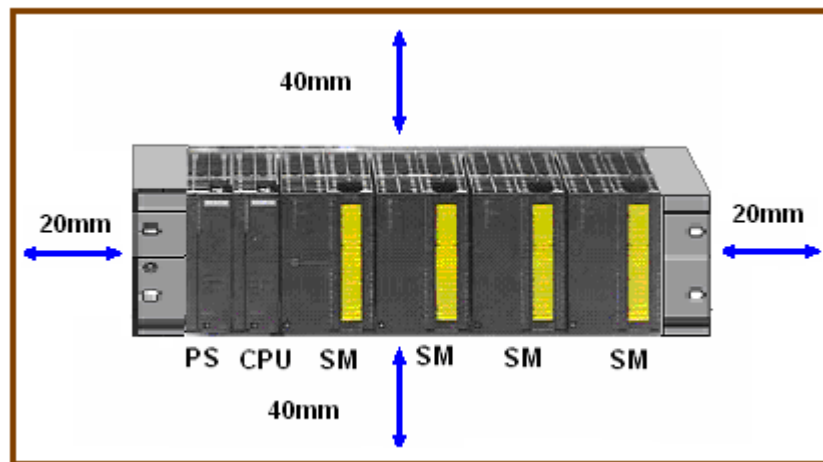


Figura 6.2 Espacios requeridos para instalación de S7 300

Una vez montado el perfil de soporte se procede a instalar los módulos en el siguiente orden de izquierda a derecha:

- 1) Fuente de alimentación (PS)
- 2) CPU
- 3) Módulo de Señales (SM)

6.1.3 Conexión de la Fuente de Alimentación y CPU

Primero se debe ajustar la selección de tensión y luego cablear la CPU y la fuente de alimentación.

Ajustar la selección de tensión:

La fuente de alimentación de un S7-300 funciona tanto con 120Vc.a como con 230 Vc.a.

Por lo que, lo primero que se debe realizar, es comprobar si el selector de tensión está ajustado de acuerdo a la tensión de la red.

Para ajustar el selector hay que proceder de la siguiente manera (Figura 6.3):

- 1) Retirar la caperuza protectora con un destornillador.
- 2) Ajustar el selector a la tensión de red disponible.
- 3) Colocar la caperuza protectora de nuevo en la apertura

Cablear la CPU y la fuente de alimentación:

- 1) Abrir las puertas frontales de la fuente de alimentación y de la CPU.
- 2) Aflojar la abrazadera para el alivio de tracción en la fuente de alimentación
- 3) Pelar el cable de red unos 11mm y conectarlo a las conexiones L1, y N a la conexión del conductor de protección de la fuente de alimentación.(ver figura 6.3)
- 4) Atornillar de nuevo la abrazadera
- 5) Cablear PS y la CPU
 - Pelar los cables de conexión para la fuente de alimentación de la CPU unos 11mm.
 - Conectar el borne inferior M de la PS con el borne M de la CPU, y el borne inferior L+ de la PS con el borne L+ de la CPU.

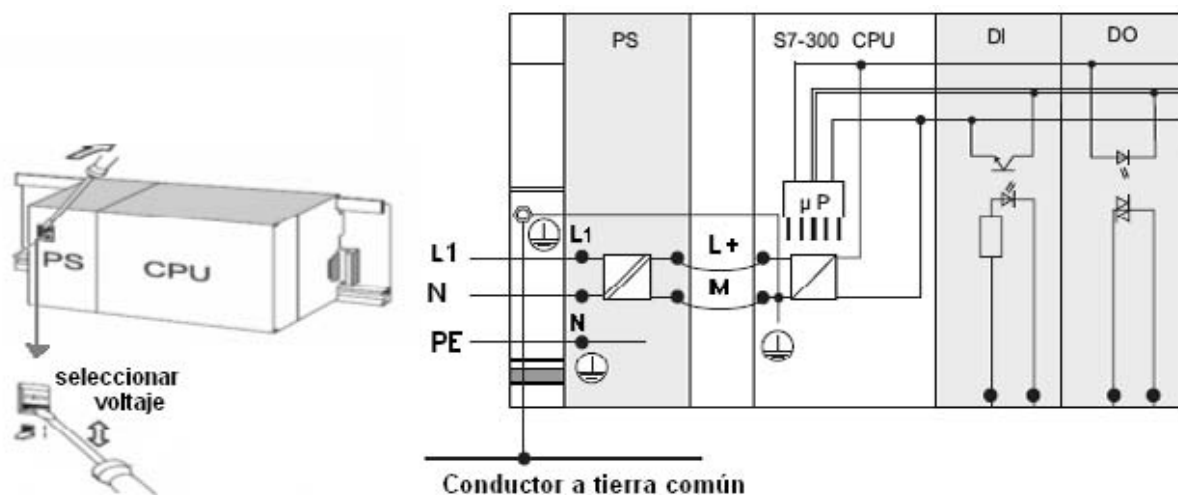


Figura 6.3 Conexión de la Fuente de Alimentación y CPU

Reglas para cablear la Fuente de Alimentación y la CPU:

Cables conectables	A la fuente de alimentación y la CPU
Cables macizos	No
Cables flexibles	
Sin punta	0.25mm ² a 2.5mm ²
Con punta	0.25mm ² a 1.5mm ²
Numero de cables por bornes	1 O 2 Cables de hasta 1.5mm ² (suma) en una puntera común
Diámetro del aislamiento del cable	Máx. 3,8mm
Longitud de pelado	11mm
Punteras según DIN 46228	
Sin collar aislante	Forma A, de 10mm a 12mm de longitud
Con collar aislante	Forma E hasta 12mm de longitud

Tabla 6.2 Reglas para cablear la fuente de alimentación y la CPU

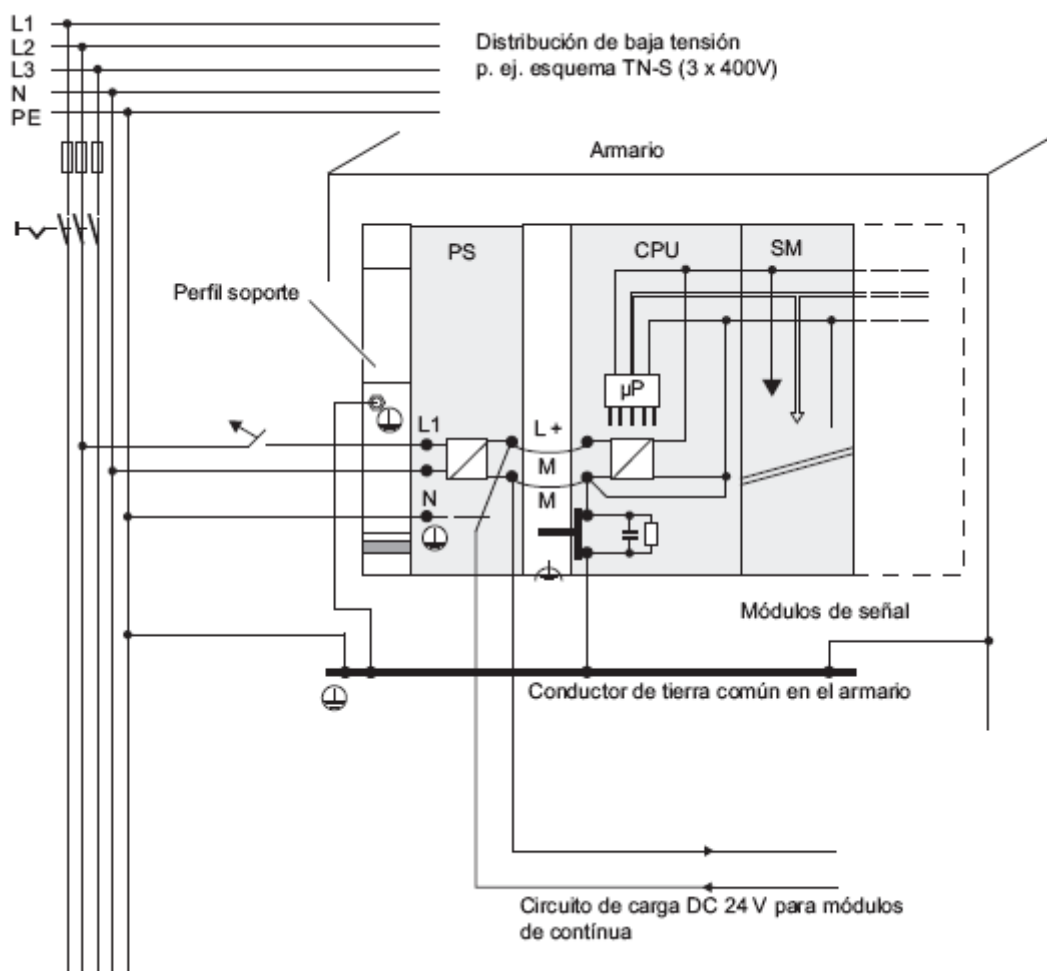


Figura 6.5 Configuración de alimentación y protección para el S7 300

6.1.5 Cablear el Conector Frontal

Las conexiones de los sensores y actuadores de la instalación al sistema de automatización S7 300, se efectúa mediante conectores frontales. Para ello deberán cablearse los sensores y actuadores con el conector frontal y a continuación deberá insertarse este último en el módulo.

Se pueden utilizar dos tipos de conectores frontales:

- Conector frontal tipo rosca.
- Conector frontal con bornes de resorte.

Debido a que se utilizarán módulos con 32 canales, se selecciona el conector frontal tipo rosca, su referencia es la **6ES7 392-1AM00-0AA0**. También se utilizará el conector frontal tipo rosca de 16 canales, siendo su referencia **6ES7-392-1A500-0AA0**.

Para realizar las conexiones, es necesario tener desconectada la fuente de alimentación.

Para enchufar el conector frontal con los módulos, se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Pulsar la tecla de desbloqueo situada en la parte superior del módulo
- 2) Con la tecla pulsada, enchufar el conector frontal con el módulo
- 3) Cuando el conector frontal este bien enchufado en el módulo, el botón de bloqueo saltara a su posición inicial.

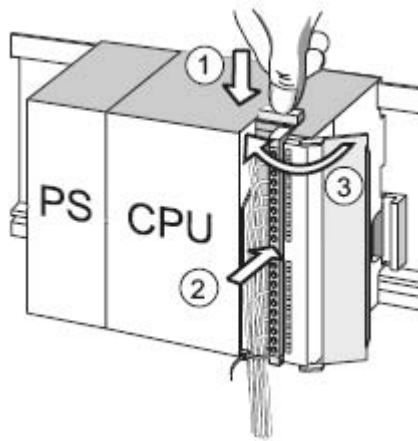


Figura 6.6 Conexión Conector Frontal con el Módulo

Por último, se debe rotular la entrada y salida de los módulos

6.2 Conexión para los Agitadores

Para realizar el control de los agitadores, será necesario la utilización de un Contactor, el cual se utiliza para la conexión de elementos de potencia y permite realizar la conexión y desconexión a distancia, con menor esfuerzo físico y mayor seguridad a través de la bobina del contactor.

Un contactor está formado por las siguientes partes:

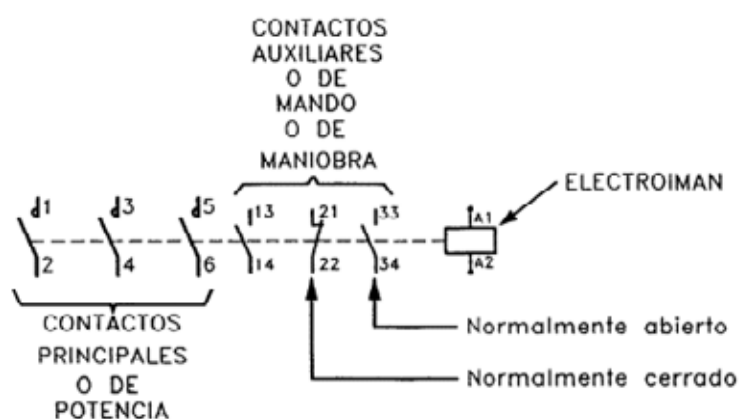


Figura 6.7 Partes del Contactor.

6.2.1 Funcionamiento del Contactor

Al accionar el pulsador S1 (figura 6.8), se da el paso de corriente a la bobina y ésta cambia de posición a todos los contactos de la cámara del contactor K1, es entonces, a través de sus contactos, quien alimenta al receptor M1. Cuando soltemos S1 la bobina se desconecta y los contactos vuelven a reposo parándose M1.

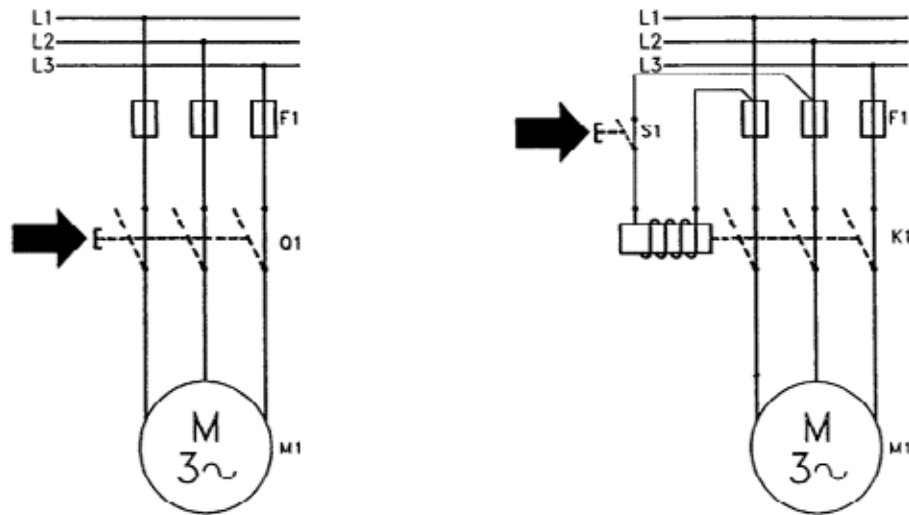


Figura 6.8 Funcionamiento del Contactor

En estos circuitos se diferencian dos partes:

- 1) Circuito de potencia: es el encargado de alimentar al receptor (p.e. motor).
- 2) Circuito de mando: es el encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores, etc. identificados con la primera letra con una S).

De acuerdo a los requerimientos establecidos para el control de los agitadores, estos se podrán accionar y detener desde el panel de control a través del PLC, y de forma manual a través de un pulsador de accionamiento. Como medida de protección se instalará un pulsador de parada, ubicado a un lado de los agitadores.

Dado lo anterior, el circuito de mando debe llevar dos contactos para marcha, uno con impulso (SM) y uno para el pulsador (S2), y dos contactos para la parada (SP, para la parada de emergencia y S1 para la proveniente del PLC). Además debe llevar elementos de protección relé térmico (F2), el cual, en caso de detectar sobreintensidad, desconectará KM1 hasta que sea rearmado el relé térmico.

6.2.2 Funcionamiento del Circuito de Mando a instalar

Al activarse la señal de pulso SM o el pulsador S2, se realizará la conexión de KM1 (figura 6.9). Al momento de terminado el pulso de activación KM1 seguirá en marcha, porque el contacto de KM1 realimenta a su propia bobina A1 A2.

La parada se realizará mediante SP o S1 y por protección térmica a través de F2.

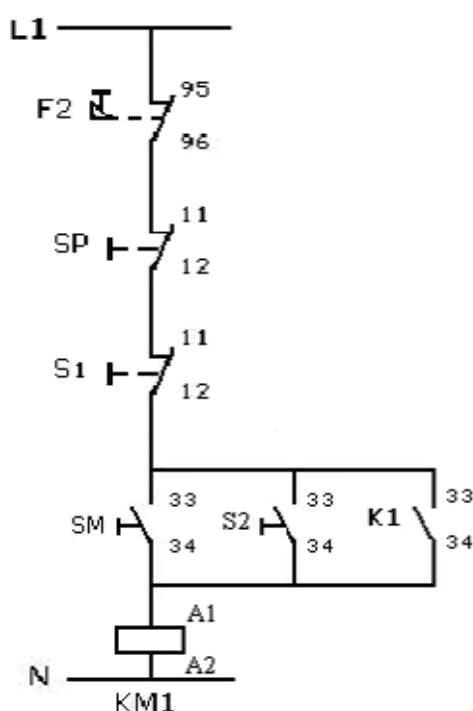


Figura 6.9 Circuito de Mando

Para llevar una señal al PLC que indique si está funcionando el agitador o está detenido, se extraerá una señal desde un contacto auxiliar (normalmente abierto), el cual estará conectado a una fuente de 24V y conectado al módulo del PLC, de manera que al estar funcionando el agitador, el electroimán del contactor mantendrá cerrado este contacto, haciendo llegar una señal de 24V al módulo, de lo contrario se abrirá el contacto y llegará una señal con 0V.

6.2.3 Composición del Circuito de Potencia a instalar

El circuito de potencia está compuesto por:

- Contactor (identificado con la letra K)
- Relé térmico (F2, elemento de protección)
- Interruptor trifásico general (Q).

En la figura 6.10 se muestra el circuito de potencia para el arranque directo del motor trifásico.

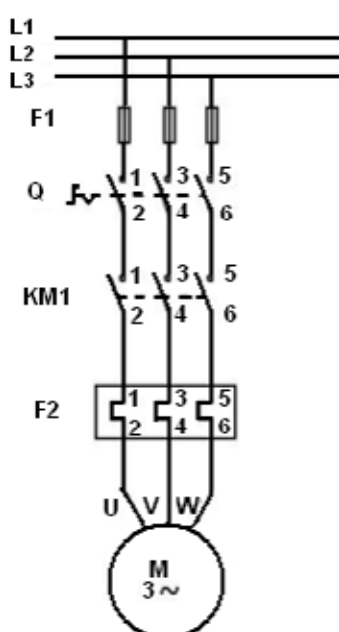


Figura 6.10 Circuito de Potencia

Tanto el circuito de potencia como el circuito de mando son iguales para cada uno de los agitadores de los estanques E3 E5 E6 y E7 (ver Figura 5.1)

La ubicación de los elementos que conforman el circuito de control y de mando, estarán ubicados en un estante ubicado en el sector CCM³, a un lado del sector preparación salsa.

³ CCM Centro de Control de Motores

Elementos que se utilizará para el circuito de control:

Cantidad	Unidad	Descripción
12	C/U	Fusibles 380V y 0.75W
4	C/U	Contactor trifásico
4	C/U	Contactor auxiliar
4	C/U	relee térmico 380V
200	mts	4 x 14 AWG
120	mts	2X18AWG

Tabla 6.3 Elementos para la instalación circuito de mando y de potencia

El diagrama de conexiones entre el contactor y los módulos del PLC se puede observar en el Anexo 12.

6.3 Conexiones de las Válvulas

6.3.1 Conexión de las Electro-válvulas del Circuito de Dosificación aditivos menores y Circuito de Lavado

Como se mencionó anteriormente, el control de la inversión de la posición de la válvula, se efectúa mediante la utilización de electro-válvulas, las cuales son activadas desde el PLC. Para obtener una mayor duración de las Electro - Válvulas, como medida de seguridad, se instalarán dos tableros de protección. La ubicación de estos tableros, será en la parte posterior del sector de preparación salsa, arriba de los estanques de almacenaje de Caolín, estucos y Pre Estuco. Ver figura 6.11

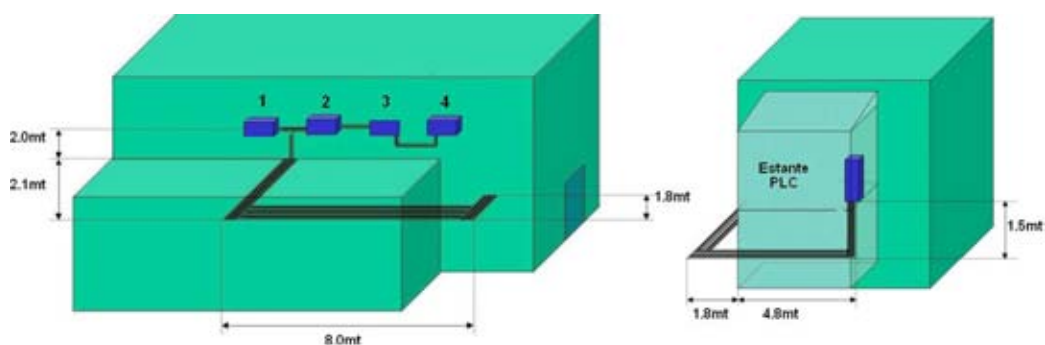


Figura 6.11 Ubicación electro válvulas

Significado de los números de la figura 6.11:

- (1) Caja electro válvula circuito de lavado
- (2) Caja electro válvula circuito aditivos menores
- (3) Ubicación válvula de control aditivo menores
- (4) Ubicación registrador digital de dispositivos de dosificación.

La siguiente tabla muestra los elementos que se utilizarán para la protección de las electro válvulas del circuito de dosificación aditivos menores:

Cantidad	Unidad	Descripción
1	C/U	CAJA DE PVC 700X700X150
10	C/U	ELECTRO VÁLVULA 5/2 CONEXIÓN 1/4 24 VDC
30	C/U	PERNOS 3/16 X 2" CON TUERCA
1	C/U	MACHO 3/16 JUEGO
6	C/U	TARUGO S 10
6	C/U	ROSCA LATA S10
1	C/U	UNIDAD FRL DE 3/8 CON PURGADOR AUTOMÁTICO
100	Mts	TUBO DE PVC DE 1/4
50	C/U	CONECTOR RECTO DE 1/4NPT-1/4TUBO CON FÉRULA
50	C/U	CONECTOR PASAMUROS DE 1/4 CON FÉRULA
2	C/U	CONECTOR RECTO DE 3/8NPT-1/4 TUBO CON FÉRULA
4	C/U	CONECTOR RECTO DE 3/8 NPT-3/8TUBO CON FÉRULA
10	Mts	TUBO DE PVC DE 3/8
1	Mts	RIEL OMEGA
25	C/U	REGLETA DE CONEXIONES DE 4 MM
11	C/U	PG DE 16MM
1	C/U	VÁLVULA MANUAL 3/8 ACERO INOXIDABLE
9	C/U	CONECTOR T DE 1/4 TUBO CON FÉRULA
25	Mts	CABLE DE CONEXIÓN 12X18AWG
10	C/U	FUSIBLES DE 24Vcc
20	Mts	CABLE DE CONEXIÓN 2X18AWG

Tabla 6.4 Elementos de instalación - Caja Electro válvulas aditivos menores

La siguiente tabla muestra los elementos que se utilizarán para la protección de las electro válvulas del circuito de lavado:

Cantidad	Unidad	Descripción
1	C/U	CAJA DE PVC 700X700X150
8	C/U	ELECTRO VÁLVULA 5/2 CONEXIÓN 1/4 24 VDC
24	C/U	PERNOS 3/16 X 2" CON TUERCA
1	C/U	MACHO 3/16 JUEGO
6	C/U	TARUGO S 10
6	C/U	ROSCA LATA S10
1	C/U	UNIDAD FRL DE 3/8 CON PURGADOR AUTOMÁTICO
80	Mts	TUBO DE PVC DE 1/4
40	C/U	CONECTOR RECTO DE 1/4NPT-1/4TUBO CON FÉRULA
40	C/U	CONECTOR PASAMUROS DE 1/4 CON FÉRULA
2	C/U	CONECTOR RECTO DE 3/8NPT-1/4 TUBO CON FÉRULA
4	C/U	CONECTOR RECTO DE 3/8 NPT-3/8TUBO CON FÉRULA
20	Mts	TUBO DE PVC DE 3/8
1	Mts	RIEL OMEGA
25	C/U	REGLETA DE CONEXIONES DE 4 MM
4	C/U	PG DE 16MM
1	C/U	VÁLVULA MANUAL 3/8 ACERO INOXIDABLE
7	C/U	CONECTOR T DE 1/4 TUBO CON FÉRULA
25	Mts	CABLE DE CONEXIÓN 10X18AWG
10	C/U	FUSIBLES DE 0.8A
10	Mts	CABLE DE CONEXIÓN 2X18AWG

Tabla 6.5 Elementos instalación caja electro válvulas circuito lavado

Otra medida de protección, es la utilización de fusibles de 0.8A, a la entrada de las electro válvulas, esto con el propósito de proteger el módulo de salida del PLC en caso que se dañe la bobina de la electro-válvula y la corriente vuelva hacia el módulo.

El diagrama de conexiones entre las electro válvulas y los módulos del PLC, se puede observar en el Anexo 12.

6.3.2 Conexión de los Limit switches

Como se mencionó en el punto 4.2.1.1, el accionamiento del Limit Switches se produce al realizarse el movimiento mecánico del actuador de la válvula, lo cual produce el accionamiento del interruptor de posición.

El Limit Switches seleccionado, consta de dos interruptores, cada uno con un contacto común (C), un contacto normalmente abierto (NO) y un contacto normalmente cerrado (NC).

Las señales que se utilizarán para hacer llegar hacia las entradas digitales del PLC, se extraerán de los respectivos contactos normalmente abiertos (NO), esto con el propósito que se produzca el funcionamiento mostrado en la figura 6.12.

Al momento de producirse la apertura de la válvula, el movimiento mecánico del actuador provocará que el interruptor del contactor A se conecte al contacto NC, produciendo un cambio en la señal de salida. De igual forma, al producirse la apertura total de la válvula, el interruptor del contactor B, se conecta a su respectivo contacto NC, produciendo un cambio en su respectiva señal de salida. El propósito de esto es asegurarse que cuando se accione la apertura o cierre de la válvula, esta acción se haya realizado correctamente, y la forma de comprobar se puede observar a través de la Tabla 6.6, que representa la señales a la entrada del módulo digital del PLC.

Señal A	Señal B	Estado
0 V	0 V	Válvula correctamente cerrada
0 V	24 V	Mal estado de algún interruptor
24 V	0 V	Válvula no se abrió correctamente o no se cerró correctamente
24 V	24 V	Válvula correctamente abierta

Tabla 6.6 Estado de las válvulas de acuerdo a las señales emitidas

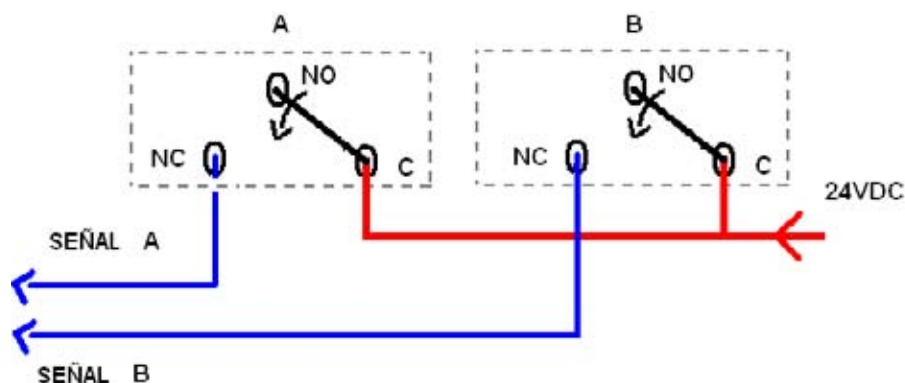


Figura 6.12 Conexión conectores Limit switches

La tensión de 24V se extraerá de la fuente de alimentación de los módulos del PLC, por lo que se tendrá una tierra común con el módulo del PLC. La conexión se realizará con un cable de 3x18 AWG,. Los canales de entrada de las señales se pueden observar en la Tabla 5.5

6.4 Conexión Sistema de Pesaje

Como se mencionó en la sección 5.5.1.4, la forma de realizar el pesaje es a través de celdas de cargas, las cuales están distribuidas en los Dilutores 1 y 2, tal como se observa en la Figura 6.13.

Los cables que van desde las celdas de carga hacia la caja de conexión, son propias de las celdas de carga y están canalizadas en conducto rígido galvanizado.

El cable que va desde la caja de conexiones hacia el módulo análogo del PLC, es un cable blindado de cuatro conductores canalizado en conducto rígido Galvanizado.

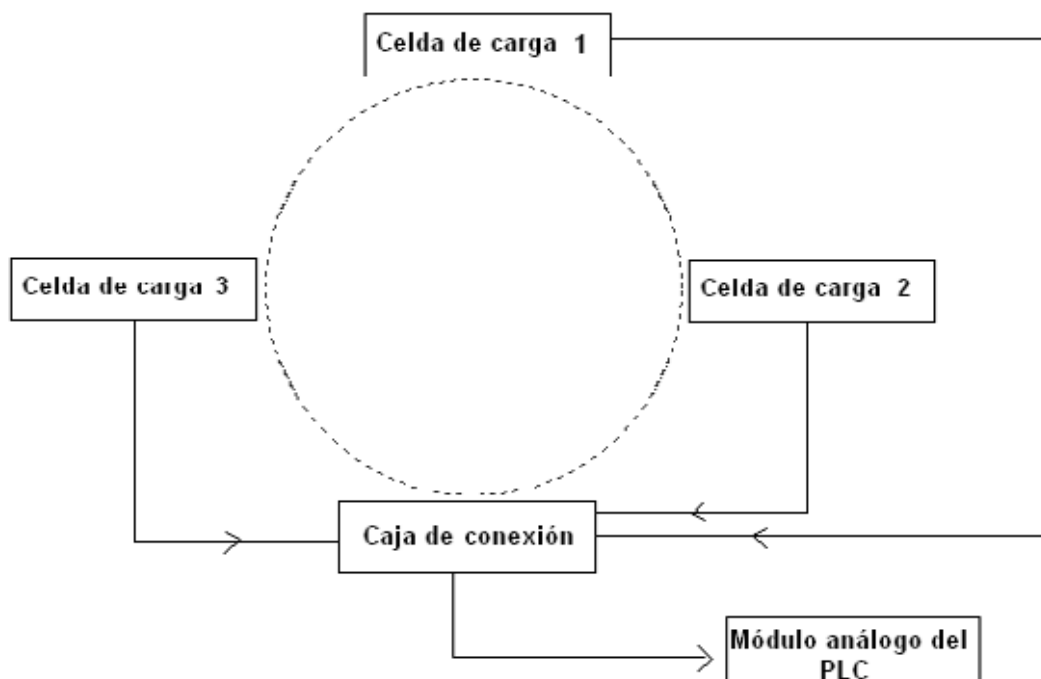


Figura 6.13 Conexión de las celdas de carga

6.5 Conexión de Dispositivo de Dosificación

Para la instalación del medidor marca EMO-EUROMATIC, modelo Lx-BSP-101a, se debe tomar en cuenta el hecho de que su registrador digital modelo 101a, puede ser instalado directamente sobre el medidor o en forma remota para montar en un panel.

Debido a la importancia de este elemento, es que se realizará su instalación en una caja, a un lado del medidor de flujo, de manera de poder protegerlo de golpes que provoquen algún daño en el dispositivo. La ubicación se puede observar en la Figura 6.11.

Teniendo en cuenta que las medidas de este dispositivo son 130mm x 114mm x 71mm (L x H x D), para poder realizar la instalación de la caja de protección para contener los 8 medidores, se necesitarán los siguientes elementos:

Cantidad	Unidad	Descripción
8	C/U	REGISTRADOR DIGITAL MODELO 101 ^a
1	C/U	CAJA DE PVC 500X500X400
32	C/U	PERNOS 3/16 X 2" CON TUERCA
1	C/U	MACHO 3/16 JUEGO
4	C/U	TARUGO S 10
4	C/U	ROSCA LATA S10
1	MTS	RIEL OMEGA
20	C/U	REGLETA DE CONEXIONES DE 4 MM
8	C/U	PG DE 16MM
25	MTS	CABLE DE CONEXIÓN 10X18AWG
8	MTS	CABLE DE CONEXIÓN 2X18AWG

Tabla 6.7 Elementos de instalación caja registrador digital

El diagrama de conexión se puede observar en el Anexo 12

CAPITULO VII

COSTOS DEL PROYECTO

Las siguientes tablas, muestran los costos involucrados en el proyecto. Estos costos consideran los dispositivos de dosificación necesarios para el control automático del proceso.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario (\$) ¹	Total (\$)
Medidor de Flujo Medidor EMO-EUROMATIC (Inglaterra), modelo Lx-BSP-5/8”(3/4”)-101a, S.S. 316, registrador digital 101a para 1 pulso por cada 100cc. Diámetro : ¾” (cuerpo 5/8”) Rango caudal : 5-50 litros/min	8	1.245.800	9.966.400
Válvula de Control Manual Válvula de bola fabricada completamente en acero inoxidable 316, dos cuerpos, asiento de teflón reforzado, conexión HI NPT 1000 psi WOG. Marca Bolateck (Italia) Diámetro 3/4”	16	12.300	196.800

Tabla 7.1 Costos Medidor de Flujo y Válvula de Control Manual

La cotización de la Tabla 7.1, se realizó a la empresa AGUAPUR en Marzo 2 del 2006.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario(\$) ¹	Total (\$)
Agitadores Marca Dhiwoll modelo DWS27 , Eléctrico 0.75 KW, 380 V.	4	636.560	2.546.240
Estanque tipo IBC de 1000 Lts. Con salida en 50 mm y estructura metálica	6	298.500	1.791.000
Estanque de 200 lts. En Polietileno blanco con salida en 50 mm	1	89.400	89.400
Estanque de 600 lts. En Polietileno blanco con salida en 50 mm	1	165.340	165.340

Tabla 7.2 Costos Agitadores y Estanques

La cotización de la Tabla 7.2, se realizó a la empresa LECAROS Y Cia en Marzo 6 del 2006.

¹ Valores netos expresados en pesos chilenos. No incluyen IVA

Equipo	Cantidad	Precio Unitario (\$) ¹	Total (\$)
Válvulas de Control Automático Válvula bola paso total Marca Dixon (Japón), asiento teflón, normalmente cerrada, diámetro : ¾" BSP	18	36.000	648.000
Actuador Neumático Actuador Neumático rotante 90°, simple efecto, tipo On/Off. Accionamiento por doble piñón	18	132.000	2.376.000
Electro válvulas Electro válvulas Solenoide de 24V., corriente continua.	18	79.800	1.436.400

Tabla 7.3 Costos Válvulas de Control Automático, Actuador Neumático y electro válvula

La cotización de la Tabla 7.3, se realizó a la empresa AGUAPUR en junio 20 del 2006.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario (\$) ¹	Total (\$)
Contactores Tri Polares	4	29.150	116.600
RELÉ TÉRMICO 1.6 a 2.5 Amp	4	17.180	68.720
Pulsador golpe de puño c/retención rojo	2	11.234	22.468
Pulsador rasante verde c/soporte	2	11.234	22.468

Tabla 7.4 Costos de Contactores, Relé térmico y Pulsadores

La cotización de la Tabla 7.4, se realizó a la empresa REXEL en junio 16 del 2006.

¹ Valores netos expresados en pesos chilenos. No incluyen IVA

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Total
CPU 315-2DP MPI, 24VDC memoria central 128 KBYTES	1	1.528,457	1.528,457
Modulo de entrada digital MOD. SM 321 32 ED 24 Vcc	1	307,463	307,463
Modulo de entrada digital MOD. SM 321 16ED 24 Vcc	1	152,643	152,643
Modulo de salida digital MOD. SM 322 32 SD 24 Vcc (0,5 A)	1	426,308	426,308
Modulo analógico MOD. SM 331-7PF00-0AB0 de 8 entradas aisladas analógicas	1	551,703	551,703
Fuente de alimentación Refer.6ES7 307-1KA00-0AA0 (10 A)	1	197,214	197,214
Simatic S7 300 Perfil de soporte	1	16,790	16,790
Conector frontal 20 pines	1	20,664	20,664
Conector frontal 40 pines	1	32,164	32,164
		Total (USD)	3.297,743
		Descuento especial	25, 00%
		Total general (USD)	2.473, 307

Tabla 7.5 Costos de equipos Simatic S7

La cotización de la Tabla 7.5, se realizó a la empresa SIEMENS CONCEPCIÓN en Julio 06 del 2006. Los precios cotizados están expresados en Dólares Estadounidenses, cambio según dólar observado por el banco central al momento de emitir la factura, no incluyen IVA.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Total
PG M estándar de 1.6 GHz Pentium M(730) Display 15" XGA(1024x768) 60GB disco duro Incluye los software Step 7 micro win y Win CC	1	4.500	4.500

Tabla 7.6 Costos de PG industrial

La cotización de la Tabla 7.6, se realizó a la empresa SIEMENS CONCEPCIÓN en Julio 06 del 2006. Los precios cotizados están expresados en Dólares Estadounidenses, cambio según dólar observado por el banco central al momento de emitir la factura, no incluyen IVA

CONCLUSIONES

Debido a la existencia de un mercado cada vez más competitivo, donde la globalización obliga a las empresas a satisfacer los estándares de calidad de los productos y de la forma en que éstos se producen, la implementación del sistema de control automático que se propone para la fabricación de las salsas, otorga una ventaja competitiva a la empresa en relación a sus competidores, esto desde el punto de vista de la calidad en la forma de producir las cartulinas.

Dentro de la industria, la incorporación de un sistema de control automático permite resolver satisfactoriamente los inconvenientes del control manual del proceso de elaboración, provocando un aumento de la seguridad en el funcionamiento y haciendo más fácil la fijación de los valores de las variables de proceso, produciendo así una disminución en el margen de error de estas variables respecto a los valores consignados.

En la realización del proyecto, fue clave verificar en detalle cómo se desarrolla cada uno de los procesos, conocer las características de cada uno de los productos involucrados, identificando y estableciendo junto con las personas encargadas de la producción, los requerimientos necesarios para un correcto funcionamiento del proceso.

Una buena elección de los dispositivos de control automático, está basada principalmente en la realización de un estudio completo de las características que deben tener los dispositivos que se utilizarán en el proceso de automatización. Esto, con el propósito de minimizar los errores que se producen en las dosificaciones, y que el dispositivo seleccionado pueda resistir a las características químicas de los productos involucrados, de manera de preservar los dispositivos en buen estado.

Desde el punto de vista de la mantención de los dispositivos que se utilizan en este proyecto, es de gran importancia la implementación del sistema de lavado automático de los contadores de flujo después de la realización de la descarga de cada producto, esto con el propósito de preservar el buen funcionamiento de estos dispositivos tanto por los costos involucrados y por el hecho de que un mal funcionamiento de estos, provocaría grandes pérdidas en la producción, esto debido a los estándares que deben cumplir las cartulinas que se producen en

la empresa y considerando que son las salsas preparadas en este sector las que le entregan la carga mineral y las características de color y brillo deseadas al papel

Considerando la posibilidad de que la solución propuesta falle, se definieron medidas de contingencia las cuales permitirán seguir realizando el trasvasije de los aditivos menores, sin la necesidad de detener la producción. Esto es una herramienta importante, dado los costos involucrados en la producción.

BIBLIOGRAFÍA

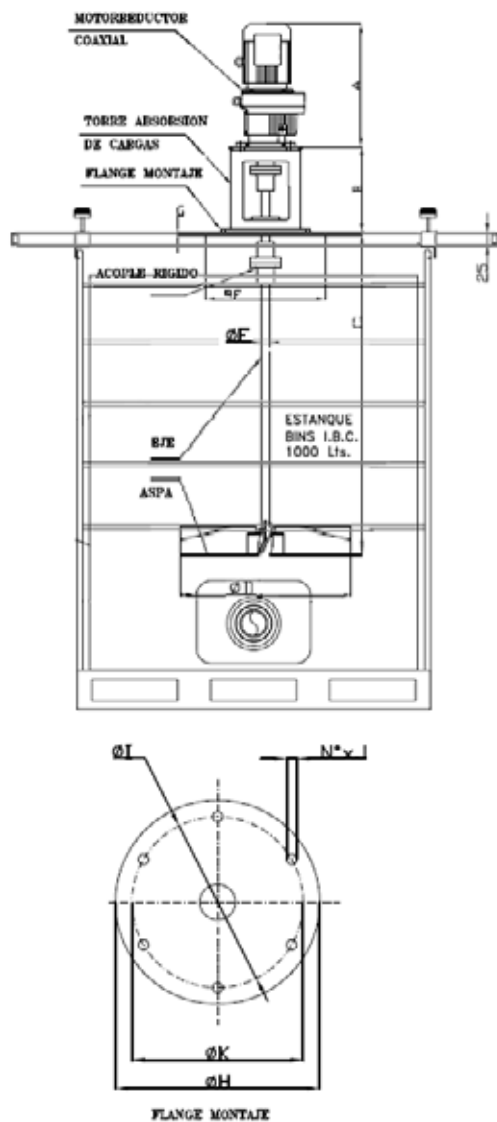
Textos

- [1] Victor L. Streeter; E Benjamín Wylie; Keith W. Bedford, *Mecánica de fluidos* 9ª ed. Mc Graw-Hill/ Interamericana, 2000
- [2] Spartacus Gomariz C; Domingo Biel S; Jos]e Matas A, Miguel Reyes M, *Teoría de control. Diseño Electrónico* Alfaomega Grupo Editor 1999
- [3] José Tajadura Z; Javier Lopez F, *Auto Cad 2004/2005* Mc Graw-Hill/ Interamericana, 2004
- [3] W. Deppert / K.Stoll Dispositivos Neumáticos, Alfaomega Grupo Editor 2004

Sitio Web

- [4] Compañías productoras de químicos BASF <http://www.basf.com>
- [5] Compañías que entrega soluciones tecnológicas <http://www.siemens.com/index.jsp>
- [6] Productos y servicios para la industria <http://www.aguamarket.com/>
- [7] Compañías dedicada a la producción de piping. <http://www.fastpack.cl/>
- [8] Empresas papelera CMPC <http://www.cmpc.cl/index.htm>

ANEXO 1: AGITADOR Y ESTANQUE

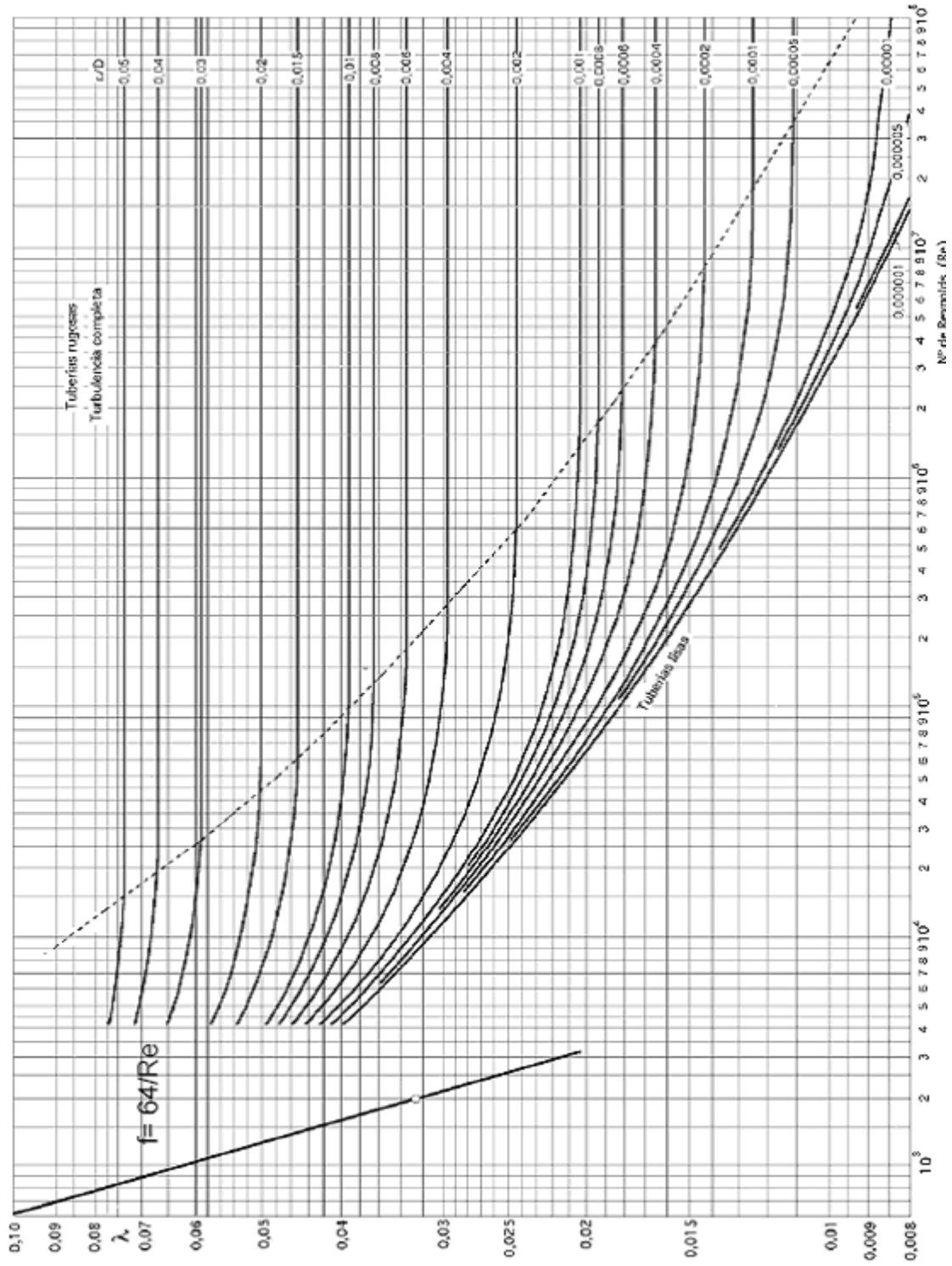


Características Técnicas:

- Equipo diseñado para estanques de volúmenes medios.
- Viscosidades de 0 - 500cps.
- Peso específico 1-1.2 gr. / cm³.
- Disposición vertical.
- Moto reductor eléctrico coaxial.
- Torre de absorción de carga.
- Fácil montaje y puesta en servicio.
- Disponibilidad de accesorios y repuestos.
- Ejes y aspas en acero, inoxidable, al carbono y revestimientos especiales.

Modelo	DWS 20
Potencias	0,37-0,75 (kw)
Velocidad	70-105 (rpm)
Diametro Eje (in)	3/4"
Voltaje	380 (volt)
Volumen	100-1000 (lts)
Flange montaje	
ØH	250 (mm)
ØK	215 (mm)
A min. Max	179-244 (mm)

ANEXO 2: DIAGRAMA DE MOODY



ANEXO 3: MEDIDORES DE FLUJO



Lx Turbine Flowmeters

The Lx range of Turbine Flowmeters meet the demand of most liquid measurement applications.

They basically comprise of three component assemblies, fitted inside a stainless steel body (locked with an internal circlip), which has a magnetic pick up fitted and come in a range of threaded, flanged, wafer (designed The Rotor & Shaft assembly (1 off) which is mounted between journal bearings inside the Rotor Shaft Support assemblies (2 off) is turned by the kinetic energy of the flowing fluid at an angular velocity, which in the linear range of the Flowmeter is proportional to the mean axial velocity of the fluid.

The Rotor blades sweep out the full bore of the meter except for a small tip clearance space. As the blade tips pass the magnetic pick up they initiate a pulse. Flow rate is determined by the frequency of the pulses and Totalised Flow is obtained by summing the pulses.

"101" Totalisers, which sum the pulses automatically and display Flow Rate and Total Flow instantly on the readout, can be mounted on the Turbine or fitted remotely.

GENERAL SPECIFICATIONS

Materials

Body	: 316 Stainless Steel
Rotor Supports	: 316 Stainless Steel
Journal Bearings	: Tungsten Carbide
Thrust Ball	: 316 Stainless Steel
Rotor	: AIN1A Stainless Steel
Rotor Shaft	: Tungsten Carbide



BSP



WAF

Performance

Linearity	: +/- 0.5 % (better than +/- 0.2 % when used with "101" Totaliser)
Repeatability	: +/- 0.1 %
Temperature	: -30°C to +120°C (maximum +350°C with optional High Temperature Pick Up)
Pressure Drop	: 250 mbar at maximum quoted Flow rate

Style

BSP	: BSPP Male Threaded	NPT	: NPT Male Threaded
FL1	: ANSI 150 Flanged	FL2	: ANSI 300 Flanged
FL3	: BS 4504 (DIN) PN16	FL4	: BS 4504 (DIN) PN25
WAF	: Wafer	TRI	: Tri-Clamp



FL1 (with "101" Totaliser)



TRI

Options

HT	: High Temperature Pick Up
IS	: Intrinsically Safe Pick Up
2P	: Second Pick Up fitted

Lx Turbines fitted with the intrinsically safe pick up (IS option) are suitable for Hazardous Installations (Ex ia IIC T4).

BSP & NPT Style**Maximum Pressure : 250 Bar**

Style Size	Connection	Flow Range (litres / min)	Length (mm)
3/8 "	1/2" BSP or NPT	1 – 10	70
1/2 "	1/2" BSP or NPT	2 – 20	70
5/8 "	3/4" BSP or NPT	5 – 50	76
3/4 "	3/4" BSP or NPT	14 – 140	76
1 "	1" BSP or NPT	27 – 270	88
1 1/2 "	1 1/2" BSP or NPT	55 – 550	114
2 "	2 "BSP or NPT	114 – 1140	133

FL1 Style**Maximum Pressure : 19 Bar****FL2 Style****Maximum Pressure : 29 Bar****FL3 Style****Maximum Pressure : 16 Bar****FL4 Style****Maximum Pressure : 25 Bar**

Style Size	Connection	Flow Range (litres / min)	Length (mm)
3/4 "	3/4 FL1 , FL2 , FL3 or FL4	14 – 140	140
1 "	1 " FL1 , FL2 , FL3 or FL4	27 – 270	152
1 1/2 "	1 1/2 FL1 , FL2 , FL3 or FL4	55 – 550	165
2 "	2 " FL1 , FL2 , FL3 or FL4	114 – 1140	165
3 "	3 " FL1 , FL2 , FL3 or FL4	227 – 2270	165
4 "	4 " FL1 , FL2 , FL3 or FL4	454 – 4540	210
6 "	6 " FL1 , FL2 , FL3 or FL4	908 – 9080	240

WAF Style**Maximum Pressure : 100 Bar**

Style Size	Connection	Flow Range (litres / min)	Length (mm)
3/4 "	43 mm R.F. Diameter	14 – 140	50
1 "	52 mm R.F. Diameter	7 – 70	50
1 1/2 "	73 mm R.F. Diameter	14.5 – 145	64
2 "	92 mm R.F. Diameter	30 – 300	76
3 "	127 mm R.F. Diameter	60 – 600	100

TRI Style**Maximum Pressure : 68 Bar**

Style Size	Connection	Flow Range (litres / min)	Length (mm)
3/4 "	1 " Ferrule	3.5 – 35	50
1 "	1 1/2" Ferrule	7 – 70	64
1 1/2 "	2 " Ferrule	14.5 – 145	88
2 "	2 1/2" Ferrule	30 – 300	100

ANEXO 4: COEFICIENTE PARA PERDIDAS EN ACCESORIO

(Saldarriaga Juan 1998)

Accesorio	Km
Válvula de globo completamente abierta	10.0
Válvula en ángulo completamente abierta	5.0
Válvula de cheque completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta totalmente abierta	0.20
Válvula de bola completamente abierta	0.20
Válvula de cono completamente abierta	0.1
Válvula de compuerta con $\frac{3}{4}$ de apertura	1.00-1.15
Válvula de compuerta con $\frac{1}{2}$ de apertura	5.6
Válvula de compuerta con $\frac{1}{4}$ de apertura	24.0
Codo de radio corto (r/d =+-1)	0.90
Codo radio mediano	0.75-0.8
Codo de gran radio (r/d=+-1.5)	0.6
Codo de 45°	0.4-0.42
Retorno (curva en U)	2.2
Te en sentido recto	0.30
Te a través de la salida lateral	1.8
unión	0.3
Ye de 45 en sentido recto	0.3
Ye de 45 en sentido lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.6
Entrada recta acampanada	0.1
Entrada con tuvo reéntrete	0.9
salida	1.0

ANEXO 5: LIMIT SWITCH

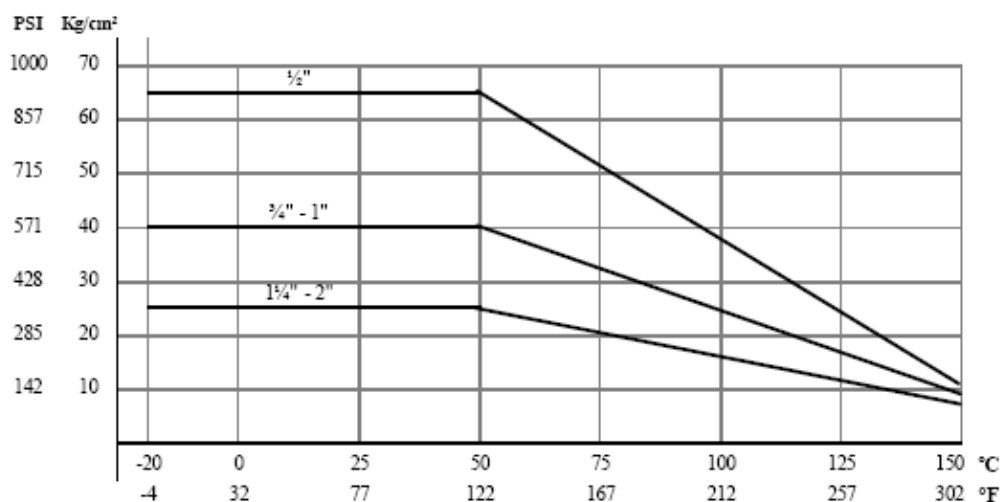
Medidas del montaje	Para los revestimientos 30*80 y 30*180 del reborde
Indicador y rango de switching	Giro de ángulo 0°...90°
Rango de temperatura	-20 °C a +70 °C
Cable	Ø 7-13mm, max2.5mm²
Peso	ca 0.325 kg
Rango de voltaje	4V/DC-250 V/AC
Rango de corriente	1mA- 5A



ANEXO 6: VÁLVULAS DE CONTROL

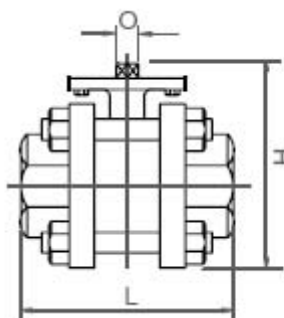
Tipo de válvula	Tres piezas para facilitar intervención en plantas que requieran mantención frecuente.
Fluidos	Aire, gas petroquímicos, medios agresivos
Temperatura de trabajo	-10 ⁰ C 90 ⁰ C
Presión de trabajo	Según diagrama
Angulo de rotación	90 ⁰ +- 3 ⁰
Tipo de montaje	ISO 5211

Diagrama Presión/Temperatura



Dimensiones de la Válvula

Modelo	Hilo de rosca	C (mm)	H (mm)	L (mm)	O (mm)	T (mm)
20S3	3/4"	44	76	75	9	51



Actuador Neumático:

Condiciones de trabajo

Medio de operación aire: comprimido seco

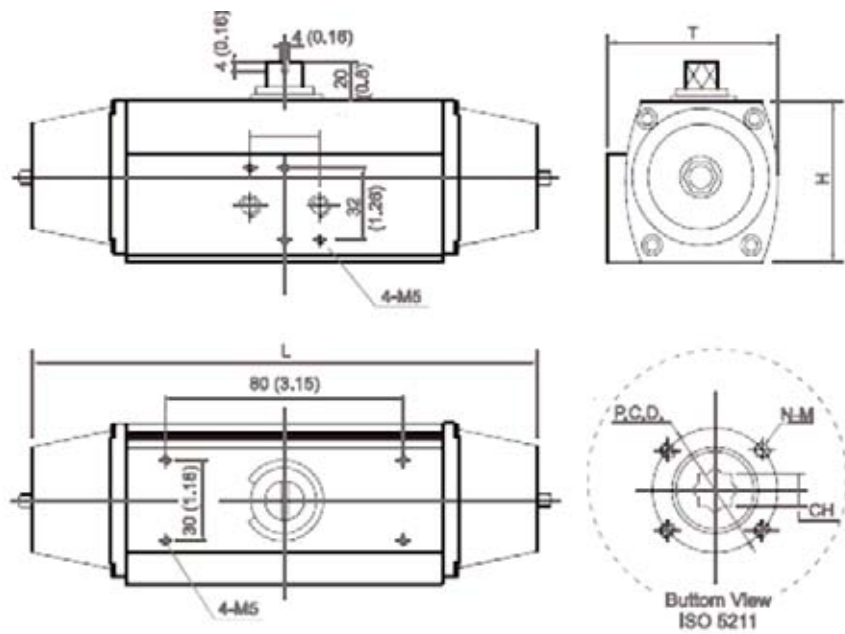
Presión de operación: 4.5 a 7 Kg/Cm²

Temperatura de operación: -10 a 60°C



Dimensiones del Actuador Neumático:

Modelo	L	T (mm)	H (mm)	P.C.D (mm)	N-M (mm)	CH (mm)
AS50	255	69	67	50	M6	11



ANEXO 7: ELECTRO-VÁLVULA

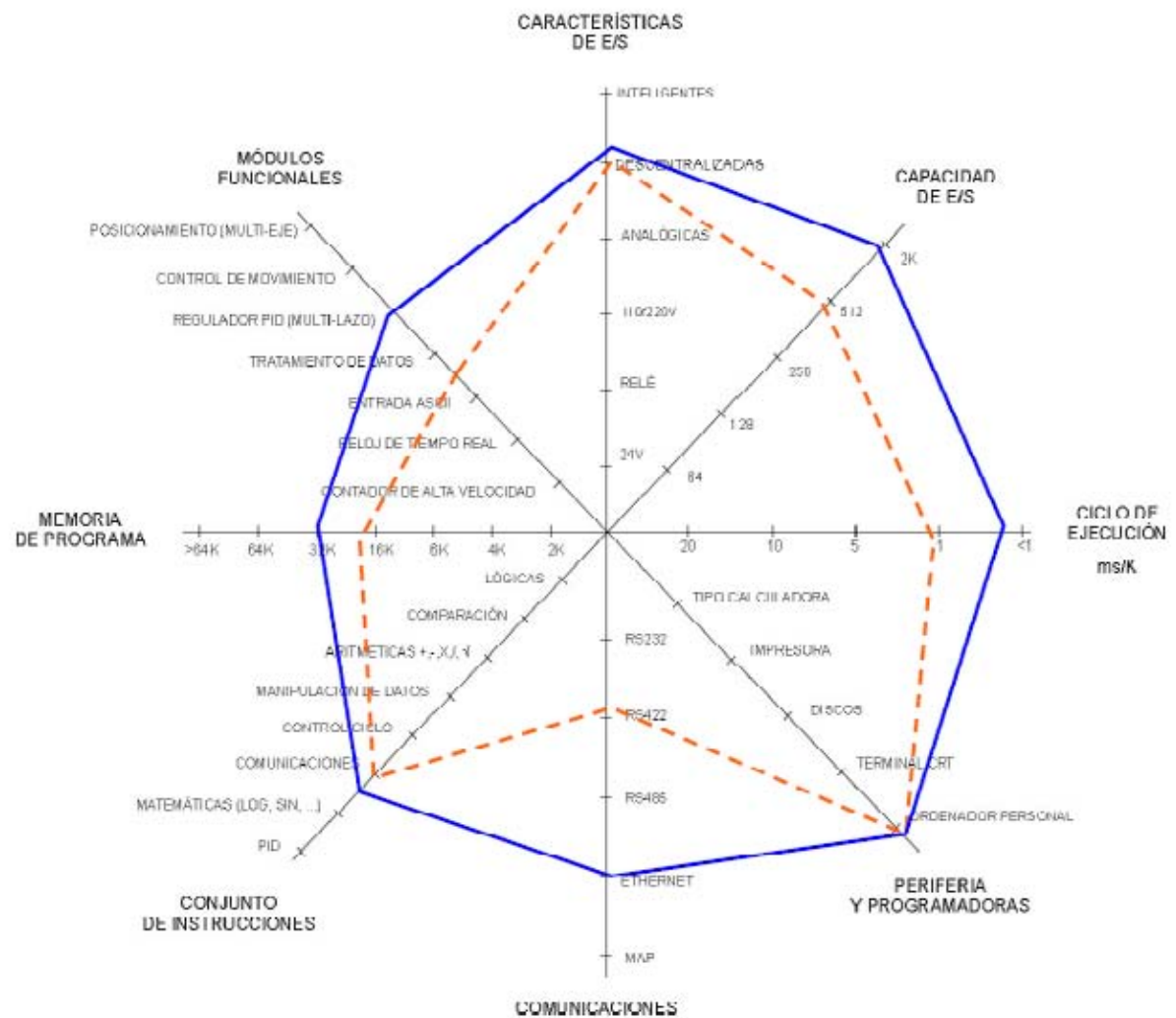
- TIPO Válvula 5/2 actuación neumática eléctrica
- TEMPERATURA DEL FLUIDO -10⁰ a 60⁰ C
- FLUIDO Aire Comprimido filtrado
- PRESIÓN DE TRABAJO 2.5 a 10 bar
- MATERIALES cuerpo de aluminio

Bobinas:

MODELO	CONEXIÓN	VOLTAJE
4M310-08-DC24	1/4"	DC 24V
4M310	1/4"	AC 110V (50/60 Hz)
4M310	1/4"	AC 220V (50/60 Hz)



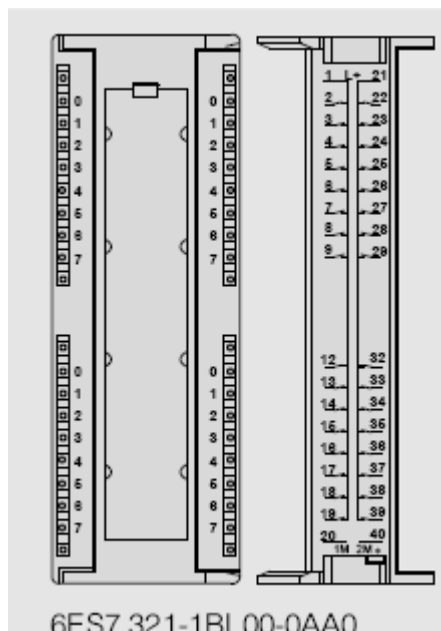
ANEXO 8: DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE UN PLC



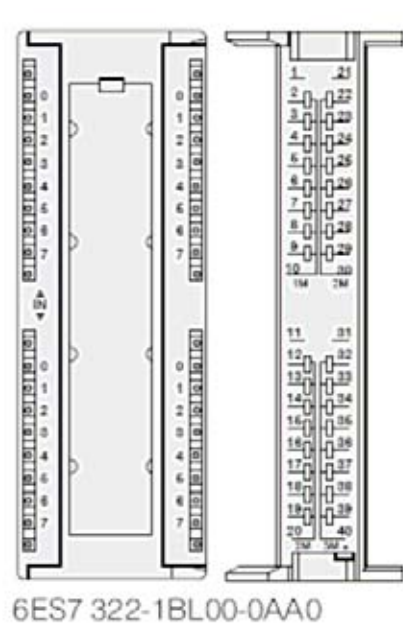
CRITERIO CUANTITATIVO. Fuente: Ricardo Mayo Bayón , Dpto. Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oviedo

ANEXO 9: MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DIGITAL SIMATIC S7 300

Modulo de entrada digital



Modulo de salida digital

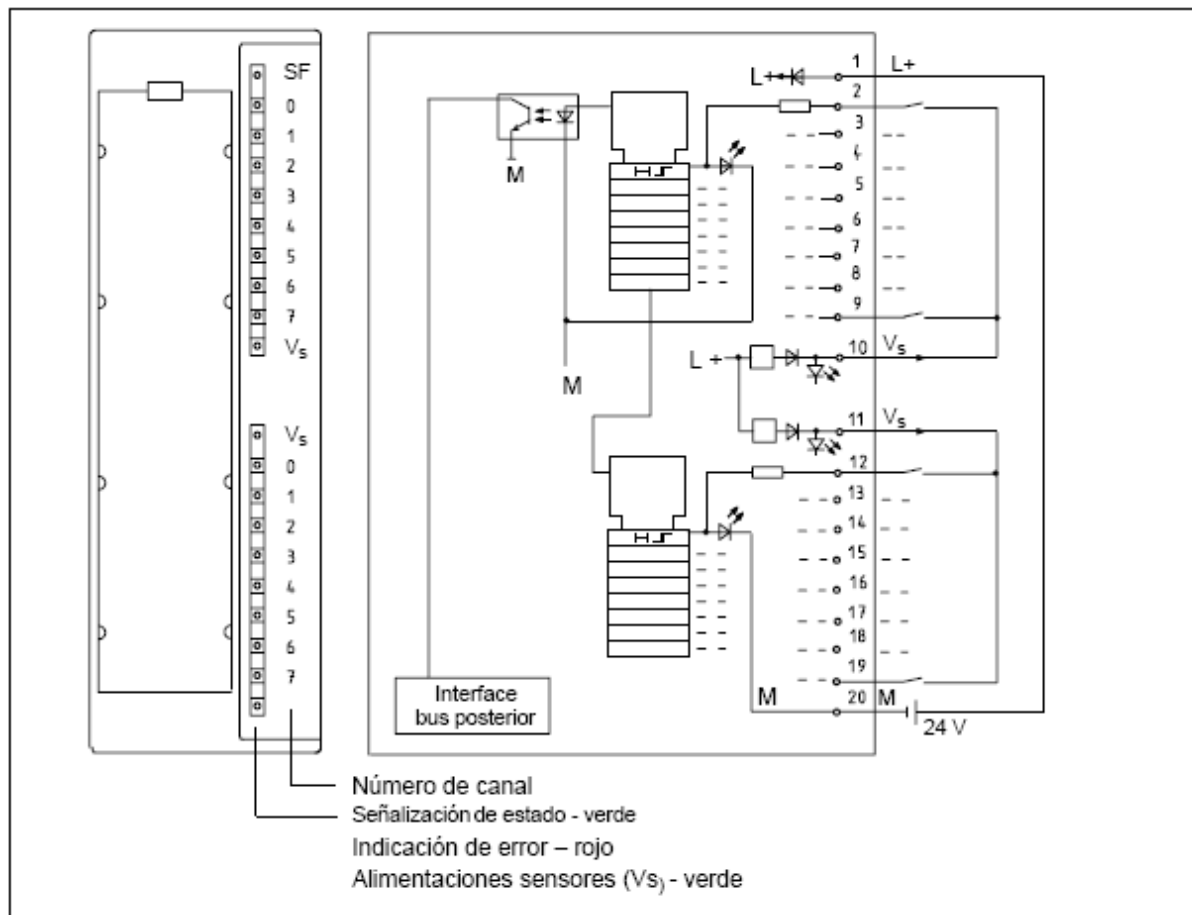


Numero de entradas	32
Voltaje L+L-	24VDC
Rango permitido	20.4 - 20.8VDC
Salida de voltaje	
Para "1"	5 - 30VDC
Para "0"	-3 - 5VDC
Corriente de salida	
Para "1"	7ma
Corriente max. del modulo	1.5mA
Aislamiento	optocoplador
Largo de los cables	
Sin blindaje	600mts
Blindado	1000mts
Dimensiones	40x125x120
Peso	260g
Disipación del módulo	típ. 6,5 W

Numero de entradas	32
Voltaje L+L-	24VDC
Rango permitido	20.4 - 20.8VDC
Salida de voltaje	
Para "1"	L+-0.8V
Corriente de salida	
Para "1"	
En 60° C	0.5 A
Corriente mínima	5mA
Sumando todas las corrientes	2 A
Aislamiento al bus	optocoplador
Largo de los cables	
Sin blindaje	600mts
Blindado	1000mts
Dimensiones	40x125x120
Disipación del módulo	6,6 W

MÓDULOS DE ENTRADA DIGITAL SIMATIC S7

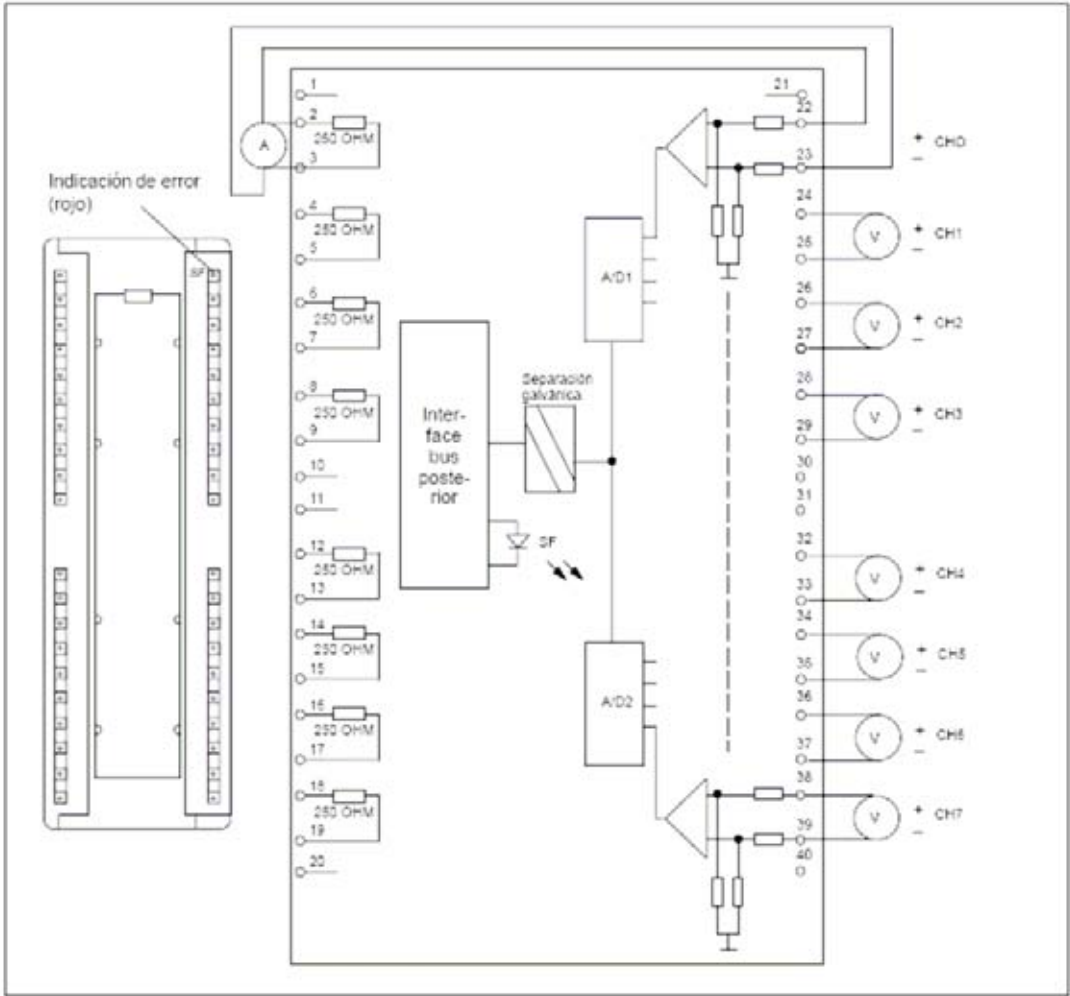
Esquema de conexión:



Dimensiones	Valor	Datos específicos del módulo	Valor
A x A x P Peso	40 x 125x 120(en mm) 200 g	Cantidad de entradas	16
Diferencia de potencial admisible		Longitud de cable	
Entre circuitos diferentes	75 V c.c. / 60 V c.a.	Con pantalla máx. Sin pantalla	1000 m 600 m
Aislamiento ensayado	con 500 V c.c.	Tensión de entrada	
Consumo del bus posterior máx	55 mA	valor nominal para señal "1" para señal "0"	24Vc.c de 13 a 30 V de - 30 a +5 V
Disipación del módulo	4 w	Cantidad de entradas accesibles	
		montaje vertical hasta 40° C montaje horizontal hasta 60° C	16 16

ANEXO 10 MODULO DE ENTRADA ANALÓGICA SIMATIC S7 300

Esquema de conexiones:

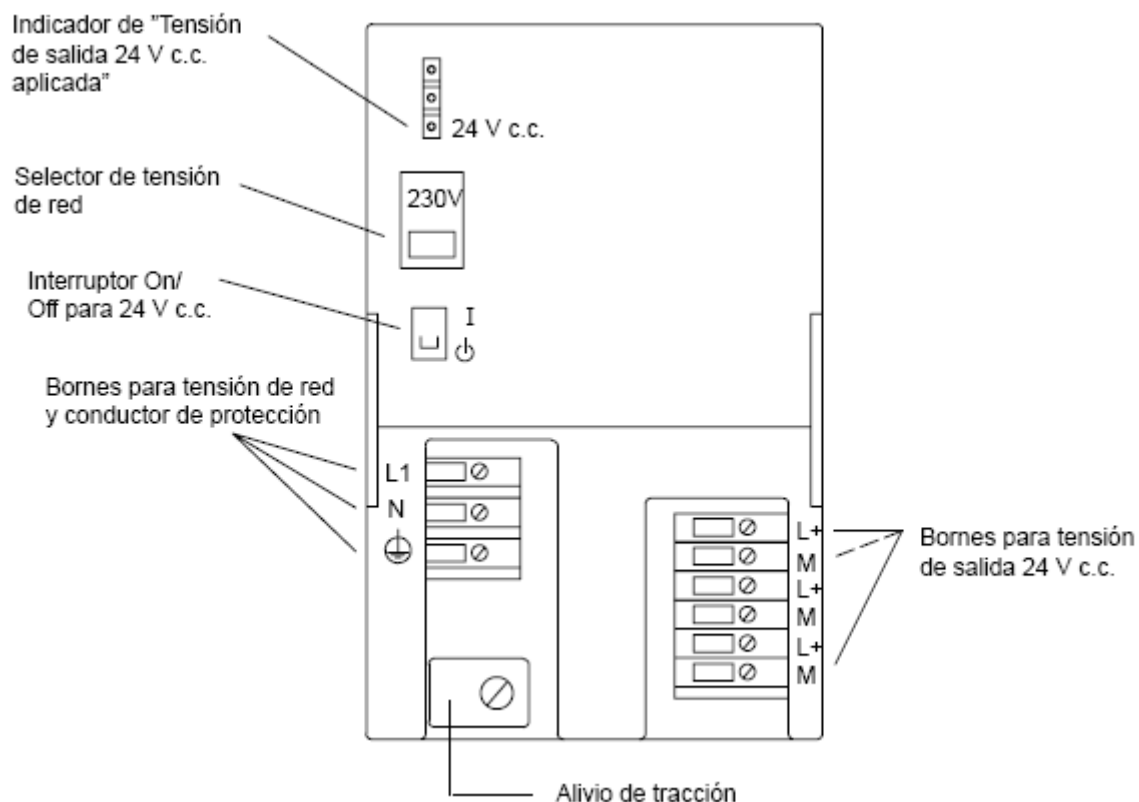


	Valor	Datos específicos del módulo	Valor
Dimensiones			
A x A x P (en mm)	40 x125x 120(en mm)	Cantidad de entradas	8
Peso .	272 g	Longitud de cable Con pantalla máx.	200 m
Diferencia de potencial admisible		Tensiones, intensidades, potenciales	
Aislamiento ensayado con Consumo Del bus posterior máx. Disipación del módulo	500Vcc 130 mA 0,6W	Separación galvánica entre canales y bus posterior	Sí

Formación de valores analógicos	
Principio de medición	por integración
Período de integración/tiempo de conversión/resolución(por canal)	
• parametrizable	sí
• período integración en ms	10 16,7 20 100
• tiempo de conversión básico por grupo de canales si está activado más de un grupo	35 55 65 305
• tiempo de conversión básico por grupo de canales si sólo está activado el grupo 0 ó 1	10 16,7 20 100
• Período de integración por canal (1/fl) en ms	10 16,7 20 100
• resolución (incl. Desbordamiento por exceso)	15 bits + signo
• supresión de tensión perturbadora para frecuencia parásita fl en Hz	100 60 50 10
• tiempo ejecución básico del módulo en ms (todos los canales habilitados)	140 220 260 1220

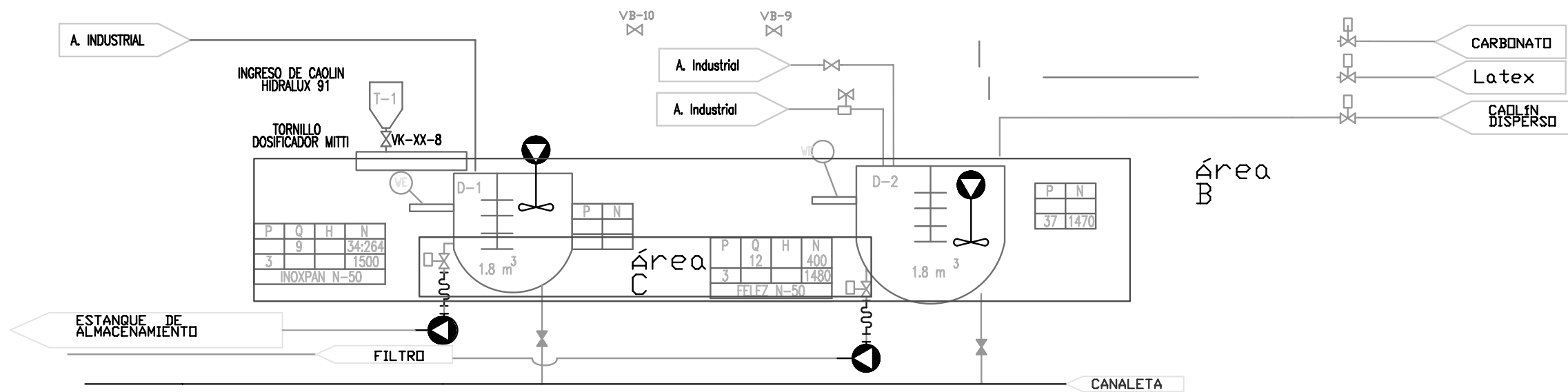
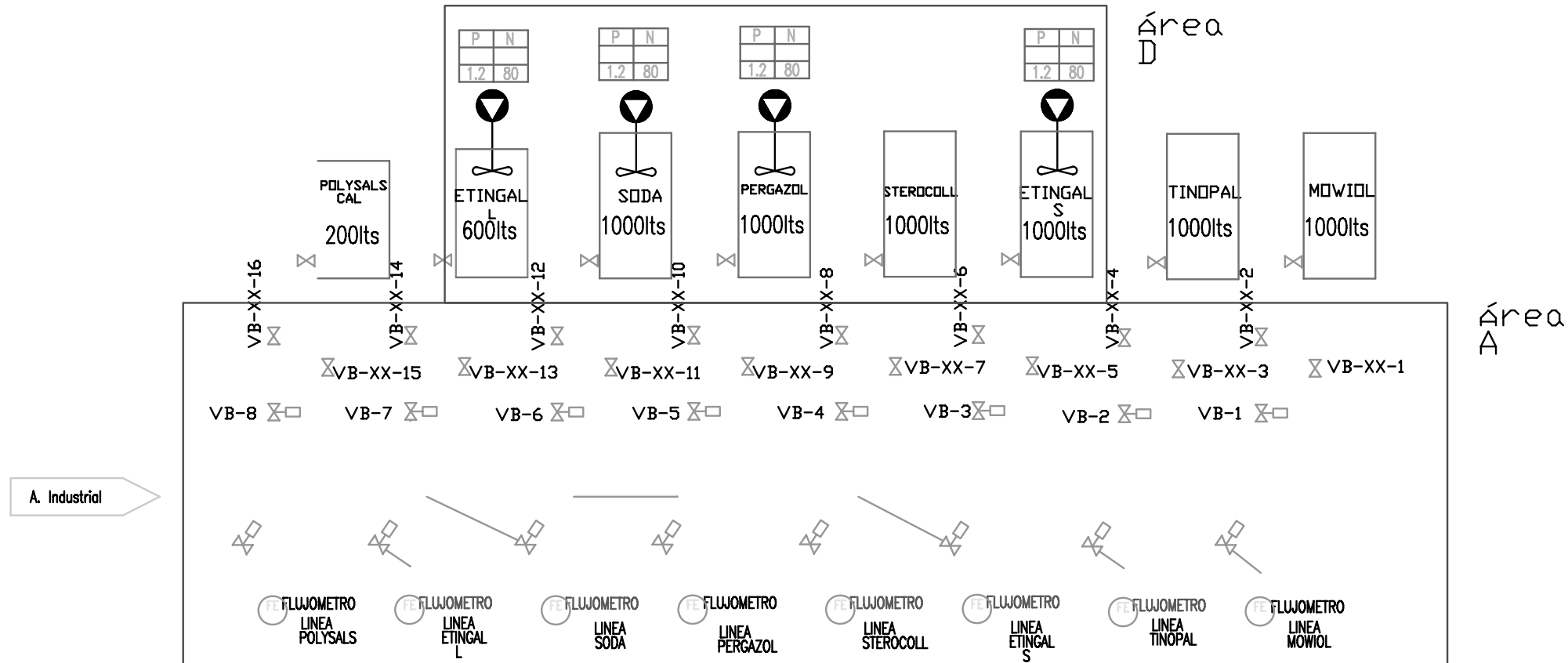
ANEXO 11: FUENTE DE ALIMENTACIÓN PS 307 5 A(6ES7 307-1EAX0-0AA0)

Esquema de conexión:



Dimensiones	Valor	Intensidad de entrada	Valor
A x A x P Peso aprox.	80 x 125 x 120(en mm) 740 g	valor nominal a 120 V valor nominal a 230 V Intensidad al conectar (a 25 ⁰ C) Potencia absorbida Disipación típ	2 A 1 A 45 A 138 W 18 W
Magnitudes de entrada		Magnitudes de salida	
Tensión de entrada valor nominal	120 V/230 Vc.a	Tensión de salida valor nominal margen admisible Tiempo de subida máx.	24 V c.c. 24 V _ 5 % 2,5 s
Frecuencia nominal valor nominal margen admisible	50 Hz ó 60 Hz 47 Hz a 63 Hz	Intensidad de salida valor nominal Rizado residual máx.	10 A 150 mVpp

ANEXO 12: DIAGRAMA DE CONEXIONES



FECHA	22/06/2006
DIBUJADO	FREDY MEDINA B.
NORMA	LIBRE
PAG	1

DIAGRAMA DE CONEXION
ADITIVOS MENORES