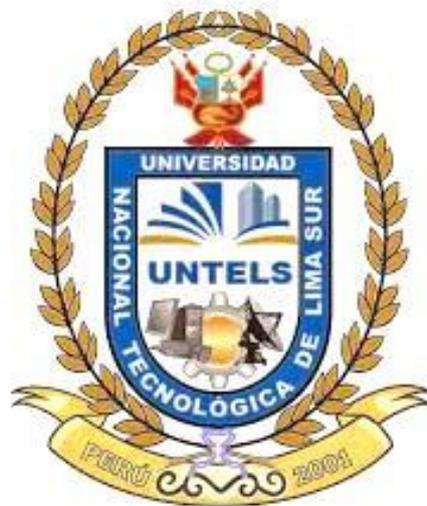


**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE
LIMA SUR**

**INGENIERIA MECANICA ELECTRONICA Y AMBIENTAL
INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**



**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE PTAR INDUSTRIAL AUTOMATIZADO
PARA PLANTAS CERAMICAS**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y
TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
HILARIO JEFFERSON PEREZ BARRETO**

LIMA-PERÚ

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

«Año de la consolidación del Mar de Grau»

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL

**ACTA FINAL DEL EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

En Villa El Salvador siendo las... 16:30 del jueves, 10 de marzo de 2016, se reunieron en el Salón de Grados los Miembros del Jurado Evaluador del Examen de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente : Mg. Carlos La Rosa Longobardi CIP N° 055254
Secretario : Dr. Elmer Córdova Zapata CIP N° 97004
Vocal : Ing. Edgard Oporto Díaz CIP N° 106881

Nombrados según RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL N° 107-2016-CO-P-FIMEA, de fecha 08 de marzo de 2016

Concluida la Sustentación del Tema de Actualidad se procede a registrar la nota obtenida en el Examen de Conocimientos Profesionales y la nota obtenida en la Sustentación del Tema Especifico de Actualidad, para obtener el Promedio Final del Examen de Suficiencia.

BACHILLER EVALUADO (A): **PÉREZ BARRETO, HILARIO JEFFERSON**

NOTA DEL EXAMEN DE CONOCIMIENTOS PROFESIONALES	NOTA DE SUSTENTACIÓN DEL TEMA ESPECIFICO DE ACTUALIDAD	PROMEDIO	CONDICION	EQUIVALENTE
<u>13</u>	<u>15</u>	<u>14</u>	<u>Aprobado</u>	<u>Bueno</u>

SECRETARIO


ELMER JAVIER CORDOVA ZAPATA
INGENIERO MECATRONICO
Reg CIP N° 97004

PRESIDENTE


CARLOS JACINTO LA ROSA LONGOBARDI
INGENIERO ELECTRONICO
Reg. CIP N° 055254

VOCAL


EDGARD OPORTO DIAZ
INGENIERO ELECTRONICO
Reg. CIP N° 106881

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo no hubiera sido realizado sin el apoyo de magnificas personas que han sido parte de mi formación profesionales tanto estudiantil como laboral.

Inicio esta lista dando el agradecimiento al técnico Juan Carlos Aragón por haberme guiado en procesos medioambientales automatizados tales como Ptar's y tratamientos de osmosis inverso brindándome información de calidad y veraz para poder ser tratada.

A su vez agradezco al Ing. Vidal Paz por el apoyo brindado y permitirme formarme como profesional y adquirir nuevos conocimientos que me han permitido ser más sólido, gracias por sus observaciones que han ayudado a mejorar el desarrollo del trabajo.

Y sin dejar atrás lo más grande que Dios me ha dado, agradezco a mi familia tanto a mis padres como hermanos por guiarme y apoyarme para no rendirme y seguir creciendo dentro de este proceso extenso.

Gracias a todos.

ÍNDICE

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 ESPACIAL	4
1.3.2 TEMPORAL	4
1.3.3 TEORICO	4
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.5 OBJETIVO	5
2.- MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES	6
2.2 BASES TEÓRICAS	8
2.3 MARCO CONCEPTUAL	42
3.- DESCRIPCIÓN DE SISTEMA PROTOTIPO	50
3.1 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO	50
3.2 HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACION PARA INFRAESTRUCTURA PROTOTIPO	56
3.3 DISEÑO PROTOTIPO DE AUTOMATIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES CERAMICAS	79
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	96

INDICE DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 01 Captadores y accionadores de una instalación	11
FIGURA 02 Variadores, contactores	12
FIGURA 03 Finales de carrera	12
FIGURA 04 Detectores inductivos	13
FIGURA 05 Sensor ultrasónico	13
FIGURA 06 Presostato	13
FIGURA 07 panel HMI	14
FIGURA 08 Autómata programable	14
FIGURA 09 Terminales de visualización y ordenadores de control de procesos	15
FIGURA 10 Parte de mando y parte de operativa	19
FIGURA 11 Instalación industrial automatizada	20
FIGURA 12 Armario con autómata programable y elementos auxiliares	21
FIGURA 13 Función de detección	22
FIGURA 14 Función de mando	22
FIGURA 15 Terminal de explotación y dialogo	23
FIGURA 16 Programación de autómatas en lenguaje grafcet	23
FIGURA 17 Micro Autómata PLC	24
FIGURA 18 PLC S7 1200	25
FIGURA 19 Principio ultrasónico	29

FIGURA 20	Sensores utilizados para Líquidos	30
FIGURA 21	Campo eléctrico resultante con jaula de Faraday	31
FIGURA 22	Grafico (valores escalados)	48
FIGURA 23	Agua residual de planta cerámica	51
FIGURA 24	Agua residual de planta cerámica con proceso de Sedimentación química	52
FIGURA 25	Agua tratada por proceso químico de sedimentación	53
FIGURA 26	Agua clarificada resultante del test de jarras	53
FIGURA 27	Descripción simatic S7 -1200	59
FIGURA 28	Módulos de entradas digitales	60
FIGURA 29	Módulos de entradas analógicas	61
FIGURA 30	Variador Yaskawa	62
FIGURA 31	Fuente de alimentación estabilizada	64
FIGURA 32	Contactador principal con bobina 24Vdc	66
FIGURA 33	Panel HMI simatic KTP600 color de 6"	68
FIGURA 34	Electroválvula 5/2 vías	69
FIGURA 35	Válvula neumática tipo mariposa	69
FIGURA 36	Válvula tipo solenoide bobina 200VAC	70
FIGURA 37	bomba dosificadora electrónica	71
FIGURA 38	Bomba diafragma neumática	72
FIGURA 39	Moto reductor de 1.1KW	72
FIGURA 40	sensor ultrasónico VEGASON	73
FIGURA 41	Sensor PH	75

FIGURA 42 Presostato para Presión de aire	76
FIGURA 43 Flotador metálico con contacto NO/NC	76
FIGURA 44 Filtros Prensas	78
FIGURA 45 Diagrama de flujo para programación – PART1	88
FIGURA 46 Diagrama de flujo para programación – PART2	89
FIGURA 47 Diagrama de flujo para programación – PART3	90
FIGURA 48 Escalamiento – conversión de señal de ingreso	91
FIGURA 49 Introducción de funciones – PART1	91
FIGURA 50 Introducción de funciones – PART2	92
FIGURA 51 Bloque de función escalamiento generado	92

INDICE DE TABLAS

	pág.
TABLA 01 Poder coagulante relativo de distinto reactivo	38
TABLA 02 Características de algunos reactivos coagulantes	39
TABLA 03 Aplicación de carbón activado	41
TABLA 04 Determinación de número de bits para E/S analógicas	48
TABLA 05 Determinación de dosis coagulante	51
TABLA 06 Determinación de dosis floculante	52
TABLA 07 Características de S7-1200	59
TABLA 08 Modelo de módulo de E/S digitales	60
TABLA 09 Modelo de módulo de E/S analógicas	61
TABLA 10 Modelo de fuentes de alimentación estabilizadas	64
TABLA 11 Especificaciones del micro relé	65
TABLA 12 Modelo de contactores Siemens	66
TABLA 13 Paneles básicos	67
TABLA 14 Tabla de entradas, salidas y temporales usados para el Escalamiento	92

ÍNDICE DE PLANOS

	pág.
PLANO 01 PTAR industrial para planta cerámica	55
PLANO 02 Distribución de equipos, instrumentos y tableros en planta	79
PLANO 03 P&ID de distribución electro-neumática	80
PLANO 4.1 Distribución mecánica de componentes para tablero de control	81
PLANO 4.2 Conexionado de entradas digitales en plc	81
PLANO 4.3 Conexionado de salidas digitales en plc	82
PLANO 4.4 Conexionado de salidas digitales en plc	82
PLANO 4.5 Conexionado de modulo analógico	83
PLANO 5.1 Distribución mecánica de componentes en tablero para variador	84
PLANO 5.2 Conexionado de variador para agitador tanque sedimentador	85
PLANO 5.3 Conexionado de variador para agitador tanque Superpac	86
PLANO 5.4 Conexionado de variador para agitador tanque MT - 4285	87

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se denomina “Propuesta de aplicación de PTAR industrial automatizado para planta de cerámico”, para optar el título de Ingeniero electrónico y Telecomunicaciones presentado por el alumno Hilario Jefferson Pérez Barreto

En el trabajo se presenta una solución al desecho de aguas industriales que generan un gran impacto ambiental y que en la actualidad muy pocas empresas industriales toman en cuenta. Lo que se quiere dar a conocer es la solución a este problema realizando trabajos de tratamientos y así reutilizar este tipo de aguas cargadas.

La aplicación de este tratamiento implica el uso de la automatización (plc, instrumentación, electrónica, neumática y electricidad) para trabajos coordinados dentro de la planta y así llevar una programación sincronizada de los eventos que ayude a mejorar la calidad del agua y pueda ser usada dentro de otros procesos dentro de la planta de cerámico.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema; el segundo, el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto en sí.

Pérez Barreto Hilario Jefferson

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina al uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, *Agua para todos, agua para la vida* (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzará los 1.170 km³ / año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ / año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina. Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles. Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo.

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más

escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye de la planificación la tercera pata del progreso, la protección del Medio Ambiente. El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El agua es tanto un derecho como responsabilidad que debe tomar una industria independientemente del rubro al que se dedique. Centrándonos dentro del contexto de una industria cerámica la cantidad de litros agua utilizadas son en grandes proporciones, nada comparables a la cantidad de agua que consume una vecindad completa valga el ejemplo. Sin duda el reusó del agua realizando procesos de tratamientos industriales es de mucha importancia para el progreso y desarrollo sostenible. Es por ello que como propuesta de proyecto se ha tomado a una de las grandes industrias como es las cerámicas esto con la finalidad de apliquen métodos de reusó para cuidar el medio ambiente, factores económicos y eficiencia de la materia en planta teniendo en cuenta dos zonas de trabajos para los tratamientos respectivos que son:

-planta de preparación de esmalte/engobe

- zona de esmaltado línea de producción

Independizando estas aguas industriales cerámicas de las aguas domesticas que puedes ser tratada en otros puntos.

La finalidad de contribuir con esta propuesta es brindar la herramienta que pueda ser útil a la industria cerámica y pues así aporte con el uso adecuado de

sus aguas residuales para que no sean vertidas y sean parte del porcentaje de la contaminación, para ello se ha planteado lo siguiente:

Realizar tratamiento del agua industrial cerámico mediante el método de coagulación/floculación que nos brindara:

- agua menos dura, turbia y mejoramiento de pH. Esta agua más clara se le dará el reusó en los lavados de molinos, tanques y agua contraincendios que tanta agua potable se utilizan.

- recuperación de pasta cerámica generada por el engobe y esmalte, utilizada para trabajos de cerámica artesanal (generación de platos, vasos, cerámicos, etc.).

Entendiendo estos puntos pues el reciclaje del agua y la pasta cerámica reducirán el costo de contaminación y serán parte nuevamente de un proceso realizando el uso más eficiente.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Espacial: Direcccionado a plantas industriales cerámicas.

1.3.2 Temporal: Comprende el periodo DICIEMBRE 2014 a FEBRERO 2015

1.3.3 Teórica: Desarrollar los conocimientos necesarios sobre los diferentes procesos de tratamientos de aguas residuales industriales para diseñar un prototipo de planta automatizada que realice el proceso de recuperación teniendo en cuenta los parámetros de proceso a elegir.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar un sistema automático para una planta de tratamiento de aguas residuales para una industria cerámica?

1.5 OBJETIVO

Se podrá realizar el control para automatizar una planta para tratamientos de aguas residuales (PTAR) dentro de la industria cerámica para aguas provenientes del engobe y esmalte.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

A lo largo de la investigación, se encontraron muy pocos proyectos de tratamientos de aguas residuales automatizadas pero de las pocas encontradas, entre ellas están:

*Noé Saludes y Raquel Ramos (2006), **Universidad Politécnica de Cataluña**, “Diseño de una planta piloto de tratamiento de aguas automatizada”.* En este proyecto se ha realizado el estudio, el diseño y la implementación de una planta piloto de tratamiento de aguas automatizada. El motivo de la realización de esta planta es poder utilizarla como herramienta didáctica para la realización de prácticas de laboratorio de alumnos de esta escuela y para la integración en ensayos de varios proyectos de investigación realizados por la UPC.

El proyecto se ha realizado teniendo en cuenta las peticiones y las necesidades del que se ha considerado nuestro cliente, que a su vez es la persona encargada de coordinar la financiación del mismo y la responsable del futuro uso de la instalación.

Partiendo del diseño realizado y de las necesidades que nos ha planteado el cliente, se ha tomado la decisión de la compra de todos y cada uno de los

componentes de la planta y además se ha montado y realizado su puesta en marcha.

La planta piloto está diseñada para realizar dos procesos de tratamiento de agua: ultrafiltración y osmosis inversa. El funcionamiento del circuito hidráulico está completamente automatizado y se controla mediante un PLC y un cuadro eléctrico de control desde el cual el usuario maneja las funciones de la planta. Además la planta está diseñada para la toma de medidas de procesos de tratamiento de agua típicas como presión, caudal, nivel o conductividad. También se ha preparado el diseño para la futura implementación de un sistema de supervisión SCADA y para la transmisión de los datos recogidos en los ensayos de la planta a la intranet de la UPC mediante un servidor OPC para compartir su uso con proyectos de investigación de otras escuelas.

*Ramón Enrique Espinoza Paz (2010), **Universidad de Piura**, “planta de tratamiento de aguas residuales San Juan de Miraflores”.* en esta tesis el objetivo fue diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales, que reemplace a las lagunas de estabilización existentes, utilizando el área disponible actual, para su posterior reuso en el distrito de Villa El Salvador, permitiendo así reducir la contaminación por desagües del océano Pacífico en la bahía de Miraflores y mejorar la salud de la población. Se encontraron puntos importantes como:

- Diagnóstico y evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento actual, por lagunas de estabilización.
- Comparación de alternativas de tratamiento para mejoramiento del sistema actual.
- Selección de la alternativa adecuada desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.
- Diseño de la alternativa seleccionada, explicando el dimensionamiento de las instalaciones propuestas y la calidad del efluente a lograr según normas locales.

A pesar de no encontrar información de automatización dentro de la tesis se encontró información valiosa con respecto a los procesos de tratamientos de aguas residuales Haciendo entender muchos términos.

2.2 BASES TEÓRICAS

En este capítulo se brindará la información necesaria para entender la propuesta planteada que involucra utilizar tratamientos de aguas residuales de la mano de la automatización. Aunque no se puede abarcar todos los temas, se enunciará los temas más importantes, con las debidas consideraciones de diseño dando a conocer las aplicaciones en las que se pueden utilizar, los componentes necesarios y las finalidades del mismo.

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

En la industria actual, la mayor parte de los procesos de fabricación son automatizados. En los sistemas automatizados la decisión la inteligencia que realiza las acciones de fabricación, no la realiza el ser humano. La inteligencia del proceso está contenida en la unidad de control o mando del sistema de fabricación.

La realización tecnológica de esa inteligencia ha adoptado diferentes formas o implementaciones a lo largo de la historia industrial. Desde automatismos puramente mecánicos hasta autómatas programables actuales.

En el momento actual se puede afirmar que la mayoría de los procesos automatizados están controlados por autómatas programables y en menor medida por ordenadores de control de proceso y reguladores industriales.

La combinación de la inteligencia de los autómatas programables con los accionadores industriales, así como el desarrollo de captadores y accionadores cada día más especializados, permite que se automatice un mayor número de procesos, liberando al ser humano tanto de tareas de gran complicación intelectual como de realizar esfuerzos sustituidos por accionadores electromecánicos, neumáticos, etc.

En los últimos años el mercado de los productos de automatización cambia y se incrementa continuamente tanto en sus gamas de productos como en nuevos elementos para implantar y configurar instalaciones automatizadas.

La potencia de los autómatas programables ha aumentado considerablemente dejando de ser unos “lentos elementos de control que solo pueden sustituir a los cuadros de contactores” a ejecutar complicadas aplicaciones de control con un tiempo de computo mínimo y con una alta fiabilidad. En las gamas de autómatas se han ido incorporando toda una gama de nuevos módulos par funciones especiales como el control de ejes, el pesaje, la comunicación...

Esto no solo ha sido posible con el desarrollo de la unidad de control, sino que se han invertido grandes esfuerzos de investigaciones en campos como son las redes de comunicación industrial, los buses de campo, los buses de célula, los identificadores de productos, etc.

Para automatizar el proceso el sistema deberá disponer de una serie de captadores y accionadores. Los captadores permitirán detectar el estado y situación de las carrocerías y los accionadores permitirán el desplazamiento.

Los elementos que componen una instalación automatizada son:

- MAQUINAS

Donde se realizan los procesos, los traslados, las transformaciones de los productos...

- ACCIONADORES

Están acoplados a máquinas para realizar movimientos, calentamientos, son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos.

- Accionadores eléctricos

Utilizan como fuente la energía eléctrica y toman muy diferentes formas como son: válvula eléctrica, motores eléctricos de velocidad variable, motor de velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabeza de soldadura, cabeza de corte por láser. Los motores eléctricos son adecuados para movimientos angulares y en el control de velocidad de ejes.

- Accionadores neumáticos

Utilizan como fuente de energía el aire comprimido. El aire comprimido se obtiene por medio de un grupo compresor, y luego se distribuye por la fábrica a las maquinas que lo utilicen. Los accionadores neumáticos son principalmente cilindros. Son adecuados para aplicarlos en movimientos lineales cortos que se producen, por ejemplo en operaciones de transferencia, ensamblaje, aprietes, marcados.

- Accionadores hidráulicos

Solo se utilizan cuando los esfuerzos a desarrollar son muy importantes (prensas de corte...) o cuando velocidades lentas deben ser controladas con precisión.

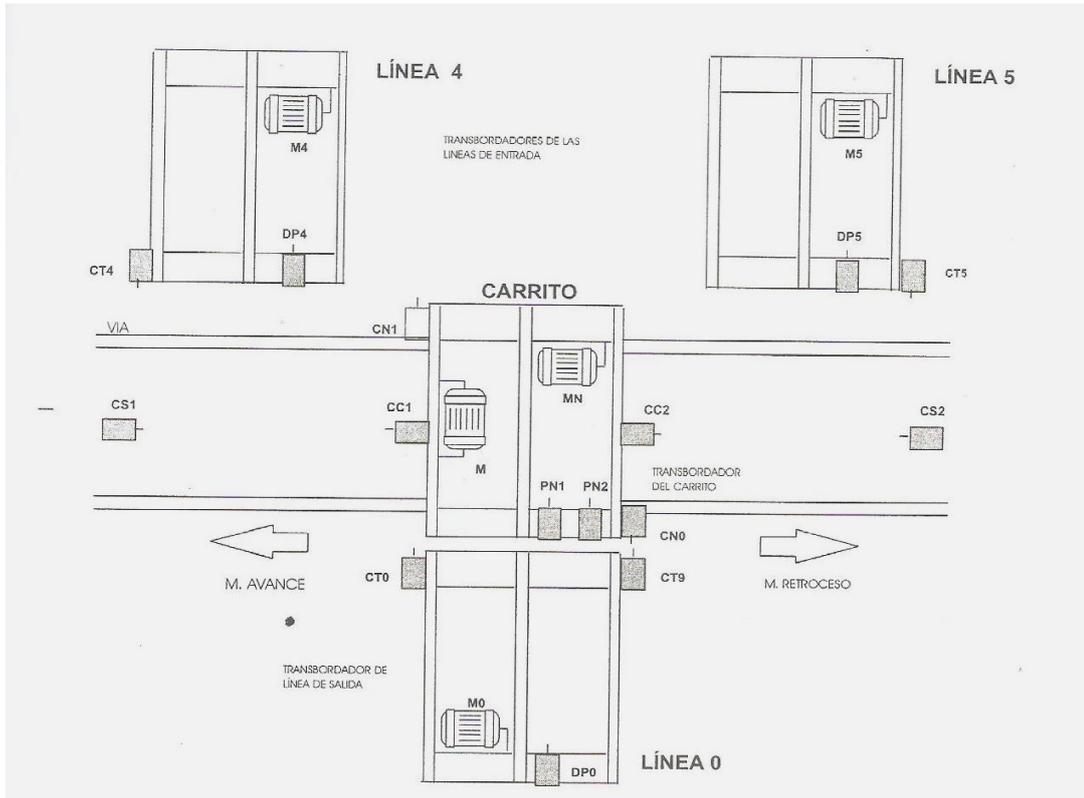


FIGURA 01 captadores y accionadores de una instalación

- PRE-ACCIONADORES

Para comandar y activar los accionadores. Son contactores, Variadores de velocidad, electroválvulas...;

- Preaccionadores eléctricos

Contadores, arrancadores y variadores de velocidad.

- Preaccionadores neumáticos

Son los distribuidores asociados a los cilindros. Reciben una señal neumática o una señal eléctrica como mando.



FIGURA 02 variadores, contactores, etc.

- CAPTADORES

Son elementos que informan al órgano de mando del estado del sistema o de los eventos que sucedan en él. Los captadores captan las señales necesarias para conocer el estado del proceso y decidir su desarrollo futuro. Detectan posición, presión, temperatura, caudal, velocidad, nivel, aceleración, etc.

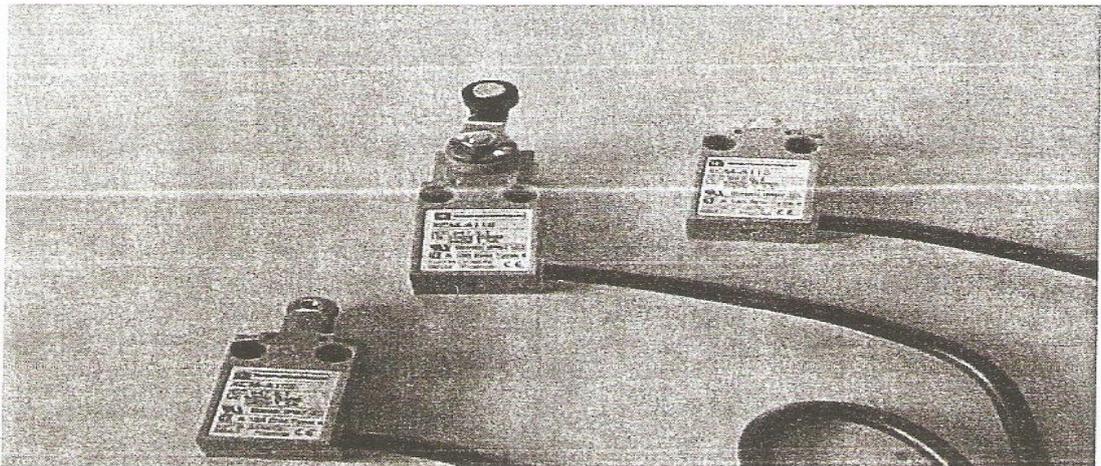


FIGURA 03 finales de carrera

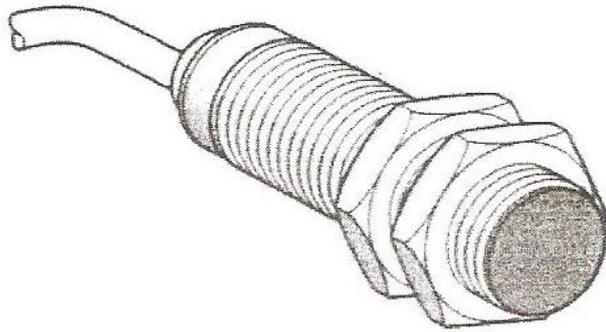


FIGURA04 detectores inductivos



FIGURA05 sensor ultrasónico



FIGURA06 presostato

ELEMENTOS DE DIALOGO HUMANO – MAQUINA

Permiten el dialogo entre el operador y la unidad de control. Están implantados en el pupitre de la maquina: pilotos, pulsadores, teclados, visualizadores, panel, etc.

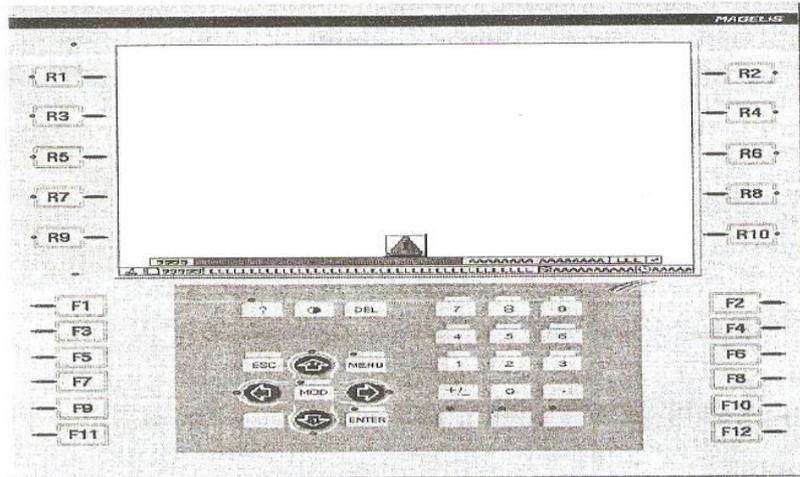


Figura 07 panel HMI

ELEMENTO DE MANDO

Son los elementos de cálculo y control que comandan el proceso. Han tenido un desarrollo espectacular en las dos últimas décadas, Permitiendo controles más avanzados y flexibles sin requerir instalaciones complejas. Suelen ser autómatas programables u ordenadores de control industrial.

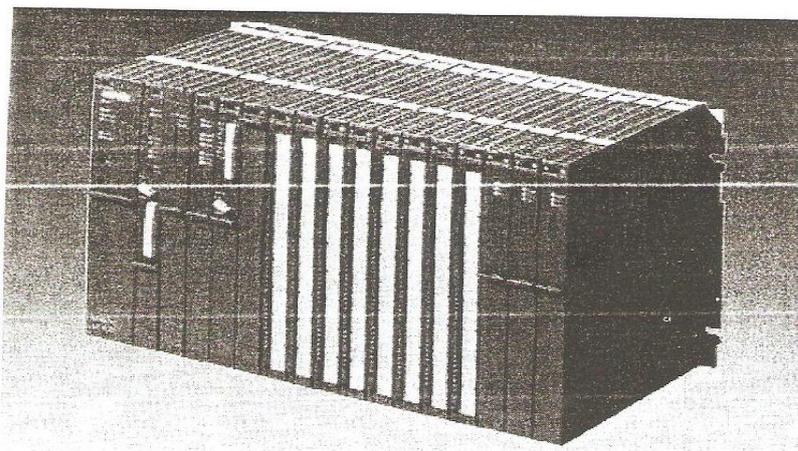


FIGURA08 autómata programable

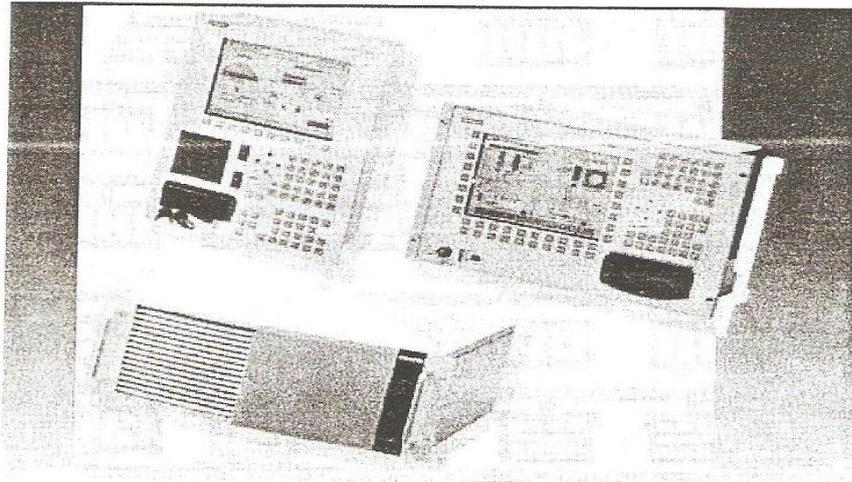


FIGURA 09 terminales de visualización y ordenadores de control de procesos

REALIZACION TECNOLOGICA DEL CONTROL

TECNOLOGÍAS CABLEADAS

Las primeras tecnologías disponibles para implementar controladores de sistemas de eventos discretos, se basaban en la aplicación de tecnologías cableadas, lo que se denominaba automatismos cableados. Se utilizaban principalmente tecnologías neumáticas y electromecánicas.

La tecnología neumática adquiere especial relevancia en la implementación cableada de automatismos, además cuenta con la ventaja de que es homogénea con numerosas máquinas de producción equipadas con cilindros neumáticos. Se debe resaltar que, aunque sea una tecnología cableada, el mando neumático utiliza secuenciadores moduladores que suprimen una parte del cableado. En la actualidad en muchas maquinas neumáticas industriales el sistema de control que sigue en activo está integrado por circuito neumáticos. Los nuevos productos desarrollados incorporan como sistema de mando en el caso de algunas máquinas pequeñas, circuitos de relés electromagnéticos, pero la mayoría esta comandada por autómatas programables.

Los relés electromagnéticos disponen de contactos accionados por una ovina electromagnética. La puesta en tensión de la bobina hace que los contactos conmuten debido a la fuerza electromagnética creada. Los relés

Electromagnéticos pueden efectuar conmutaciones de grandes corrientes. Continúan siendo interesantes para automatismos sencillos. Aunque ha sido prácticamente sustituidos por autómatas programables, se siguen utilizando alrededor de ellos en particular para realizar los circuitos de seguridad.

En las instalaciones de las fábricas de automóviles se instalaban grandes armarios en paralelo con las líneas de producción. Dentro de estos armarios se construía mediante circuitos de relés electromagnéticos la inteligencia que controlaba el proceso de fabricación. Esta tecnología funcionaba y por supuesto se fabricaban coches pero también poseía una gran problemática.

- La tecnología cableada no era muy adecuada para implementar sistemas de control complejos
- Los elementos que la forman eran electromecánicos (en el caso de los relés), lo cual implica un número no ilimitado de maniobras (rompen) y la necesidad de implantar logísticas de mantenimiento preventivo.
- Ofrecían una gran dificultad para la búsqueda de averías (un cable que no hace contacto sigue estando visualmente junto al tornillo). Para facilitar la localización de averías se instalaban contactores y relés que señalizaran los fallos.
- A veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.
- Cuando se cambiaba el proceso de producción cambiaba también el sistema de control

Los tiempos de parada ante cualquier avería eran apreciables. Si saltaba una parada de emergencia, se tenía que reiniciar manualmente el sistema, dado que se perdía el estado de la producción.

Estas tecnologías se usaban en el tratamiento y toma de decisiones del sistema automatizado. En la actualidad el tratamiento y el control lo ejercen los autómatas programables y ordenadores industriales, habiendo reemplazado en gran cantidad de aplicaciones al cableado.

Sin embargo, la acción directa sobre las maquinas sigue siendo efectuada mediante elementos de tecnología cableada. Los contactores eléctricos dan alimentación a los accionadores eléctricos tales como motores, resistencias de calentamiento... Los relés eléctricos siguen siendo utilizados en las salidas digitales relevando al autómata en potencia.

LOGICA PROGRAMABLE CON PLC

Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. *Programmable Logic Controller* o Controlador lógico programable.

Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales

Los PLC sirven para realizar automatismos, se puede ingresar un programa en su disco de almacenamiento, y con un microprocesador integrado, corre el programa, se tiene que saber que hay infinidad de tipos de PLC. Los cuales tienen diferentes propiedades, que ayudan a facilitar ciertas tareas para las cuales se los diseñan. Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación.

Un PLC es un equipo comúnmente utilizado en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. Además cumplen la importante función de programación, pudiendo introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Una forma clásica de abordar el estudio de los sistemas automatizados es la división en parte de mando y parte operativa.

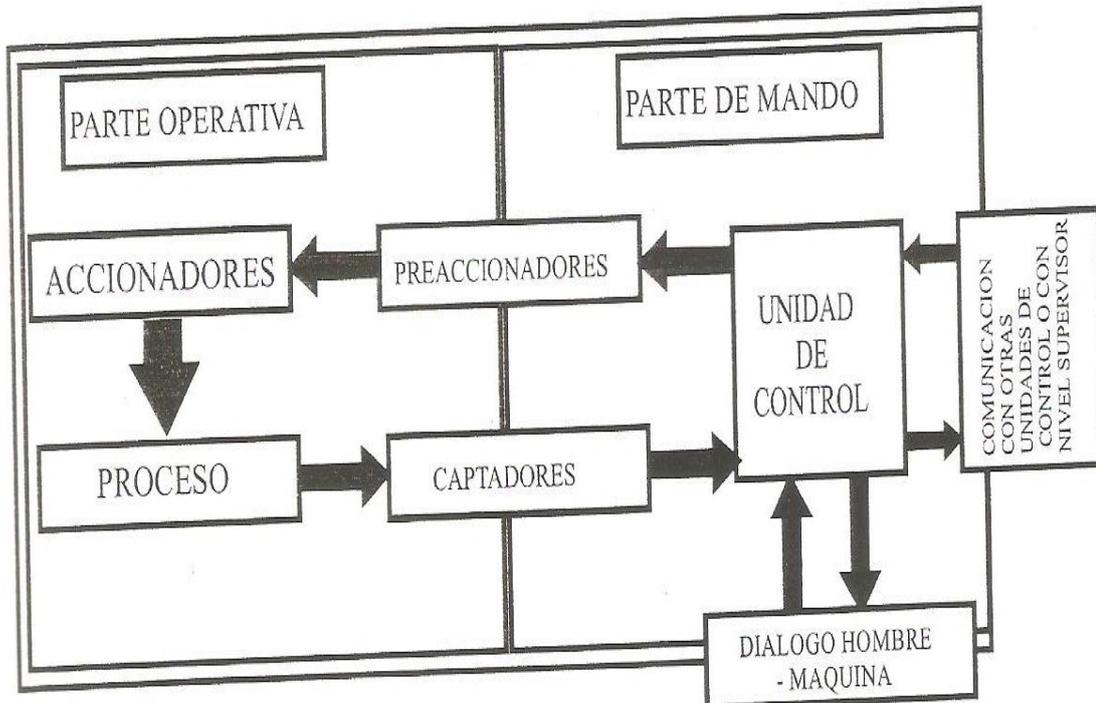


FIGURA 10 parte de mando y parte operativa

- La parte operática es la parte que actúa directamente sobre la maquina. Son los elementos que hacen que la maquina se mueva y realice la operación. Forman parte de ella accionadores de las maquinas como son motores de corriente continua, motores de corriente alterna, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos, compresores, bombas...
- La parte de mando suele ser un autómeta programable. En un sistema de fabricación automatizado está el autómeta programable en el centro del sistema. El autómeta programable debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

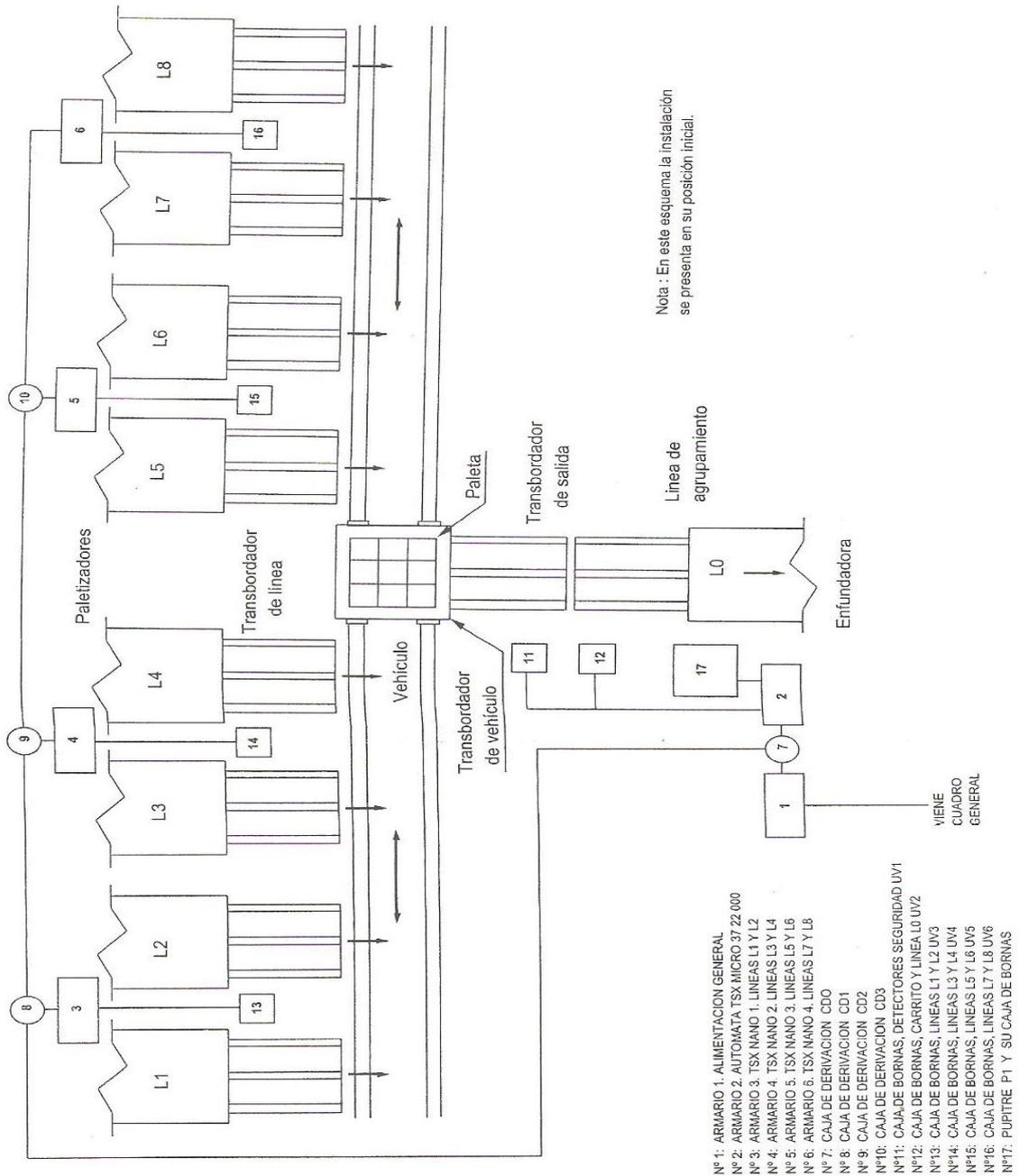


FIGURA 11 instalación industrial automatizada

El autómatas elabora las acciones a realizar sobre el sistema de fabricación en base al programa que ha sido introducido en su memoria, en base a las señales de los captadores, y en base a las órdenes que provengan del operador. El autómatas dialoga con el operario, recibiendo consignas y suministrando informaciones. Puede coordinarse con otros procesos comunicándose con los demás autómatas de la línea de producción o con un nivel superior de supervisión.

No es posible automatizar todos los procesos. Las razones o causas pueden ser varias, aunque las más comunes son:

- Es muy caro desarrollar las máquinas o los robots necesarios para la automatización
- No existen captadores fiables del proceso que se desea automatizar. Un ejemplo puede ser la automatización inteligente de lavadoras. ¿Existe un captador de suciedad fiable? ¿a que llamamos suciedad?
- Es más barato que lo realice un ser humano

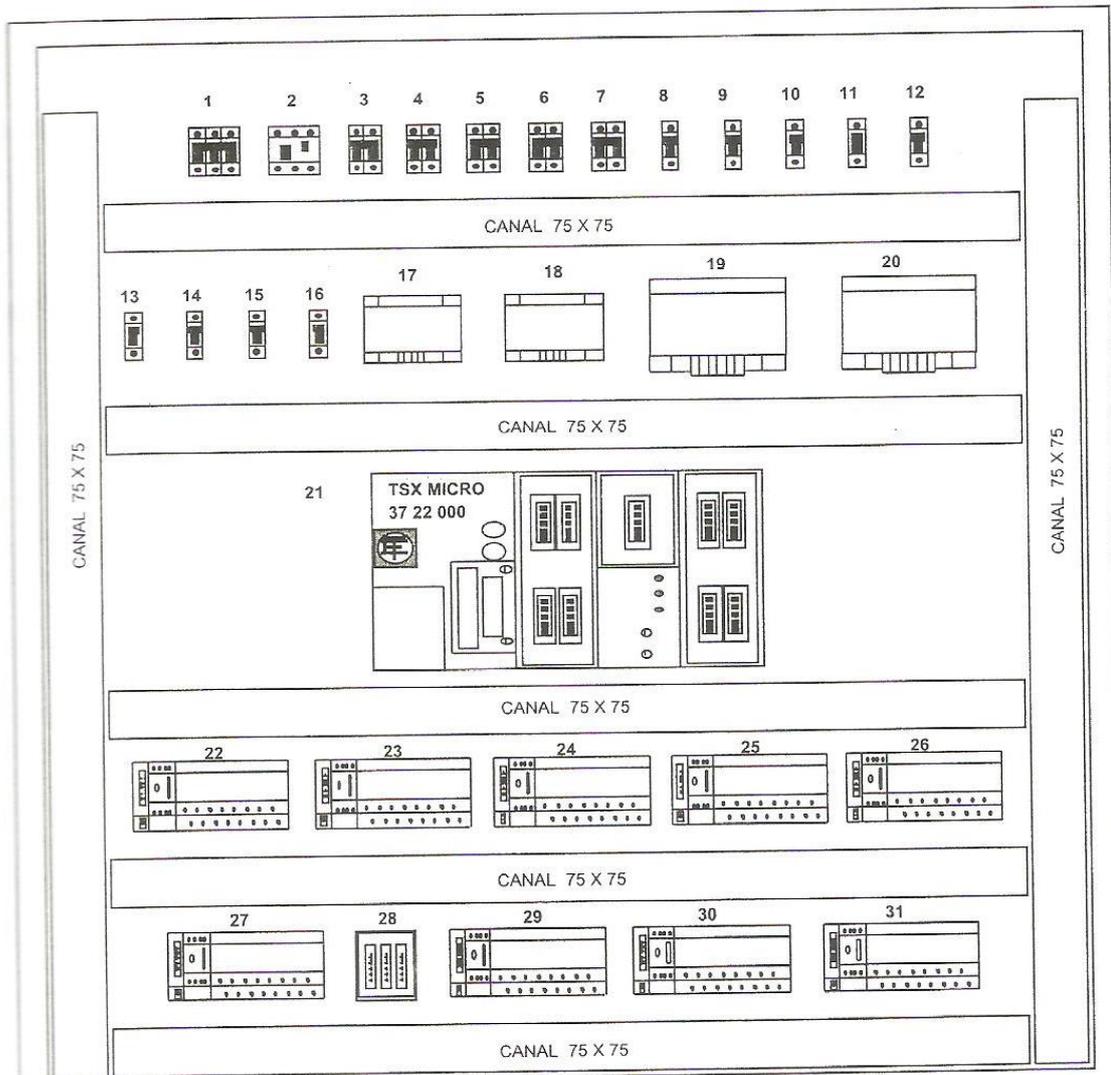


FIGURA 12 Armario con autómata programable y elementos auxiliares

FUNCIONES BASICAS DEL AUTOMATA PROGRAMABLE

- Detección

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

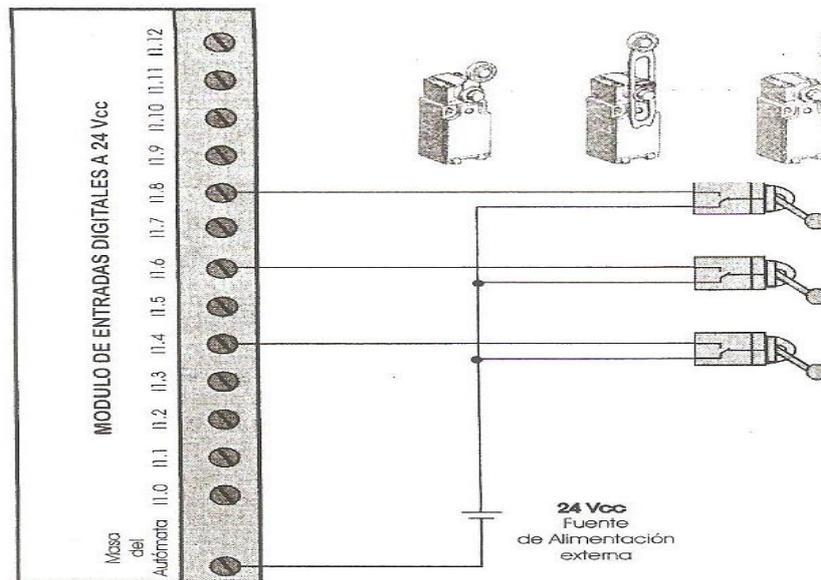


FIGURA 13 funciones de detección

- Mando

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los preaccionadores y accionadores

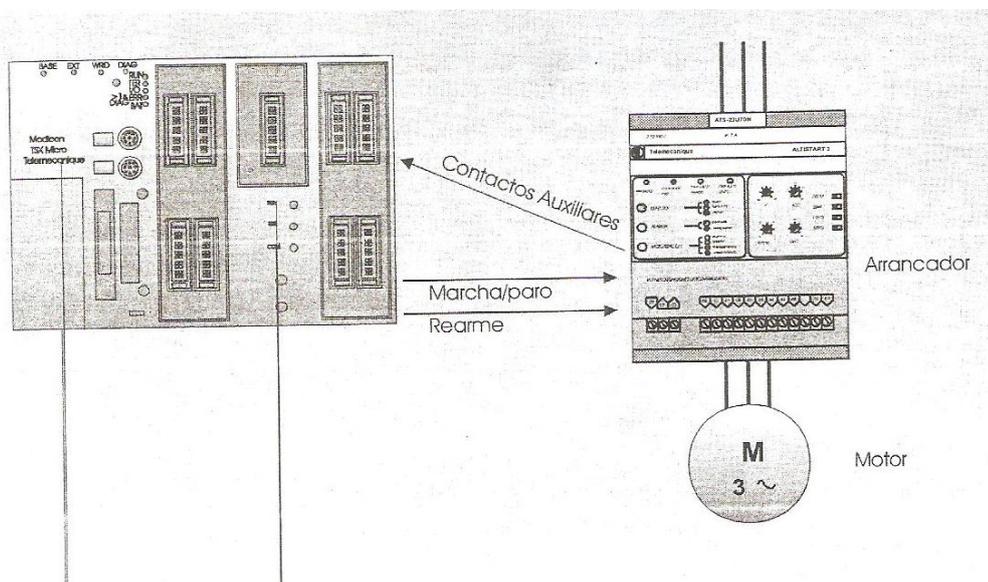


FIGURA14 función mando

- Dialogo humano – maquina

Mantener un dialogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informarles del estado del proceso.

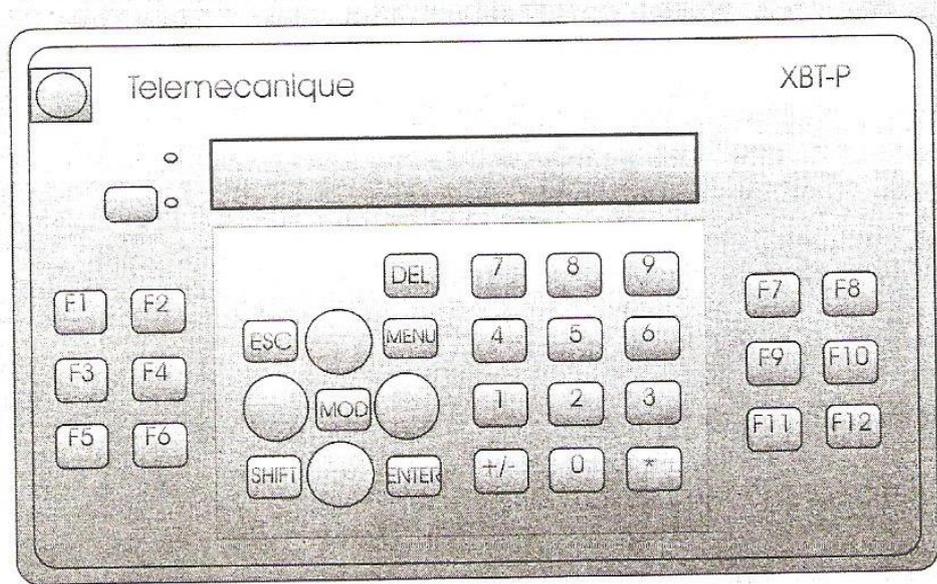


FIGURA15 terminal de explotación y dialogo

- programación

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

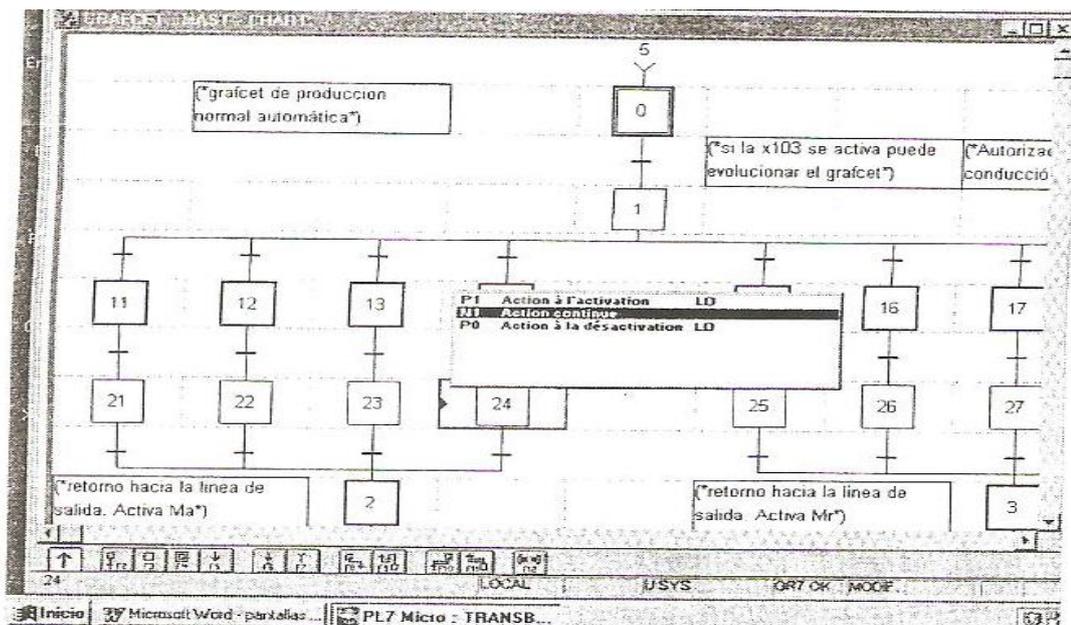


FIGURA16 programación de autómetas en lenguaje grafcet

NUEVAS FUNCIONES Y ELEMENTOS DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

- 1.- redes de comunicación
- 2.- sistemas de supervisión
- 3.- controles de procesos continuos
- 4.- controles de ejes
- 5.- controles de motores paso a paso
- 6.- identificaciones de productos
- 7.- las entradas –salidas distribuidas
- 8.- buses de campo
- 9.- autómatas servidores web

ESTRUCTURA MODULAR DEL AUTOMATA PROGRAMABLE

El elemento central de los autómatas programables es la unidad central de proceso. En la unidad central del autómata se encuentran el procesador o procesadores, las memorias RAM, ROM y también la memoria de seguridad grabable eléctricamente.

El autómata programable se organiza alrededor de la unidad central y la comunicación con los módulos se establece mediante un bus interno. A este bus se le pueden conectar módulos de funciones específicas como pueden ser módulos de entradas-salidas digitales, módulos de entradas-salidas analógicas, módulos de comunicación, módulos de posicionamiento, etc.



FIGURA17 micro autómata plc

La configuración física de un autómata se puede presentar en tres formas principales:

- autómatas compactos
- autómatas semimodulares
- autómatas modulares

Los autómatas de gama baja o nano autómatas suelen tener una estructura compacta. Incorporando en la unidad central los módulos de entrada-salida e incluso el acoplador de comunicaciones. Ejemplo de estos autómatas son el LOGO de siemens. Su potencia de proceso suele ser muy limitada, dedicándose a controlar maquinas muy pequeñas o cuadros de mando. Sus reducidas dimensiones permiten que se incorporen a la propia máquina.

No obstante, esto pequeños autómatas han ido aumentando su potencia, con la posibilidad de incorporar módulos de ampliación, entradas-salidas analógicas.

-Un ejemplo de autómata programable semimodulares es el autómata s7-1200 CPU 1214c de siemens en la cual la unidad central dispone de un rack donde se conecta los módulos.



FIGURA18 PLC S7-1200

Los autómatas de gama media se dedican a automatizaciones de gama media. Dado que están limitados en sus posibilidades de ampliación, su potencia de proceso, aunque superior a los compactos, brinda ampliación mediante módulos externos, aunque es también limitada.

Las gamas medias se centran en equipos modulares cuyas capacidades de control de entradas/salidas son superiores a la gama anterior. Se trata de autómatas que pueden llegar a manejar un número de puntos entorno a las 1000 entradas / salidas e incorporan la posibilidad de controlar señales de tipo analógico de diversa constitución (tensión, corriente, etc). Son equipos cuya CPUs son más rápidas que las de los equipos de gama baja. Por otro lado, estos equipos se caracterizan frente a los de gama baja por tratarse de equipos modulares, ellos que la CPU, la fuente de alimentación, las entradas/salidas, los chasis y el resto de los módulos especiales, se podrán elegir en base a la instalación a la que van a ir dirigidos. De esta forma el PLC e ajustara también en coste a las necesidades de la instalación en cuestión, no teniendo por que quedar sobredimensionado.

Estos equipos incorporan también posibilidades de comunicación potenciadas. Normalmente se posibilita con estos autómatas la comunicación entre iguales, la comunicación asíncrona, y dependiendo de los fabricantes pueden o no incorporarse comunicaciones de tipo entradas- salidas remotas, buses de campo, etc.

La gama alta es lo último con lo que cuenta un fabricante cuando se enfrenta a macro-instalaciones o problemas tecnológicos de solución compleja. El de gama alta es el autómata de más capacidad de entradas y salidas, incorporan también más memoria RAM que ningún otro así como el mayor abanico de entradas / salidas posibles. Es un equipo que está pensado desde un principio en conectarse con equipos similares, con otros autómatas de gama inferior e incluso con equipos terceros. Pero es parte de su identidad fue creado para ser interconectado. Las posibilidades de comunicación de esta gama se unen a sus posibilidades descentralizar las entradas /salidas como ningún otro equipo es capaz, de forma que es único a la hora de acometer

proyectos en los que se necesitan varios autómatas conectados entre sí. Eso sí físicamente muy distribuidas un ejemplo de este tipo de autómatas es el control logix de Allen bradley.

INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

Es el grupo de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste. Es el conocimiento de la correcta aplicación de los equipos encaminados para apoyar al usuario en la medición, regulación, observación, transformación, ofrecer seguridad, etc., de una variable dada en un proceso productivo.

Un sistema de instrumentación es una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y por último, y no menos importante, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetibilidad de las medidas.

En términos abstractos, un instrumento de medición es un dispositivo que transforma una variable física de interés, que se denomina variable medida, en una forma apropiada para registrarla o visualizarla o simplemente detectarla, llamada medición o señal medida.

Una medición es, entonces, un acto de asignar un valor específico a una variable física. Dicha variable física es la variable medida. Un sistema de medición es una herramienta utilizada para cuantificar la variable medida.

El elemento clave fundamental de un sistema de instrumentación, es el elemento sensor. La función del sensor es percibir y convertir la entrada (variable física) percibida por el sensor, en una variable de la señal de salida.

El sensor es un elemento físico que emplea algún fenómeno natural por medio del cual sensar la variable a ser medida. El transductor, convierte esta información Sensada en una señal detectable, la cual puede ser eléctrica, mecánica, óptica, u otra. El objetivo es convertir la información sensada en una forma que pueda ser fácilmente cuantificada.

Las variables a medir o controlar pueden ser:

- Variables físicas:
 - Caudal.
 - Caudal másico.
 - Caudal volumétrico.
 - Presión.
 - Temperatura.
 - Nivel.
 - Nivel de líquidos.
 - Nivel de sólidos.
 - Velocidad.
 - Peso.
 - Humedad.
 - Punto de rocío.
- Variables químicas:
 - pH.
 - Conductividad eléctrica.
 - Redox.

SENSORES ULTRASÓNICOS

EL PRINCIPIO ULTRASÓNICO:

El sensor ultrasónico emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración. Este impulso se propaga a la velocidad del sonido por el aire. Al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve como eco al sensor ultrasónico. Este último calcula internamente la distancia hacia el objeto, basado en el tiempo transcurrido entre la emisión de la señal acústica y la recepción de la señal de eco.

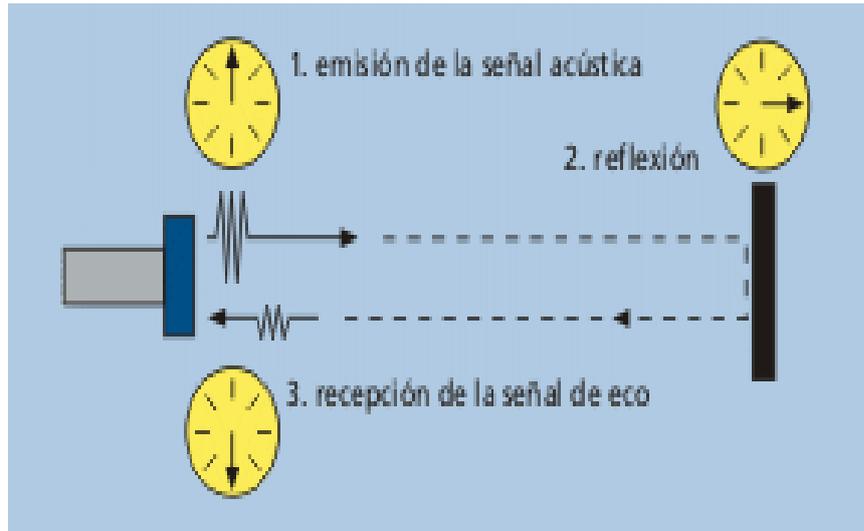


FIGURA 19 principio ultrasónico

Como la distancia hacia el objeto es medida por medio del tiempo de recorrido del sonido, y no por una medición de la intensidad, los sensores ultrasónicos son insensibles hacia el ruido de fondo. Prácticamente todos los materiales que reflejan el sonido son detectados, independientemente de su color. Aún materiales transparentes o láminas delgadas no presentan problemas para los sensores ultrasónicos.

Los sensores ultrasónicos microsonic permiten medir distancias entre 20 mm y 10 m, pudiendo indicar el valor medido con una precisión de milímetro, gracias a la medición del tiempo de recorrido. Algunos sensores pueden inclusive obtener una precisión de la medición de distancia de 0,025 mm.

Los sensores funcionan en medio polvoriento o en una niebla de pintura. Depósitos delgados sobre la membrana del sensor tampoco influyen sobre la función.

Los sensores con una zona ciega de sólo 20 mm y con un haz acústico extremadamente delgado abren en la actualidad un abanico de aplicaciones completamente nuevas: las mediciones de estado de llenado en pocillos de placas microtiter y tubos de ensayo como también el escaneado de botellas pequeñas en la industria de los embalajes pueden llevarse a cabo sin problemas. incluso alambres finos son reconocidos con seguridad.

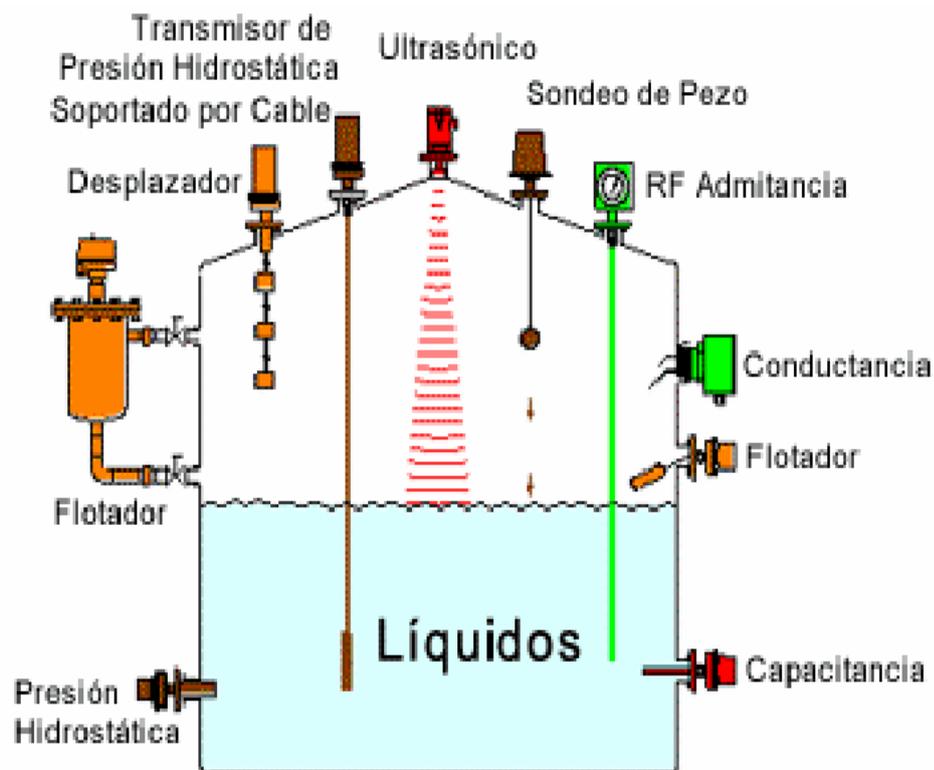


FIGURA 20. Sensores utilizados para líquidos

JAULA DE FARADAY

Una jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Debe su nombre al físico Michael Faraday, que construyó una en 1836. Se emplean para proteger de descargas eléctricas, ya que en su interior el campo eléctrico es nulo.

El funcionamiento de la jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza dada por:

$$\vec{F} = e\vec{E}_{ext}$$

Donde e es la carga del electrón. Como la carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa, mientras que el otro lado queda con un defecto de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico de sentido contrario al campo externo.

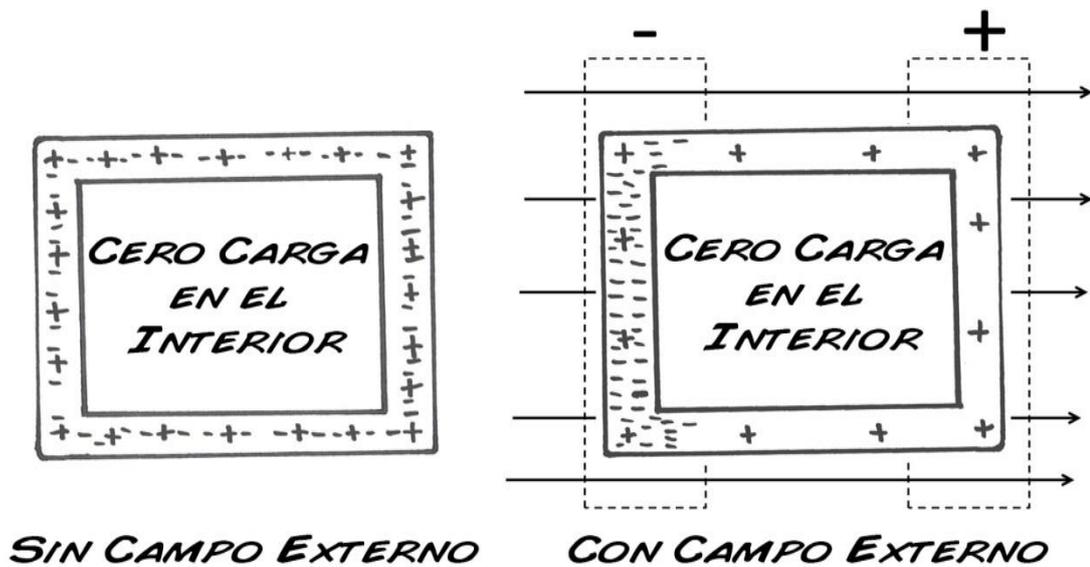


FIGURA 21 campo eléctrico resultante con la jaula de Faraday

Como en el interior de la caja no hay campo, ninguna carga puede atravesarla; por ello se emplea para proteger dispositivos de cargas eléctricas. El fenómeno se denomina **apantallamiento eléctrico**.

Muchos dispositivos que empleamos en nuestra vida cotidiana están provistos de una jaula de Faraday: los microondas, escáneres, cables, etc. otros dispositivos, sin estar provistos de una jaula de Faraday actúan como tal: los ascensores, los coches, los aviones, etc. por esta razón se recomienda permanecer en el interior del coche durante una tormenta eléctrica: su carrocería metálica actúa como una jaula de Faraday.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

TECNOLOGÍAS CONVENCIONALES

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo.

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar a unas ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

TRATAMIENTOS PARA LA ELIMINACIÓN DE MATERIA EN SUSPENSIÓN

La materia en suspensión puede ser de muy diversa índole, desde partículas de varios centímetros y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones coloidal es muy estables y con tamaños de partícula de hasta unos pocos nanómetros (normalmente de naturaleza orgánica). También la concentración de los mismos, tanto en el agua a tratar como en el agua una vez tratada, juega un papel fundamental a la hora de la elección del tratamiento más conveniente. Las operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas suelen ser las primeras en efectuarse, dado que la presencia de partículas en suspensión suele no ser indeseable en muchos otros procesos de tratamiento. La eliminación de esta materia en suspensión se suele hacer mediante operaciones mecánicas. Sin embargo, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan aditivos químicos, denominándose en este caso tratamientos químico-físicos. A continuación se describen las operaciones

unitarias más habituales. La utilización de una u otra en función de las características de las partículas (tamaño, densidad, forma, etc.) así como de la concentración de las mismas.

DESBASTE

Es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es eliminarlos y evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento previo a cualquier otro.

el equipo que se suele utilizar son rejas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas entre 10 y 100mm. Se limpian con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica. en otros casos, si el tipo de sólidos lo permite, se utilizan trituradoras, reduciendo el tamaño de sólidos y separándose posteriormente por sedimentación u otras operaciones.

SEDIMENTACIÓN

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente, depositándose en el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño y la densidad de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea su velocidad de sedimentación, siendo el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación de sedimentación se le suele denominar también decantación. Realmente, este tipo de partículas (grandes y densas, como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en aguas industriales. lo más habitual es encontrar sólidos poco densos, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la operación, llevar a cabo una coagulación-floculación previa, que como se explicará más adelante, consiste en la adición de ciertos reactivos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, en función de las características de las partículas a sedimentar (tamaño, forma, concentración, densidad, etc.).

- **Sedimentadores rectangulares:** la velocidad de desplazamiento horizontal del agua es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas y grandes (arenas). Este tipo de sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas no varían sus propiedades físicas a lo largo del desplazamiento hacia el fondo del sedimentador. Suelen ser equipos poco profundos, dado que, al menos teóricamente, este parámetro no influye en la eficacia de la separación, siendo el principal parámetro el área horizontal del mismo.

- **Sedimentadores circulares:** son más habituales. En ellos el flujo de agua suele ser radial desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de desplazamiento del agua disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de operar es adecuada cuando la sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, en las que el tamaño de floculo aumenta al descender las partículas, y por lo tanto aumenta su velocidad de sedimentación.

- **Sedimentadores lamelares:** han surgido como alternativa a los sedimentadores

Poco profundos, al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo espacio. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas (lamelas) o tubos inclinados respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua de manera ascendente. en la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose de forma descendente y recogiendo en el fondo del sedimentador. Las partículas depositadas en el fondo de los equipos (denominados fangos) se arrastran mediante rasquetas desde el fondo donde se “empujan” hacia la salida. Estos fangos, en muchas ocasiones y en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para reducir su volumen y darles un destino final.

FILTRACIÓN

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). En aguas industriales hay más variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de tierra de diatomeas. También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa. Hay muchas maneras de clasificar los sistemas de filtración: por gravedad o a presión, lenta o rápida, de torta o en profundidad.

Filtración por gravedad: el agua circula verticalmente y en descenso a través del filtro por simple gravedad. Dentro de este tipo, podemos hablar de dos formas de operar, que nos lleva a tener una filtración lenta, apenas utilizados actualmente, o una filtración rápida. el mecanismo de la separación de sólidos es una combinación de asentamiento, retención, adhesión y atracción, por lo que se eliminan partículas mucho menores que el espacio intersticial. Es un sistema muy utilizado en tratamiento para aguas potables.

Filtración por presión. Normalmente están contenidos en recipientes y el agua se ve forzada a atravesar el medio filtrante sometido a presión. También en este caso puede haber filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se desarrolla una torta filtrante donde la filtración, a través de esa superficie, es por mecanismos físicos y biológicos. por otro lado, en la filtración rápida se habla de filtración en profundidad, es decir, cuando la mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para el proceso de filtración y la calidad del

filtrado mejora con la profundidad. Esta filtración a presión se suele utilizar más en aguas industriales. En la actualidad y en algunas de sus aplicaciones, estos métodos están siendo desplazados por operaciones con membranas, especialmente por micro filtración.

FLOTACIÓN

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua. En esta operación hay un parámetro importante a la hora del diseño: la relación aire/sólidos, ml/l de aire liberados en el sistema por cada mg/l de concentración de sólidos en suspensión contenidos en el agua a tratar. es un dato a determinar experimentalmente y suele tener un valor óptimo comprendido entre 0.005 y 0.06. En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y en función de cómo se introduzca en el líquido, se tienen dos sistemas de flotación:

Flotación por aire disuelto (daf): en este sistema el aire se introduce en el agua residual bajo una presión de varias atmósferas. los elementos principales de estos equipos son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde tiene lugar la reducción brusca de la presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de micro burbujas de aire.

Flotación por aire inducido: la operación es similar al caso anterior, pero la generación de burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente situados en la parte inferior del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. En este caso el tamaño de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior. Históricamente la flotación se ha utilizado para separar la materia sólida o líquida flotante, es decir, con una menor densidad que el agua. Sin embargo la mejora en la generación de burbujas adecuadas y la utilización de reactivos para favorecer la operación (por ejemplo sustancias que disminuyen la tensión superficial) ha hecho posible la utilización de esta operación para la eliminación de materia más densa que el agua. Así se utiliza en el tratamiento de aguas procedentes de refinerías, industria de la alimentación, pinturas, etc. una típica aplicación es también, aunque no sea estrictamente tratamiento de aguas, el espesado de fangos. En esta operación se trata de “espesar” o concentrar los fangos obtenidos en operaciones como la sedimentación.

COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, en muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser tratamientos avanzados de aguas residuales industriales estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.).

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

- **Sales de Fe^{3+} :** pueden ser $FeCl_3$ o $Fe_2(SO_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- **Sales de Al^{3+} :** suele ser $Al_2(SO_4)_3$ o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- **Polielectrolitos:** pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Las cantidades a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor.

Poder coagulante relativo

Coagulante	Coloides positivos	Coloides negativos
NaCl	1	1
Na_2SO_4	30	1
Na_3PO_4	1000	1
$MgSO_4$	30	30
$AlCl_3$	1	1000
$Al_2(SO_4)_3$	30	>1000
$FeCl_3$	1	1000
$Fe_2(SO_4)_3$	30	>1000

TABLA 1 *poderes coagulantes relativos de distintos reactivos.*

Por otro lado, la electrocoagulación es otra forma de llevar a cabo el proceso, ampliamente utilizada en el caso de tratamiento de aguas industriales. Consiste en la formación de los reactivos *in situ* mediante la utilización de una

célula electrolítica. El ánodo suele ser de aluminio, formándose cationes de Al^{3+} , mientras en el cátodo se genera H_2 , siendo útil si la separación posterior de la materia es por flotación (Khemisy col, (2006)). No hay reglas generales en cuanto a qué coagulante es más eficaz en cada caso. Normalmente, para un agua residual concreta, se hace un denominado “ensayo de jarras” (jar test) donde se analiza la eficacia de los distintos productos (o mezclas de los mismos) así como el pH y dosificación óptima.

<i>Coagulante</i>	<i>Dosis (mg/l)</i>	<i>pH óptimo</i>	<i>Aplicaciones</i>
CaI	150-500	9-11	Eliminación de coloides (1)
$Al_2(SO_4)_3$	75-250	4,5-7	Eliminación de coloides (1)
$FeCl_3$	35-150	4-7	Eliminación de coloides (2)
$FeCl_2$	70-200	4-7	
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$			
polímero catiónico	2-5		Eliminación de coloides (3)
Polímero aniónico y no iónico		0,25-1,0	Ayudante de floculación y sedimentación

- (1) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con baja alcalinidad y alta concentración de fósforo
 (2) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con alta alcalinidad y baja concentración de fósforo
 (3) Eliminación de coloides. Ayudante con coagulantes metálicos

TABLA 2 *características de algunos reactivos coagulantes*

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo. en este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica, según las operaciones ya mencionadas anteriormente.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON CARBÓN ACTIVO

Los carbones activos (ca) presentan una gran capacidad de adsorción de un amplio rango de contaminantes, entre los que se incluyen compuestos aromáticos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, tintes solubles, disolventes clorados, fenoles y derivados de grupos hidroxilos.

Son una opción ideal para su aplicación como tratamiento terciario, con vistas a la reutilización de las aguas. También resultan muy eficaces en la eliminación de compuestos tóxicos que puedan hacer peligrar el funcionamiento del tratamiento biológico, mejorando, a su vez, su rendimiento.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante CA son fáciles de implantar y mantener, ya que incluso se pueden incorporar a sistemas convencionales de depuración.

Los CA cuentan con la ventaja de controlar los olores de las aguas residuales mejor que otros materiales, pudiendo estar en polvo o en forma granular. La dosis de tratamiento con CA en polvo suele ser menor de 5mg/l, aunque variará en función de las características de los contaminantes y de la calidad final requerida. El CA granular se usa en lechos fijos solo o formando una bicapa con arena.

APLICACIÓN EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El carbón activo también se emplea en el tratamiento de aguas residuales industriales en las siguientes aplicaciones:

- eliminación de compuestos orgánicos biodegradables y sustancias químicas que pudieran ser tóxicas al tratamiento biológico convencional. Los más habituales son los pesticidas, fenoles, tintes orgánicos, detergentes y polioles.
- pre tratamiento de efluentes antes de proceder a su descarga a los colectores municipales o cauces fluviales. Mejora de la calidad final del agua tratada, de modo que se pueda proceder a su reutilización en distintos usos de proceso Industrial, con el consiguiente ahorro económico. Principales sectores que emplean ca para tratamiento de aguas residuales:

- industrias químicas-farmacéuticas: producción de tintes, pigmentos, gomas, pesticidas, productos farmacéuticos, etc.
Eliminación de compuestos tóxicos, color, aox, etc.
- industria petroquímica: eliminación de aceites y grasas del efluente para evitar que el tratamiento biológico se inhiba.
- industria textil: decoloración de efluentes (adsorción de tintes orgánicos solubles).
- industria metalmecánica: p.e. baños de galvanización. El empleo de filtros de ca previos a las resinas de intercambio iónico protege a éstas de partículas que puedan disminuir su rendimiento.
- industria fabricación pasta de papel: eliminación color y aox.
- industrias porcinas (purines): filtro terciario para mejorar calidad efluente final y posible reutilización. etc.

APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS CARBONES ACTIVOS A AGUAS RESIDUALES

BASE MATERIAL DEL CARBÓN ACTIVO	TIPO PRODUCTO GEDAR	DUREZA	DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE POROS	TIPOS DE CONTAMINANTES A RETENIDOS
Cáscara de coco	GCO PCO	++++	Microporoso	Moléculas pequeñas: compuestos clorados, compuestos orgánicos volátiles, etc.
Mineral bituminoso	GMI PMI	+++	Mesoporoso.	Compuestos peso molecular intermedio: herbicidas, pesticidas, etc.
Mineral lignítico	HOK G HOK P HOK S	++	Amplia distribución poros	Contaminantes tamaño molecular variado: aguas residuales distintos orígenes (municipales)
Madera	GMA PMA	+	Macroporoso	Contaminantes alto peso molecular: grasas, aceites, tintes, etc. Aguas residuales industriales (textil, alimentación, petróleo, etc.)

TABLA 3 aplicación de carbón activado

2.3 MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se hará mención a la definición de conceptos utilizados para la realización del proyecto.

PLC

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (programmable logic controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real «duro», donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, de lo contrario no producirá el resultado deseado.

ENTRADAS DIGITALES

Los módulos de entradas digitales permiten conectar al autómeta captador de tipo todo o nada. El cable de señal del captador se conecta a una vía de entrada del módulo. El modulo se encarga de convertir la señal que entra por la vía en una señal que es cero o uno en un bit interno de la memoria del módulo. Cada ciclo de autómeta, la unidad central lee los bits de los módulos y vuelca su valor en los objetos del lenguaje del autómeta conocidos como entradas digitales.

Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un 1 y cuando llegan cero voltios se interpreta como un 0. Los módulos de entradas digitales

se caracterizan por el nivel de tensión que interpretan como “uno”. Los niveles de tensión estándar son 24 DC /CC, 110 VCA, 200VCA.

ENTRADAS ANALÓGICAS

Los módulos de entradas analógicas convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable tipo palabra interna del autómata. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (periodo de muestreo).

La precisión en los módulos de entrada analógica suele ir desde los 12 a los 16 bits. A mayor número de bits más precisa será la conversión pero también más lenta. Una precisión de 14 bits es mucho más que suficiente en la mayoría de las aplicaciones industriales.

La velocidad con que se toman muestras de la señal analógica, define el periodo de muestreo. El periodo de muestreo, en las tarjetas de entrada analógica de los autómatas, suele ir desde 25 ms a uno 30s. Como muy rápido se toman 40 muestras por segundos. Se debe considerar que los autómatas se dedican a control industrial de variables lentas como son la temperatura, y 40 muestras por segundo es mucho más que suficiente para controlar temperatura (y también controlar velocidad).

El rango permite ajustar la vía al tipo de señal de entrada que da el sensor analógico. Los rangos más comunes de señal que ofrecen los sensores analógicos son:

+/- 10 voltios

0..10 voltios

0..20mA

4..20mA

Los módulos de entrada analógica pueden leer tensión o intensidad. Una gran gama de sensores analógicos dan como señal de salida una señal en intensidad. La razón es que es mucho más difícil que su forma de onda se vea

alterada por ruidos o tensiones inducidas, que en el caso de que la señal sea tensión. En el rango de 4..20mA se puede detectar la rotura de hilo del cable del sensor. Esto no se puede realizar en ningún otro rango.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta lógica conversión.

Características principales:

Las características importantes de un instrumento de medida son:

- Precisión: es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.
- Exactitud: es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.
- Apreciación: es la medida más pequeña que es perceptible en un instrumento de medida.
- Sensibilidad: es la relación de desplazamiento entre el indicador de la medida y la medida real.

CONSENSO

Acuerdo dado mediante contactos entre máquinas para respetar jerarquía y escalas de funcionamiento e informar al tablero principal de activación en puntos distantes.

HMI

Sistemas Human Machine Interface, HMI, es decir, el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina se están masificando cada vez más a nivel industrial. ¿A qué se debe esta tendencia? Según los expertos en el tema responde principalmente a la necesidad de tener un control más preciso y agudo de las variables de producción y de contar con información relevante de los distintos procesos en tiempo real.

Sobre los principales beneficios de estos sistemas, que apuntan a lograr mejoras significativas en la gestión, y la importancia de una buena integración al momento de su implantación dentro del control.

TRANSDUCTOR

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir una determinada manifestación de energía de entrada, en otra diferente a la salida, pero de valor muy pequeños en términos relativos con respecto a un generador.

El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza (por ejemplo electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa). Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina interna, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc., para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa.

Los transductores siempre consumen cierta cantidad de energía por lo que la señal medida resulta atenuada.

SENSOR

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD),

una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

ENGOBES Y ESMALTE

Los engobes se utilizan para dar una superficie más fina y más lisa a un cuerpo áspero o para crear un color subyacente para la decoración adicional.

El esmalte es la capa vítrea superficial a un material de cerámica, cuyos propósitos primarios sean de decoración o protección. Esmaltar es el proceso de cubrir la cerámica con una capa delgada de un material vidrioso. Las características de los esmaltes deben corresponder al comportamiento cerámico de las piezas a esmaltar.

ESCALAMIENTO

“escalamiento” está relacionado con la adaptación de los valores de tensión o de corriente que están normalizados en diversos estándares para medir un determinado fenómeno físico.

Los sensores o Transductores en la mayoría de los casos vienen linealizados por el fabricante, para una aplicación en particular por lo tanto se trabaja con líneas rectas. Lo mismo rige para los actuadores que en su mayoría responden a los estándares ya mencionados.

Para aclarar el punto anterior se puede mencionar como ejemplo:

Se desea medir: Un rango de temperatura entre 0°C y 200°C

Un nivel de un líquido entre 2 y 16 mts

La velocidad de un motor entre 500 y 3000 RPM

La pregunta es ¿Cómo adaptamos estos rangos de fenómenos físicos diferentes a 4 y 20 ma que es un estándar de corriente para entradas y salidas en programadores?

¿Cómo adaptamos a 0 y 10v que es otro estándar?

La respuesta está en el concepto de escalamiento.

Cada entrada y salida analógica cuenta con un determinado número de bits que da la resolución y depende del fabricante y del modelo a emplear. Como ejemplo el modelo 503 de Allen Bradley tiene las siguientes características en su módulo de entrada analógica 1746-NI4 según su número de bit en la palabra

CORRIENTE [mA]	TENSIÓN [V]	Nº DE CUENTA
0	0	0
4	1	3277
20	5	16384

TABLA 04 determinación de numero de bits para E/S analógica

El slot de entradas análogas NI4, que está direccionado en el rack como I:3.0 transforma los valores de tensión a valores fluctuantes entre 0 y 16384, que son llamados números de cuenta.

La comparación entre corriente, tensión y estos números se indica en la tabla 1. El valor está relacionado con el número de bits.

Valor escalado significara adecuar la variable a medir a su lectura máxima y mínima en el proceso con la salida o entrada analógica y su número de bits respectivos

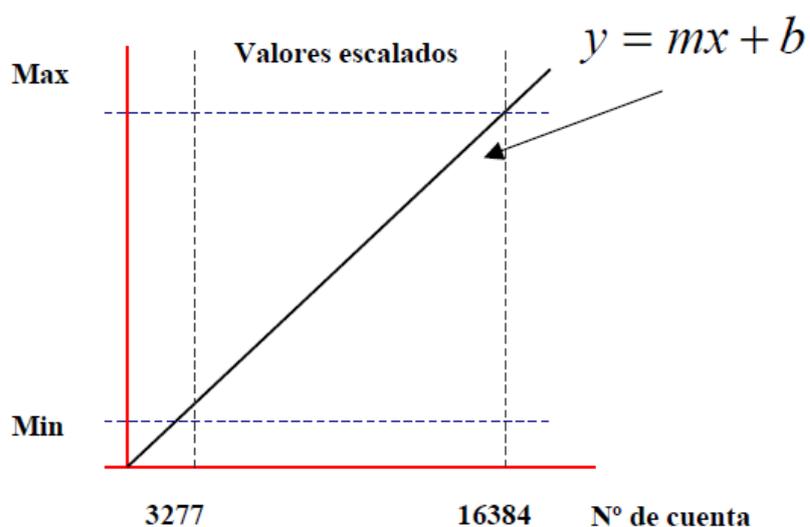


FIGURA 22 En este grafico se considera la variable analógica de 4 a 20 ma

Dónde:

y = Salida escalada

m = Pendiente (Rate)

x = Valor análogo de entrada

b = Offset

$$\text{Pendiente} \quad \text{RATE} = \frac{\text{EscaladoMax} - \text{EscaladoMin}}{\text{InputMax} - \text{InputMin}}$$

$$\text{OFFSET} = \text{EscaladoMin} - (\text{InputMin} * \text{Rate})$$

Estos valores se aplican a la instrucción matemática.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGIA

3.1 ANALISIS DEL DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO

3.1.1 Análisis de proceso y funcionamiento de planta

Análisis de proceso químico

Dentro de los procesos de tratamiento de aguas residuales industriales teniendo en cuenta en tamaño de las partículas generadas y la dificultad de realizar una sedimentación natural se optó por un tratamiento químico para la aceleración de la sedimentación mediante coagulación / floculación. Para lo cual se realizaron unos análisis para verificar la reacción química mediante los siguientes químicos:

- MT-4285(FLOCULANTE)
- SUPERPAC (COAGULANTE)

Se realizaron test de jarras con el agua industrial generada del engobe y esmalte de las cuales se obtuvo los siguientes resultados:

DETERMINACION DE DOSIS DE COAGULANTE							
JARRA #	Parámetros Iniciales		COAGULANTE SUPERPAC, ml/L	FLOCULANTE ANIONICO MT-FLOC-4285	Parámetros finales, 5 min de sed.		% Remoción
	Turbidez, NTU	pH			Turbidez, NTU	pH	
JARRA # 1	48200	7.5	1.0	7.0	5.74	7.0	99.99
JARRA # 2			1.3	7.0	2.32	7.0	100.00
JARRA # 3			1.6	7.0	1.90	6.5	100.00

TABLA 5 determinación de dosis de coagulante

La Jarra # 3 obtuvo menor turbidez con dosificación de coagulante Superpac, al 100%, en relación de 1.6 ml/L, manteniendo constante la dosis de floculante anionico MT-FLOC-4285 preparado al 0.14%. Por lo tanto esta dosificación corresponde a la cantidad de coagulante que se debe adicionar al efluente tomando en consideración la turbidez inicial tratada.



FIGURA 23 agua residual de planta cerámica



FIGURA 24 agua residual de planta cerámica con proceso de sedimentación química

DETERMINACION DE DOSIS DE FLOCULANTE							
JARRA #	Parámetros Iniciales		COAGULANTE SUPERPA C, ml/L	FLOCULANTE ANIONICO MT-FLOC-4285	Parámetros finales, 5 min de sed		% Remoción
	Turbidez, NTU	pH			Turbidez, NTU	pH	
JARRA # 4	48200	7.5	1.6	7.0	1.29	7.0	100.00
JARRA # 5			1.6	8.0	2.32	6.5	100.00
JARRA # 6			1.6	9.0	3.01	6.5	99.99

TABLA 6 determinación de dosis de floculante

Con la dosis de coagulante establecido y manteniéndolo constante, se determina la dosis de floculante anionico MT-FLOC-4285 al 0.14% necesaria para la clarificación, que en esta oportunidad para la turbidez inicial de 48200 NTU Corresponde a 7.0 ml/L.

Por lo tanto la dosificación a probar en planta es: Coagulante Superpac al 100% 1.6 ml/L y floculante anionico MT-FLOC-4285 al 0.14% 7.0 ml/L.



FIGURA 25 agua tratada por proceso químico de sedimentación

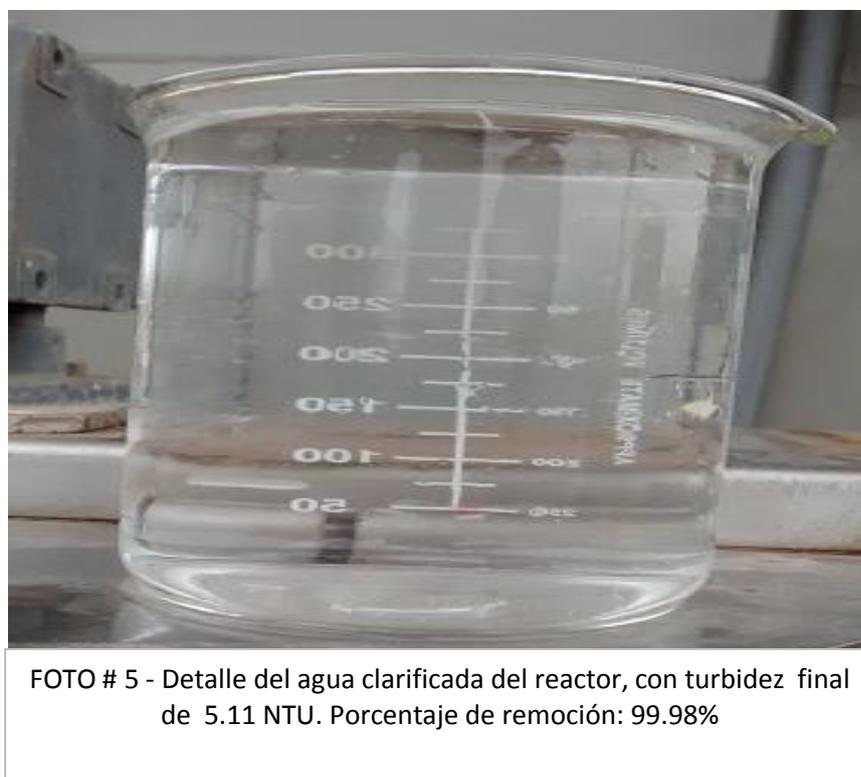


FIGURA 26 agua clarificada resultante del test de jarras

Con la realización de estas test se pudo concluir que A nivel planta la dosificación de los productos químicos se realizó de la siguiente forma:

- Volumen de efluente: 30 m³

COAGULANTE SUPERPAC

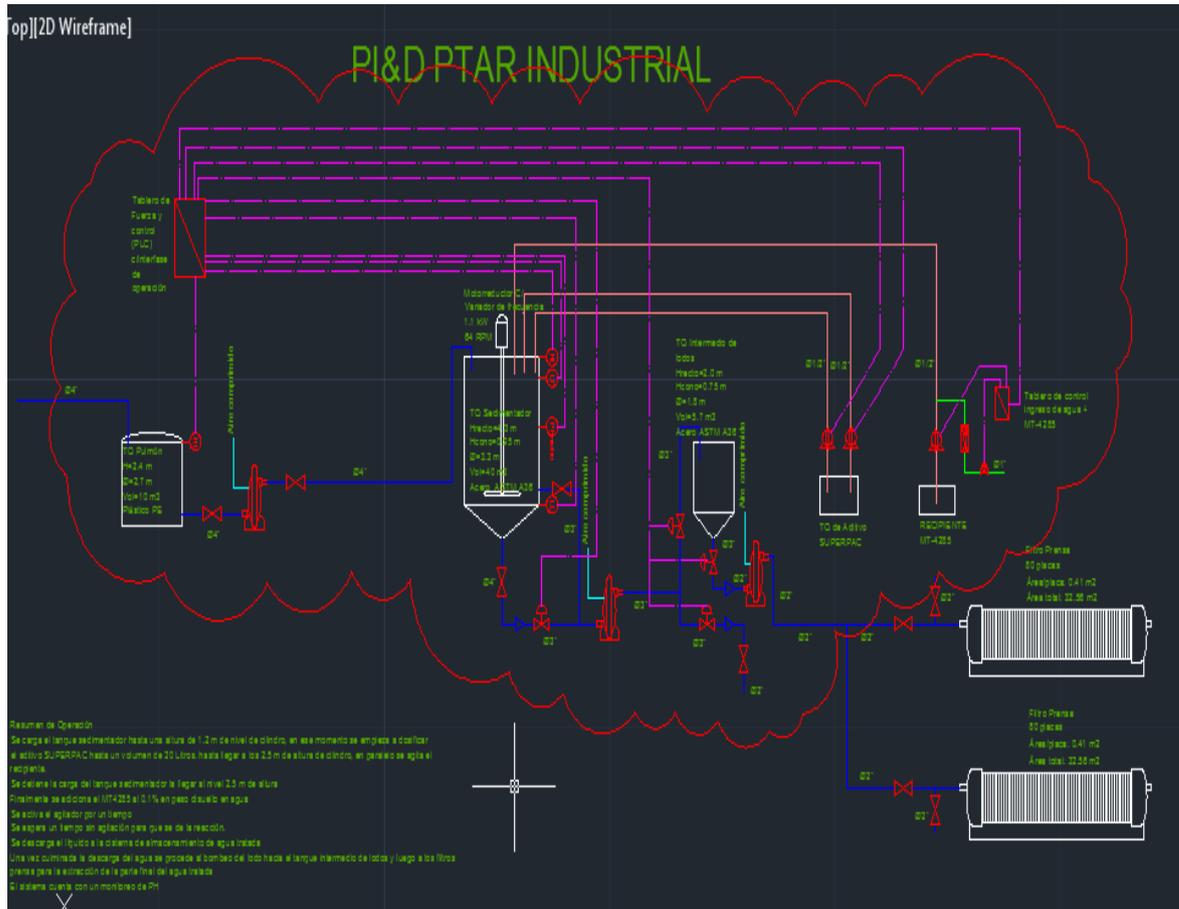
- Concentración: al 100%
- Flujo máximo de bomba: 60 L/h
- Tiempo de dosificación: 30 min
- Volumen de dosificación: 30 L
- Agitacion: 60 Hz

FLOCULANTE ANIONICO MT-FLOC-4285

- Concentración: al 0.14%
- Flujo máximo de bomba: 54 L/h
- Tiempo de dosificación: 30 min
- Volumen de dosificación: 27 L
- Agitación 20 hz

La cantidad de floculante que se agregó al reactor fue menor a la calculada en el test de jarra, esto debido a que la dosis de jarras corresponde para una sedimentación rápida, sin embargo considerando que como máximo se realizara un solo tratamiento por día se cuenta con suficiente tiempo de sedimentación.

3.1.2 FUNCIONAMIENTO DE PLANTA PROTOTIPO



Plano 01. PTAR industrial para planta cerámica

En la plano 01 se observa la distribución de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales en los cuales contiene tanque sedimentador, tanque de lodos, pozo pulmón, zona de tableros y pozo de agua tratada asimismo la colocación de los agitadores, control mando a distancia del control y filtros prensa.

El pozo pulmón es el receptor de las aguas emitidas de las zonas de preparación de esmalte y trabajos en línea de producción en el proceso de vidriado del cerámico, en la cuales descargan en este pozo aguas con esmalte y engobe, la denominación de pozo pulmón deriva a que es un reservorio o un almacén de las aguas cargadas.

La siguiente zona es el tanque sedimentador, lugar donde se almacenara 30 cubos de agua cargada y que con inyección de elementos químicos acelerara la sedimentación generando una cantidad aproximada promedio de 6 cubos de lodos derivados del esmalte y engobe.

Después de la realización de la sedimentación, la siguiente zona a trabajar es el pozo de agua tratada, aquí se almacenara el agua clara generada en la separación del lodo. Esta agua generada a un pH de 6.5 aproximadamente servirá para el lavado de molinos, aguas contraincendios y taques de proceso.

Una vez separada el agua clara del lodo será transportado al tanque de lodos en el cual se hará el depósito para la coagulación final libre de aguas.

En la etapa final se descarga el lodo hacia los filtros prensas los cuales generaran las placas de lodos que a presión y con la filtración dada separara las ultimas sustancias liquidas generando la torta deseada que será reutilizada para fabricación de cerámica artesanal (platos, vasos, cerámicos artesanales, etc).

3.2 HERRAMIENTAS DE AUTOMATIZACION PARA INFRAESTRUCTURA PROTOTIPO

En la planta de tratamiento de aguas residuales como se a podido explicar contara con diferentes tanques y pozos necesarios para llegar al propósito final. A su vez para contar con una planta automatizada tendremos en cuenta una zona de tablero y a su vez con los diferentes instrumentos y dispositivos eléctricos y electrónicos a usar por las diferentes etapas. Los componentes a usar por los procesos dados para la automatización serán mencionados a continuación:

Pozo pulmón

Trabajo de agitación

- 2 motores con caja reductora (11kw)
- Un sensor ultrasónico (nivel de agua residual)

Tanque Sedimentador

Sedimentación

- 1 motor con caja reductor (1.1 kw)
- Un sensor ultrasónico (nivel de agua residual)
- 3 electroválvulas neumáticas(válvula tipo mariposa)
- 2 válvula solenoide (para bomba de doble diafragma)
- 2 switch de caudal
- 2 bombas dosificadoras
- 2 bombas de doble diafragma
- 3 motores de 0.37 kw para agitadores (de superpac y mt-zzz)
- 2 boyas
- Ph-metro
- Presostato

Tanque de lodos

Lodos

- Un sensor ultrasónico (nivel vacío para derivar el lodo)
- 1 válvula solenoide
- 2 filtros prensas(con tab de control independiente)
- Una electroválvula

Zona de tableros

Tableros de control y distribución

- Un tablero para control de variadores de velocidad (4 variadores)
- Un tablero para automatización por plc
- Un tablero para agitadores de pozo pulmón
- Un tablero de control filtro prensas

3.2.1 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación se describen las características de los principales elementos necesarios para construir la planta de tratamiento de aguas industriales cerámicas:

Para más información sobre muchos de estos componentes pueden consultar en la carpeta “Datasheets”, del anexo en formato electrónico, las hojas de datos y Catálogos adjuntos.

3.2.1.1 Cuadro eléctrico de control

Se describe en este apartado el uso y las características de los componentes que forman el cuadro eléctrico de control de la planta.

3.2.1.1.1 El PLC

El autómata que se utiliza para el control automatizado de la planta es un modelo de PLC de Siemens, en concreto S7 1200. Es un modelo de los denominados compactos que integra CPU, entradas y salidas digitales y también analógicas (dependiendo del modelo) y la fuente de alimentación también está integrada.

La finalidad del PLC es controlar el funcionamiento de la planta. Recoge la lógica de control, programada previamente con el software necesario que permite automatizar el funcionamiento de la planta mediante el control de sensores y actuadores.

Sus características técnicas más importantes son:

Características CPU	CPU 1212C	CPU1214C	CPU1215C
Versiones	3 tipos: DC/DC/DC, AC/DC/RLY, DC/DC/RLY (Alimentación/Entradas/Salidas)		
Características Unicas:	Reloj de tiempo real integrado, libre de mantenimiento, no requiere baterias		
Rango temp. Trabajo	-20°C a + 60°C		
Velocidad de ejecución:			
- Operación Booleana	0.085us/ instrucción		
- Operación "Move word"	12us/ instrucción		
Memoria de trabajo (Interna)	50 KB	75 KB	100 KB
Memoria de Carga (Interna)	1 MB	4 MB	4 MB
Memoria remanente (interna)	10KB	10KB	10KB
E/S Digitales Integradas	8 Entradas/6 Salidas	14 Entradas/10 Salidas	14 Entradas/10 Salidas
E/S Análogas Integradas	2 Entradas (0-10vdc)		2 Entradas (0-10vdc) / 2 salidas (0 - 20mA)
Cartucho de señales	1 Máx.		
Módulos de señales	2 Máx.	8 Max.	8 Max.
Max. E/S - Digitales	82	284	284
Max. E/S - Análogas	15	51	51
Contadores rápidos:	5 total (6 con SB)	6 total	6 total
- Fase simple	3@100 kHz y 1@30 kHz (ó 2@30kHz con SB)	3@100 kHz y 3@30 kHz	3@100 kHz y 3@30 kHz
- Fase doble cuadratura	3@80kHz y 1@20kHz (ó 2@20kHz con SB)	3@80kHz y 3@20kHz	3@80kHz y 3@20kHz
Salidas de pulsos	4 @ 100 kHz (unicamente Salidas DC)		
Entradas de capturas de pulso	8	14	14
Interrupciones cíclicas	4 en total con resolución 1ms		
Interrupciones por flancos	8 ascend. y 8 descend	12 ascend. y 12 descend.	12 ascend. y 12 descend.
Lazos PID	16		
Puertos de comunicación	5 máx (por medio de Módulos)	5 máx (por medio de Módulos)	6 máx (por medio de Módulos)
Módulos de comunicación	3 módulos máximo por configuración		
Puerto Industrial ETHERNET Integrado	1	1	2
- Protocolos:	Industrial Ethernet Estandar - TCP/IP - ISO on TCP - UDP - Modbus TCP/IP - S7 como servidor		
Puerto serial Industrial	Serial RS232, RS485, Asi, PROFIBUS DP, DNP3 por medio de módulo de comunicación.		
- Protocolos:	USS - Modbus RTU Maestro/Esclavo, ASCII,Asi, PROFIBUS maestro, PROFIBUS esclavo, DNP3 y Free port.		

Tabla 7 características de S7 – 1200

El nuevo controlador modular compacto SIMATIC S7-1200

- Diseño escalable y flexible para adaptarse exactamente a sus requerimientos de aplicación
- Comunicación Industrial para satisfacer sus requerimientos de red
- Tecnología integrada y Diagnóstico para resolver sus tareas de automatización más complejas



FIGURA 27 descripción simatic s7-1200

3.2.1.1.2 Módulos de extensión del PLC

Aunque el modelo de PLC que se ha utilizado dispone de varias entradas y salidas digitales, en esta instalación es necesario añadir módulos adicionales de ampliación.

3.2.1.1.2.1 Módulo de salidas digitales

Al finalizar el diseño de la instalación el resultado es que se necesitan más salidas digitales de las que el módulo de la CPU compacta del PLC tiene. De esta forma se plantea la necesidad de añadir un módulo de expansión de salidas digitales. De entre las diferentes opciones que presenta el fabricante para poder ampliar nuestro modelo de PLC se escoge la siguiente:

Módulos de entradas digitales		
100262793	6ES7221-1BF30-0XB0	SM 1221, 8 DI, 24V DC, SINK/ SOURCE,
100261352	6ES7221-1BH30-0XB0	SM 1221, 16 DI, 24V DC, SINK/ SOURCE,
Módulos de salidas digitales		
100261065	6ES7222-1BF30-0XB0	SM 1222, 8 DO, 24V DC, transistor 0, 5A
100262796	6ES7222-1BH30-0XB0	SM 1222, 16 DO, 24V DC, transistor 0, 5A
100262171	6ES7222-1HF30-0XB0	SM 1222, 8 DO, RELE 2A
100262168	6ES7222-1HH30-0XB0	SM 1222, 16 DO, RELE 2A

Tabla 8 modelos de módulos de Entradas y salidas digitales



FIGURA 28 modulo de entradas digitales

3.2.1.1.2.2 Módulo de Entradas analógicas

Es necesario ampliar el número de entradas analógicas por lo menos en una

Más. El módulo central ya lleva incorporadas dos entradas analógicas normalizadas (0 – 10 vdc), pero en el proyecto trabajaran con normalización de corriente 4 a 20 ma. En el proyecto se tiene 4 señales de entradas analógicas.

La oferta de componentes para ampliación de entradas o salidas analógicas para la CPU escogida es bastante reducida.

Módulos de entradas analógicas		
100262429	6ES7231-4HD32-0XB0	SM 1231, 4 Entradas Analógicas (+/-10V, +/-5V, +/-2.5V, 0..20mA x 12bits + Signo)
100262443	6ES7231-4HF32-0XB0	SM 1231, 8 Entradas Analógicas (+/-10V, +/-5V, +/-2.5V, 0..20mA x 12bits + Signo)
100277345	6ES7231-5PD32-0XB0	SM 1231 RTD, 4 Entradas para RTD (termo-resistencia) x 16 bit del tipo: Platino (Pt)
100175408	6ES7231-5PF30-0XB0	SM 1231 RTD, 8 Entradas para RTD (termo-resistencia) x 16 bit del tipo: Platino (Pt), Cobre (Cu), Nickel (Ni) o Resistencia
100273586	6ES7231-5QD32-0XB0	SM 1231 TC, 4 Entradas TC (termo-cuplas) x 16 bit del Tipo: J, K, T, E, R, S, N, C, TXK/ XK(L) ó Voltaje rango: ±80 mV
100278033	6ES7231-5QF32-0XB0	SM 1231 Tc, 8 Entradas TC (termo-cuplas) x 16 bit del Tipo: J, K, T, E, R, S, N, C, TXK/ XK(L) ó Voltaje rango: ±80 mV
100247201	7MH4960-2AA01	WP 231 SIWAREX, Módulo de pesaje, Ethernet (Modbus TCP/IP) and RS485 (Modbus RTU)
Módulos de salidas analógicas		
100025707	6ES7232-4HA30-0XB0	SB1232, 1 Salida Analógica (+/- 10V x 12 bits ó 0..20mA x 13 bits)
100260614	6ES7232-4HB32-0XB0	SM1232, 2 Salidas Analógicas (+/-10V x 14 bits ó 0..20mA x 13 bits)
100268764	6ES7232-4HD32-0XB0	SM1232, 4 Salidas Analógicas (+/-10V x 14 bits ó 0..20mA x 13 bits)
Módulos de entradas/salidas analógicas		
100260612	6ES7234-4HE32-0XB0	SM 1234, 4 AI / 2 AO, +/- 10V, resolución 14 BIT, ó 0- 20 mA, resolución 13 BIT

Tabla 9: modelos de módulos de entradas y salidas analógicas



FIGURA 29 modulo de entradas analógicas

3.2.1.1.3 Variador de frecuencia

El variador de frecuencia tiene como función controlar la velocidad de los motores dentro del proceso tales como los moto-reductores para la agitación de producto mt-4285, superpac y sedimentación utilizando dos velocidades y en otras la reducción de ella.

Los parámetros serán ajustados en el variador y el control de los cambios de velocidades será dado por emisión de señales del plc para que así pueda realizarse el control necesario tanto de fallas como de funcionamiento.

Mediante las pruebas realizadas a los químicos a utilizar se ha brindado el cuadro antes mencionado donde indica las frecuencias a trabajar para cada una.



FIGURA 30 variador yaskawa

3.2.1.1.4 Fuente de alimentación

SITOP modular cumple los más altos requisitos de funcionalidad; por ejemplo, el empleo en máquinas e instalaciones complejas. La entrada de rango amplio permite usarlas en cualquier red del mundo y garantiza la máxima seguridad y fiabilidad incluso cuando hay grandes fluctuación es de tensión. El aumento transitorio de potencia (función Power Boost) permite entregar brevemente una corriente de tres veces la intensidad nominal. En caso de sobrecarga puede elegir: intensidad constante con rearme automático o desconexión que exige rearme expreso. Las fuentes SITOP PSU100M 20 A con conexión monofásica y las trifásicas SITOP PSU300M 20 y 40 A y el nuevo transformador de medida DC/CD

SITOP PSU400M 20A ofrecen aún más. Gracias a su estrecho diseño se encuentran entre las más compactas de su clase y se integran perfectamente en las aplicaciones más diversas. Entre las mejoras realizadas figuran un contacto de señalización integrado para “24 V O.K.”, un rango de entrada ampliado y 1,5 veces la intensidad nominal durante 5 segundos como máximo. El elevado rendimiento del 93% aumenta la eficiencia energética.

Ventajas:

- Para 24 V aplicaciones exigentes de 5 a 40 A
- Transformador de medida DC/DC 24 V/ 20 A para redes de accionamiento y batería.
- Con 48 V/20 A permite utilizar secciones de cable pequeñas.
- Cuerpo compacto de metal.
- No es preciso respetar distancias libres por los costados
- Entrada de rango amplio.
- Potencia extra para sobrecargas breves durante el servicio normal
- Aumento transitorio de potencia (PowerBoost) para activar dispositivos de protección.
- Comportamiento seleccionable en caso de cortocircuito.
- Curva suave seleccionable para conexión en paralelo.
- Alto rendimiento.

- Indicación del estado mediante tres LED.
- Caja Metálica.
- Posible configuración redundante en caliente.

MONOFÁSICAS					
100017639	6EP1333-3BA00	120/230-500 V AC	24 VDC	5 A	SITOP MODULAR 5, Fuente de alimentación estabiliz.
100017640	6EP1334-3BA00	120/230-500 V AC	24 VDC	10 A	SITOP PSU200M 10 A, Fuente de alimentación estabiliz.
100017641	6EP1336-3BA00	20/230 V AC	24 VDC	20 A	SITOP MODULAR 20, Fuente de alimentación estabiliz.
100017642	6EP1337-3BA00	20/230 V AC	24 VDC	40 A	SITOP MODULAR 40, Fuente de alimentación estabiliz.
TRIFÁSICAS					
100017589	6EP1436-3BA00	3 x 400-500 V 3 AC	24 VDC	20 A	SITOP MODULAR 20, Fuente de alimentación estabiliz.
100017592	6EP1437-3BA00	3 x 400-500 V 3 AC	24 VDC	40 A	SITOP MODULAR 40, Fuente de alimentación estabiliz.
100154423	6EP1456-3BA00	3 x 400-500 V 3 AC	48 VDC	10 A	SITOP PSU300M 48V/10A, Fuente de alimentación estabiliz.

Tabla 10 modelo de fuentes de alimentación estabilizados



FIGURA 31 fuentes de alimentación estabilizada

3.2.1.1.5 Relés de maniobra

Para el montaje de la maniobra de control del automatismo se han utilizado relés de 2 y 4 contactos junto con sus zócalos correspondientes para poder montarlos sobre carril DIN.

La utilización de relés está justificada debido al cumplimiento de la normativa vigente respecto a la seguridad eléctrica en mandos de control (ISO 13849-1), la cual exige la implementación de la maniobra de marcha, paro y emergencias mediante relés físicos y nunca a través de PLC.

Las características más importantes de los dos tipos de relés utilizados son las siguientes:

Fabricante	Omron
Modelo	MY4 4PDT
Características	Aviso mecánico, led, botón de prueba
Tensión de la bobina	24 V DC
Número de contactos	4
Corriente máxima de conm.	5 A
Potencia de conmutación máx.	1125 VA
Potencia de la bobina	0,9 W

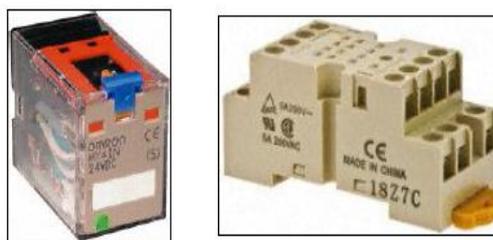


Tabla 11 Especificaciones del micro relé

Sobre las mismas líneas se encuentran los contactores, siendo capaces de pilotar la interrupción mediante una bobina de maniobra. Su diferencia principal con los relés se basa en su robustez, es decir poder de corte. En nuestro montaje se ha escogido un contactor para interrumpir las líneas de potencia de la bomba. Se comenta además la necesidad de este elemento de interrupción

de potencia por normativa. A continuación se enumeran las características más relevantes del contactor utilizado:

3RT1015-1A contactor Selección:				
3-Phase Motor Horse power	Built-In auxiliares Contactos	Cont. Amps	Bobina de la CA Voltaje	Catálogo #
1 ½ hp @ 200 V 2 hp @ 230 V 3 hp @ 460 V 5 hp @ 575 V	1 – NO	20	24	3RT1015-1AB01
			120	3RT1015-1AK61
			208	3RT1015-1AM21
			240	3RT1015-1AP61
			480	3RT1015-1AV61

Tabla 12 modelos de contactores siemens

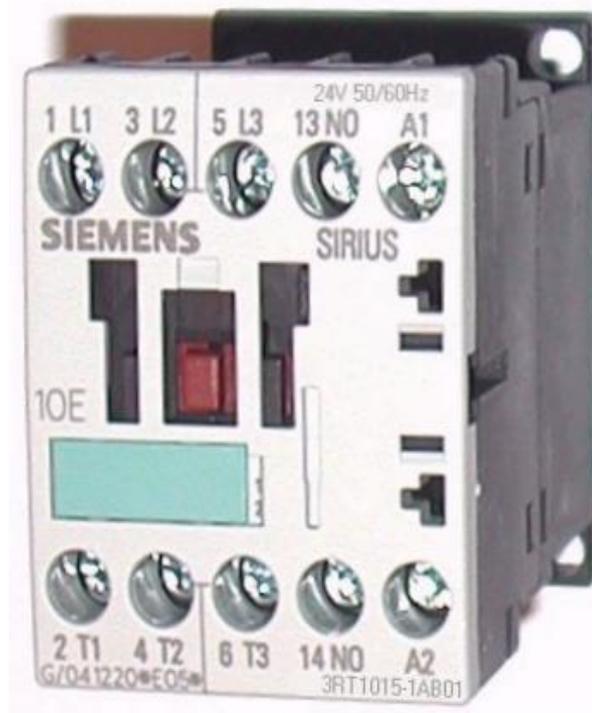


FIGURA 32 Contactor principal con bobina 24vdc

3.2.1.1.6 Panel HMI

Sin duda los paneles HMI facilitan la operatividad de los procesos haciendo las cosas más fáciles hacia el personal usuario. En procesos de automatización no pueden quedar ajenos ya que son parte fundamental del control para que el operador pueda visualizar e intervenir en un proceso específico y desde un punto poder supervisar que las actividades se den correctamente. A continuación se brinda un cuadro de paneles HMI con conexión industrial Ethernet:

PANELES BÁSICOS (Industrial Ethernet)			
100156877	6AV6647-0AH11-3AX0	SIMATIC Basic KP300 mono PN. Pantalla STN monocromática de alta resolución 3", 10 teclas de función configurables. Elección libre del color de retroiluminación LED: colores blanco, verde, rojo y amarillo. Cada color puede asignarse a distintos avisos. De este modo, el KP300 permite prescindir de una luz de alarma independiente.	1,037
100227277	6AV6647-0AA11-3AX0	SIMATIC Basic KP400 color PN. Pantalla 4" TFT color, 36 teclas función.	2,012
100025511	6AV6647-0AK11-3AX0	SIMATIC Basic KTP400 mono PN. Pantalla 4" STN monocromática, Pantalla táctil y 4 teclas función.	1,524
100227278	6AV6647-0AB11-3AX0	SIMATIC Basic KTP400 color PN. Pantalla 4" TFT color, Pantalla táctil y 4 teclas función.	2,012
100025512	6AV6647-0AC11-3AX0	SIMATIC Basic KTP600 mono PN. Pantalla 6" STN monocromática, Pantalla táctil y 6 teclas función.	2,439.
100025513	6AV6647-0AD11-3AX0	SIMATIC Basic KTP600 color PN. Pantalla 6" TFT color, Pantalla táctil y 6 teclas función.	3,659
100026095	6AV6647-0AE11-3AX0	SIMATIC Basic KTP1000 PN. Pantalla 10" TFT color, Pantalla táctil y 8 teclas función.	8,537
100026094	6AV6647-0AG11-3AX0	SIMATIC Basic KTP1500 PN. Pantalla 15" TFT color, Pantalla táctil.	Consultar
Para todos los paneles Ethernet: Funciones: Alarmas, Recetas, Grafica Cruvas, Graficos Vectoriales y Administracion de usuarios. Interfaz Industrial Ethernet soporta protocolos abiertos (PROFINET, Modbus TCP/IP, estandar Ethernet). Grado de protección en el frente IP65, NEMA 4, NEMA 4x, NEMA 12 (montado), certificado para montajes en ambientes marinos. Configuración con WinCC Flexible 2008 compact SP1 ó WinCC Basic V11 o superior.			

Tabla 13 paneles básicos

El panel a utilizar teniendo en cuenta la complejidad del proyecto y las necesidades dadas es un SIMATIC basic KTP600 color PN de 6", pantalla táctil y 6 teclas de función programables. Panel básico que nos será útil para el control y supervisión.



FIGURA 33 panel HMI simatic KTP600 color de 6"

3.2.1.2 Cuadro electro-neumático de control

En este capítulo se recoge la información relativa a los componentes que forman el circuito hidráulico. Se detallan sus características más importantes y su uso dentro del circuito.

3.2.1.2.1 Electro-válvulas 5/2 vías

Las electroválvulas son necesarias en el proyecto para el control del fluido hidráulico en la abertura y cerrado de la válvula tipo mariposa. En el proyecto se utilizaran para la canalización del agua tratada, del lodo y filtros.

A continuación se muestran las características de las electroválvulas utilizadas:

- electroválvula neumática 05 vías / 02 posiciones

- centro abierto

- conexión de 1/4" voltaje 220 Vac.



FIGURA 34 Electro-válvula 5/2 vías



FIGURA 35 Válvula neumática tipo mariposa

3.2.1.2.2 Válvula solenoide:

La solenoide jugaran un papel importante dentro del proyecto ya que serán los encargados de controlar a las bombas diafragmas dentro del proceso. Dentro de la planta se utilizar 3 válvulas tipo solenoide. Sus características se mencionan a continuación:

Válvula Solenoide de Bronce / Voltaje: 110 Vac y 220 Vac
Válvulas solenoides para uso en agua, aceite, vapor, petróleo conexiones desde 3/8" hasta 2"

Este tipo de válvulas es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal. Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.



FIGURA 36 Válvula tipo solenoide bobina 220vac

3.2.1.3 Cuadro de actuadores neumáticos y eléctricos

3.2.1.3.1 Bomba dosificadora

Las bombas dosificadoras son parte importante del proceso ya que serán los encargados de inyectar los químicos en cantidades necesarias al tanque sedimentador, esto se lograra programando los parámetros necesarios en el dosificador. Tener en cuenta que se utilizar una bomba dosificadora electrónica de bobina 220 vac y que tenga el control necesarios para la mayor precisión posible en el volumen de fluido a definir.



FIGURA 37 Bomba dosificadora electrónica marca iwaki

3.2.1.3.2 Bombas diafragmas neumáticas

Es un tipo de bomba de desplazamiento positivo alternativo, en la que el aumento de presión se realiza por el empuje de unas membranas elásticas (o diafragmas) que permiten crear un volumen variable en la cámara de bombeo, aumentándola en la fase de aspiración y reduciéndola en la fase de expulsión del fluido. Unas válvulas de retención (normalmente de bolas) controlan que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión. La acción de estas bombas es neumática, o sea que se aprovecha la presión del aire comprimido, o de cualquier otro gas compatible con el uso.



FIGURA 38 Bomba diafragma neumática

3.2.1.3.3 Moto reductores

Dentro del proceso se utilizar moto-reductores debido a la densidad del líquido a utilizar y la necesidad no de la velocidad sino del torque para la agitación necesario Los motores a utilizar son de de 0.37kw, 1.1kw(163 n-m) y 11kw(6520n-m).



FIGURA 39 Moto reductor marca sew de 1.1.kw

3.2.1.4 Sensores y medidores

3.2.1.4.1 Sensores de Nivel ultrasónico.

Los sensores de nivel existe gran variedad de diseños y de principios de funcionamiento, los que más se ajustan a un proceso de Tratamiento de agua industrial son los sensores de ultrasonido ya que son baratos, fácil instalación, no están en contacto con el agua y no son víctimas de la corrosión de esta, tienen un buen rango de acción, estos sensores de nivel operan usando el principio de reflexión de ondas (sonido) sobre el agua.

El sensor está equipado con un trasmisor de pulsos a una frecuencia dada normalmente entre 15-200 Khz, y en un receptor de estos pulsos que indicará cuando la señal vuelve al punto de origen, midiendo el tiempo en el que se desarrolló este proceso. (Más información en anexo datasheet9)



FIGURA 40 Sensor Ultrasonido VEGASON 62. 4 ..20 ma – 2 hilos
Frecuencias bajas son usadas para largas distancias y usualmente nivel de sólidos y altas frecuencias son usadas para líquidos y distancias cortas.

3.2.1.4.2 PH-metro

En todo el proceso de tratamiento de aguas, ya sea para agua potable, industrial y/u otro tipo de uso, algo que es indispensable es el control del pH, ya que no solo es importante como proceso, sino que de este también se pueden desprender otros procesos, es decir por ejemplo en los procesos químicos con coagulantes y floculantes, se requiere que el pH tengan ciertos valores para que estos puedan actuar debidamente y dar mejores resultados. A continuación una descripción del sensor ph-metro.

El **pH-metro** es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.

La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. En consecuencia se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio delante el pH.

Una celda para la medida de pH consiste en un par de electrodos, uno de calomel (mercurio, cloruro de mercurio) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH.

La varita de soporte del electrodo es de vidrio común y no es conductor, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (vidrio sensible de pH).

Se llena el bulbo con la solución de ácido clorhídrico 0.1M saturado con cloruro de plata. El voltaje en el interior del bulbo es constante, porque se mantiene su pH constante (pH 7) de manera que la diferencia de potencial solo depende del pH del medio externo.

El alambre que se sumerge al interior permite conducir este potencial hasta un amplificador.



FIGURA 41 Sensor de PH

3.2.1.4.3 Presostato

El presostato es un interruptor de presión. Este aparato abre o cierra un circuito eléctrico en donde el fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión); mientras estos últimos entregan una señal variable en base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente.



FIGURA 42 Presostato para presión de aire bobina 220 vac

3.2.1.4.4 Boyas

Las boyas son sensores de nivel simples de activación mecánica que serán utilizadas en el proceso para informar al plc sobre el nivel de los químicos mt-4285 y superpac (si se encuentra en nivel máximo o mínimo). La boya a utilizar contara con un contacto NO como prioridad y bobina de 220vac/24vdc independientemente.



FIGURA 43 Flotador metálico con contacto NO/NC – bobina 220VAC

3.2.1.5 Otros equipos de proceso

3.2.1.5.1 Filtro prensas

El filtro prensa es un sistema de filtración por presión. Es uno de los tipos de filtros más importantes usados en el TESVG; consisten en una serie de placas y marcos alternados con una tela filtrante a cada lado de las placas. Las placas tienen incisiones con forma de canales para drenar el filtrado en cada placa. Con capacidad de 0.5 a 300 pies cúbicos. Podemos encontrarlas en acero al carbón resistencia química o bien de acero inoxidable.

Los filtro prensa tienen una amplia aplicación en la separación sólido-líquido. Se utilizan mucho para el filtrado y clarificación de numerosos líquidos, también tienen utilidad en las industrias químicas o en las de los textiles artificiales, industria azucarera, cervecería, vinificación, industrias aceiteras, industria cerámica o en ciertas industrias extractivas. Actualmente los filtros prensa tienen un uso preferencial en muchas industrias por los altos rendimientos obtenidos, factor determinante en la industria pesada y minera, donde se exigen respuestas muy efectivas con equipos de nivel técnico especial.

Ventajas:

- Gran superficie de filtración con poco espacio ocupado gracias a la disposición en paralelo de los elementos y elevadas cadencias de filtración.
- Filtros que toleran presiones elevadas (hasta 25 bares). Es cierto que esta ventaja es teórica en el caso de las industrias agro-alimentarias ya que forzosamente se aplican presiones moderadas de filtración con el fin de reducir la resistencia específica de la torta.

- Lavado excelente de las tortas. Los filtros prensa son los que permiten los mejores lavados, y por lo tanto los mejores rendimientos (en el sentido estricto del término, es decir, relación entre la cantidad de extracto recuperado a la salida y la cantidad de producto a la entrada) ello explica la presencia de filtros- prensa en todas las industrias en las que el agotamiento de las tortas es imprescindible: cervecerías, sidrerías, destilerías, azucareras y aceiteras. Además se obtienen unas tortas de baja humedad residual lo que facilita su posterior utilización (destinadas a la alimentación del ganado)
- Calidad de la filtración. Los filtrados más limpios se obtienen con los filtros prensa.
- Versatilidad de uso. Toleran importantes variaciones de la calidad del líquido a tratar.
- Bajo coste de inversión comparado con los demás sistemas de filtración.

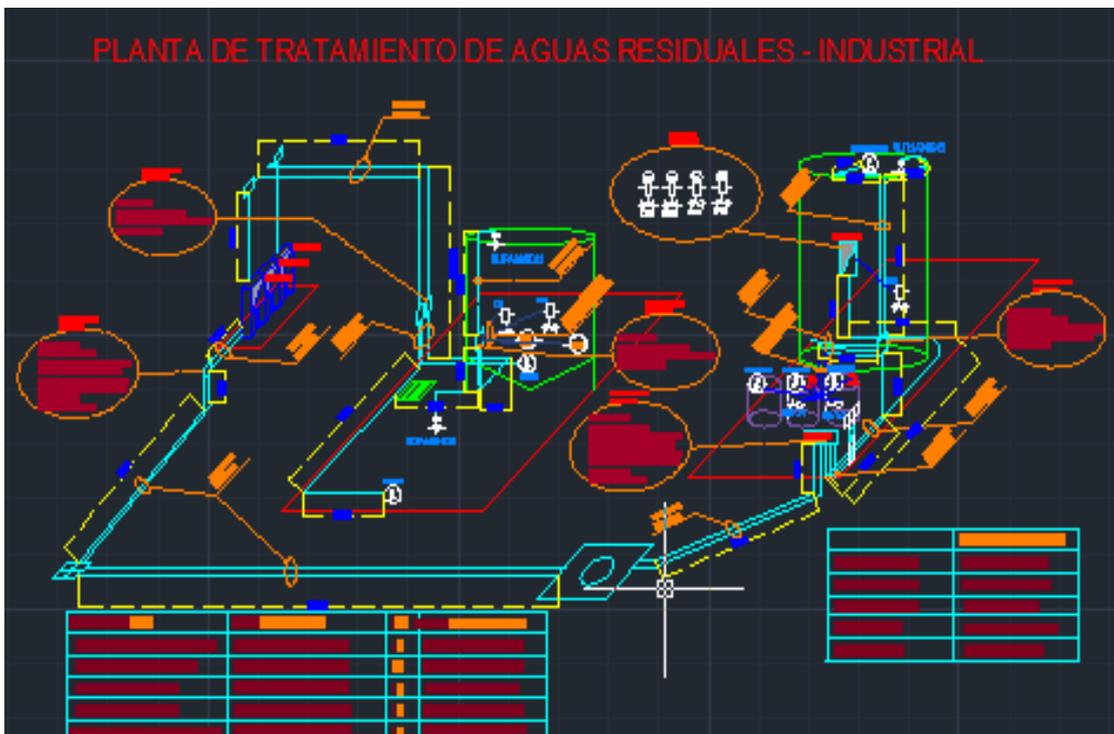


FIGURA 44 Filtro prensas para la separación del lodo en plaquetas

3.3 DISEÑO PROTOTIPO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES CERÁMICAS

Concientizándonos con el uso adecuado del agua para plantas industriales cerámicas y sabiendo de plan de reutilización que puede darse con respecto al agua generada por el esmalte y el engobe (explicado anteriormente), se da un punto de opción hacia estas industrias para realizar un reciclaje adecuado (consiste en generar agua clara con PH más estabilizado y generar lodo para el uso de cerámica artesanal). Teniendo en cuenta este gran punto vemos la necesidad de la inclusión de la automatización para realizar trabajos con precisión y calidad para así mismo evitar el contacto del personal en las zonas derivadas reduciendo los riesgos y peligros hacia los operadores en cada punto. Para ello los trabajos de programación según los requerimientos dados, irán de la mano con un panel HMI para que el operador trabaje desde la zona de tableros sin verse inmerso en el proceso del tratamiento. A continuación se especifican las diferentes distribuciones y diagramas necesarios para la propuesta planteada:

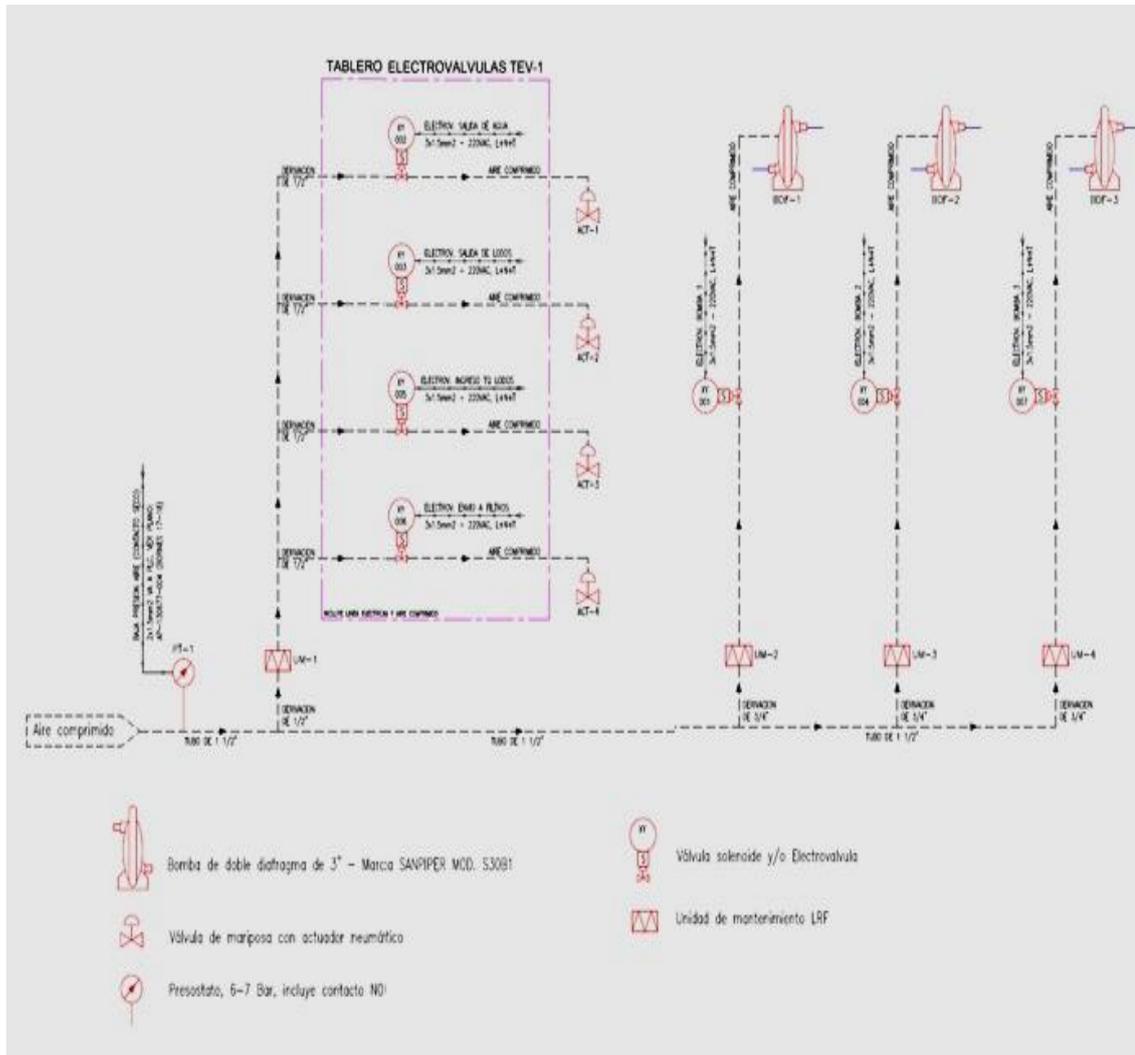
3.3.1 distribuciones de instrumentos en campo para la automatización



PLANO 02. Distribución de equipos, instrumentos y tableros en planta

En el plano se ha diseñado la distribución necesaria en campo para cada uno de los instrumentos, motores, tableros, ductos y tanques a utilizar para el funcionamiento del proceso.

3.3.2 diagrama esquemático sistema neumático

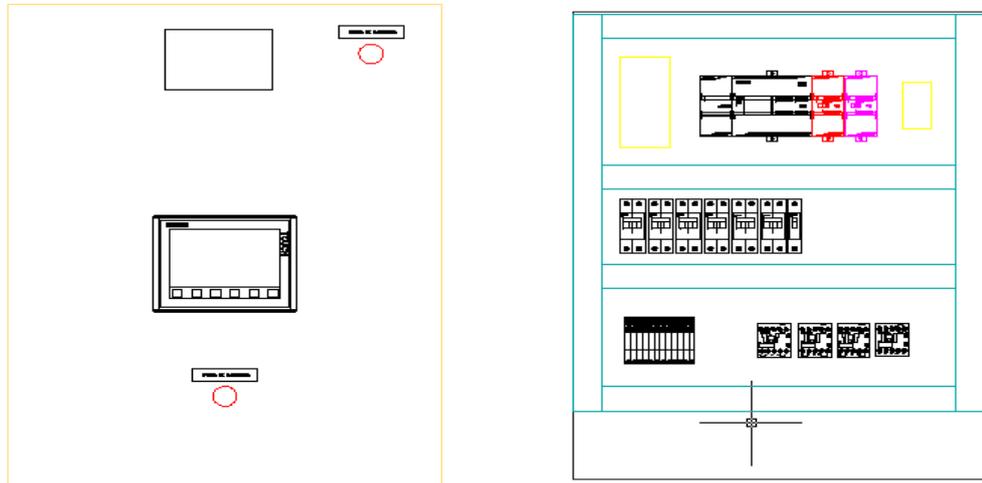


PLANO 03 P&ID de distribución electro-neumática

En el plano PID se muestra el sistema neumático a utilizar para el control de las válvulas de mariposa con accionamiento neumático y a su vez el uso de las válvulas solenoides para el control de las bombas tipo diafragma que serán usadas para la canalización del sistema hidráulico.

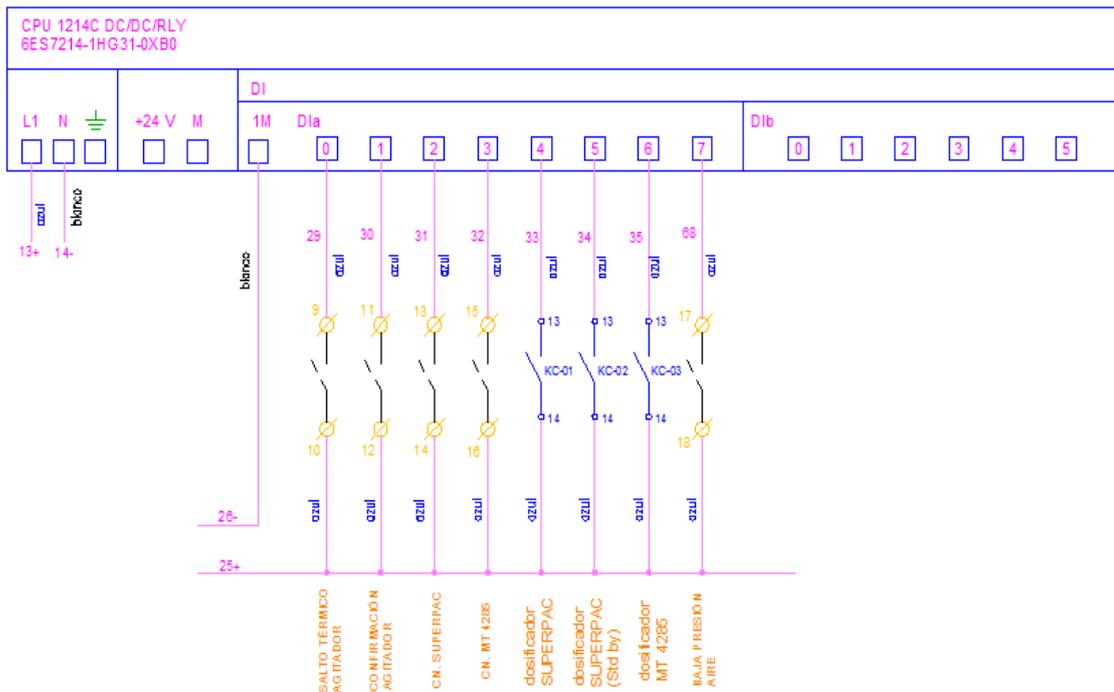
3.3.3 elaboraciones de esquemas eléctricos para tableros de control

3.3.3.1 planos de tablero de control con plc



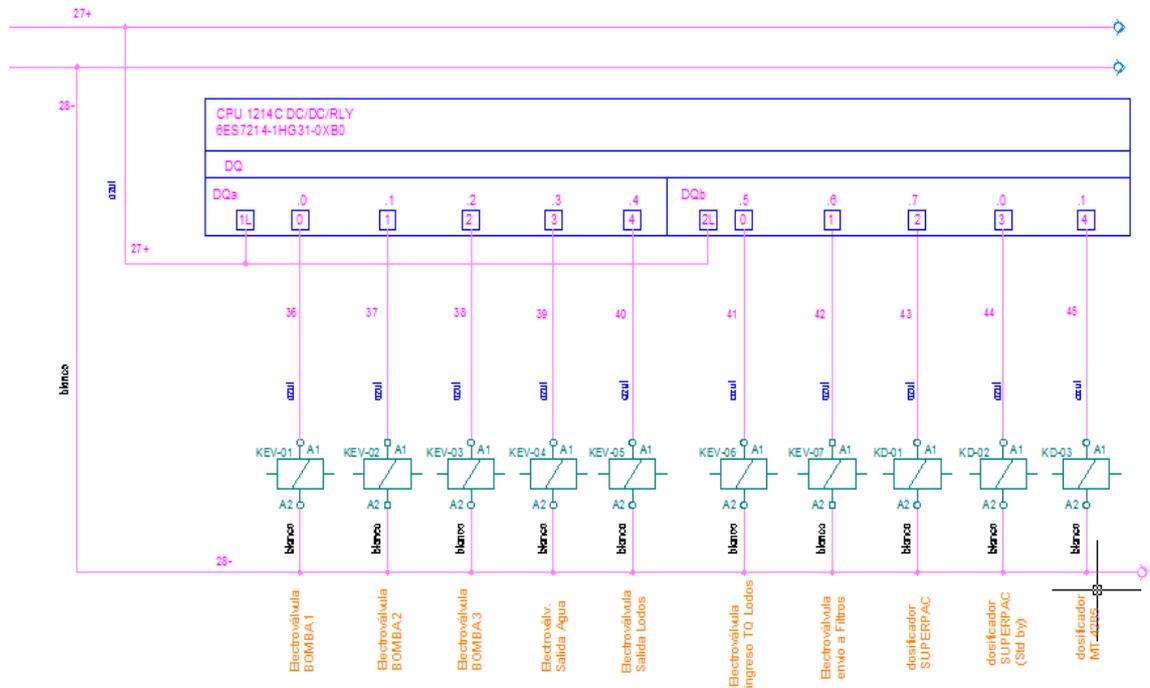
Plano 4.1 distribución mecánica de componentes para tablero de control

En el plano 4.1 se puede visualizar la distribución de los componentes (panel HMI, botones, contactores, ITM, etc.) en la parte frontal e interior del tablero a trabajar.

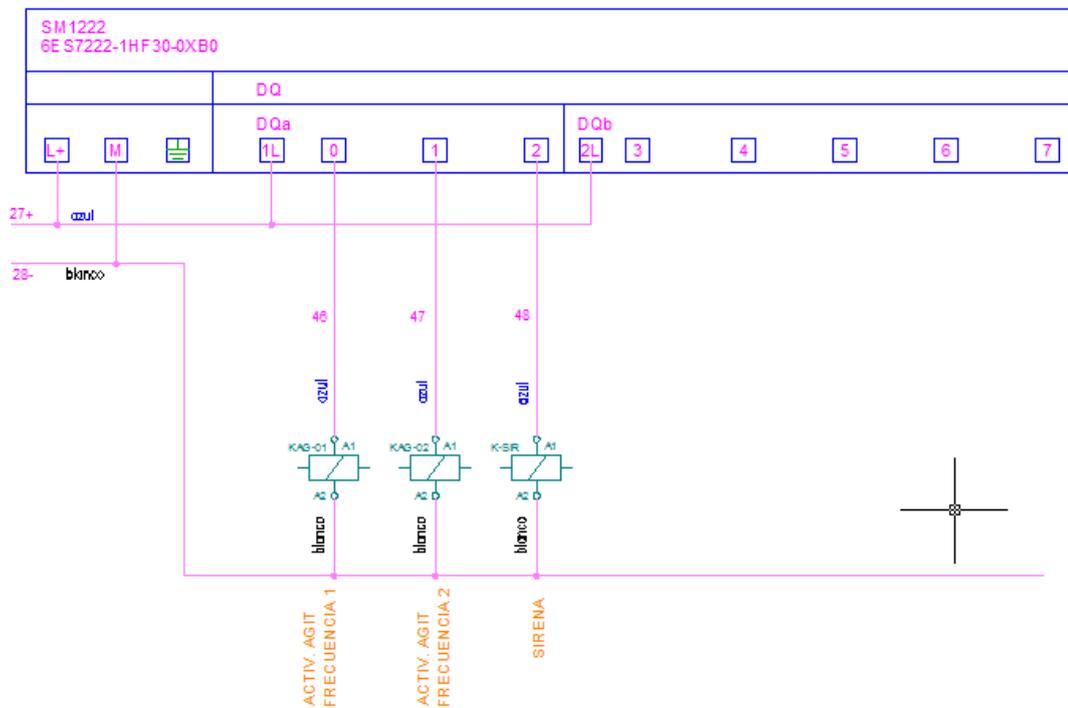


Plano 4.2 conexionado de entradas digitales en plc

En el plano 4.2 se visualiza el conexionado necesario en las entradas digitales del plc s7-1200 para su correcto funcionamiento. Tales entradas como consensos, presión de aire, saltos térmicos, control de nivel, etc.

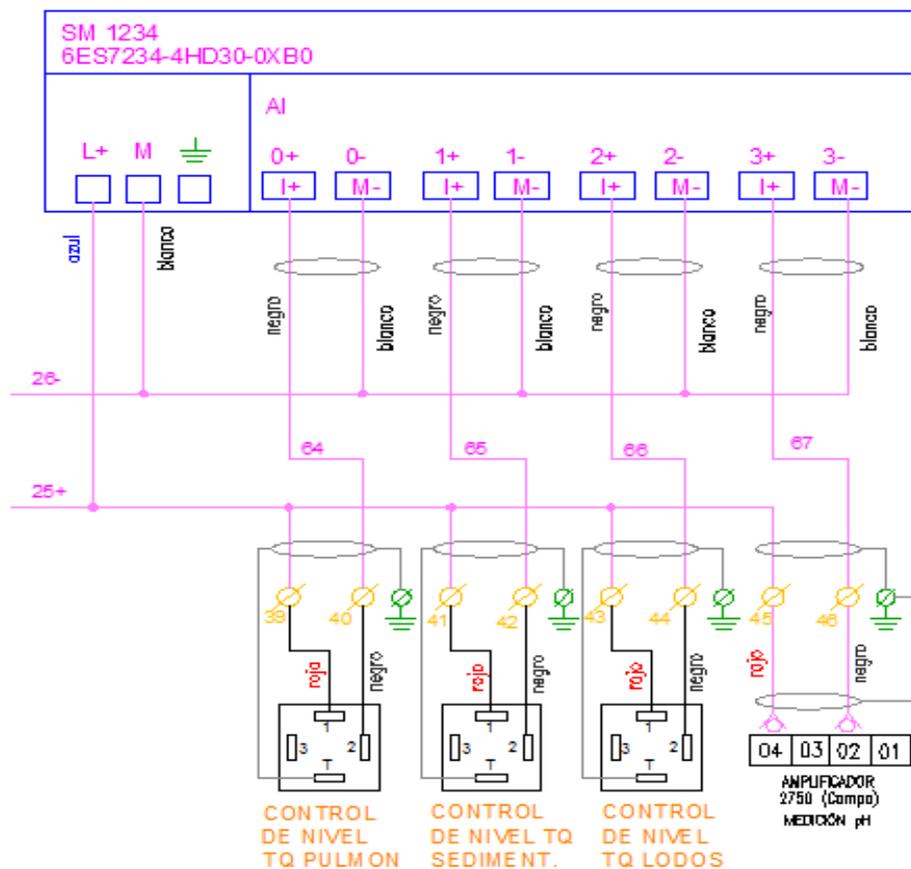


Plano 4.3 conexionado de salidas digitales en plc



Plano 4.4 conexionado de salidas digitales en plc

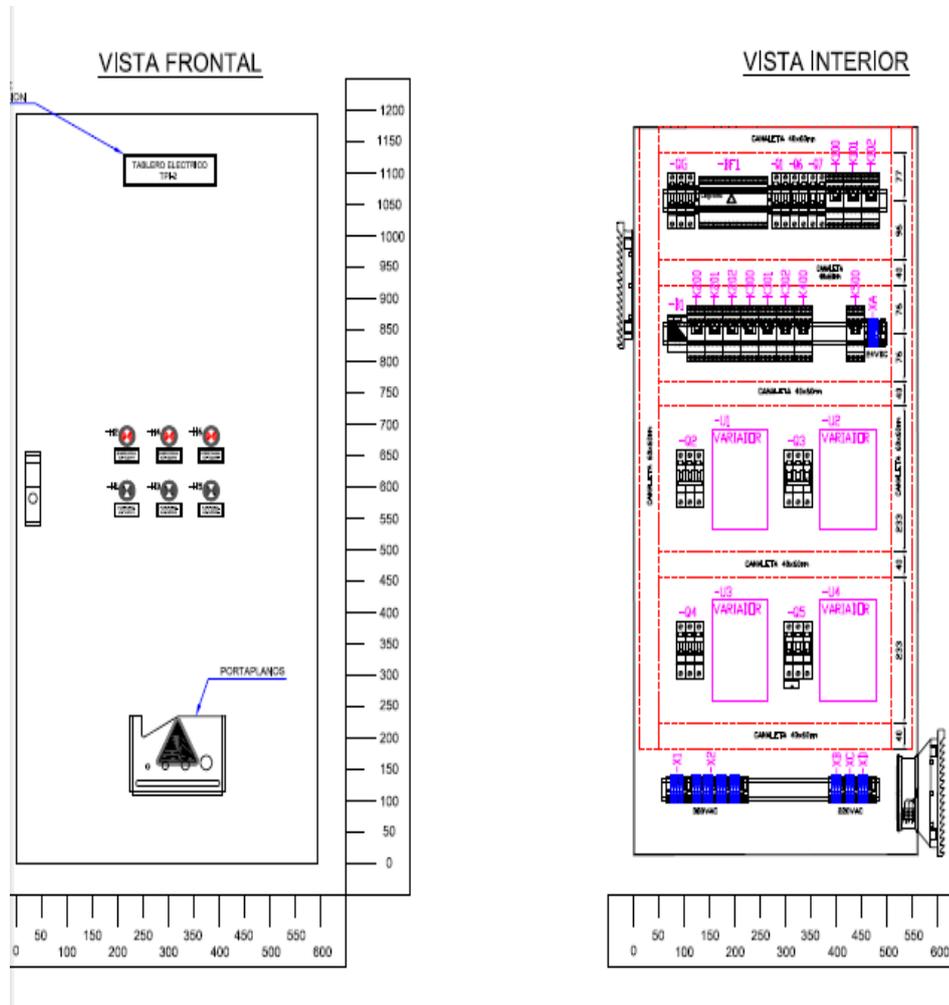
En el plano 4.3 y 4.4 se visualiza la conexión de las salidas en el plc s7-1200 para la pre-activación mediante relés de los accionares a utilizar (motores, bombas, velocidades, etc)



Plano 4.5 conexionado de modulo analógico

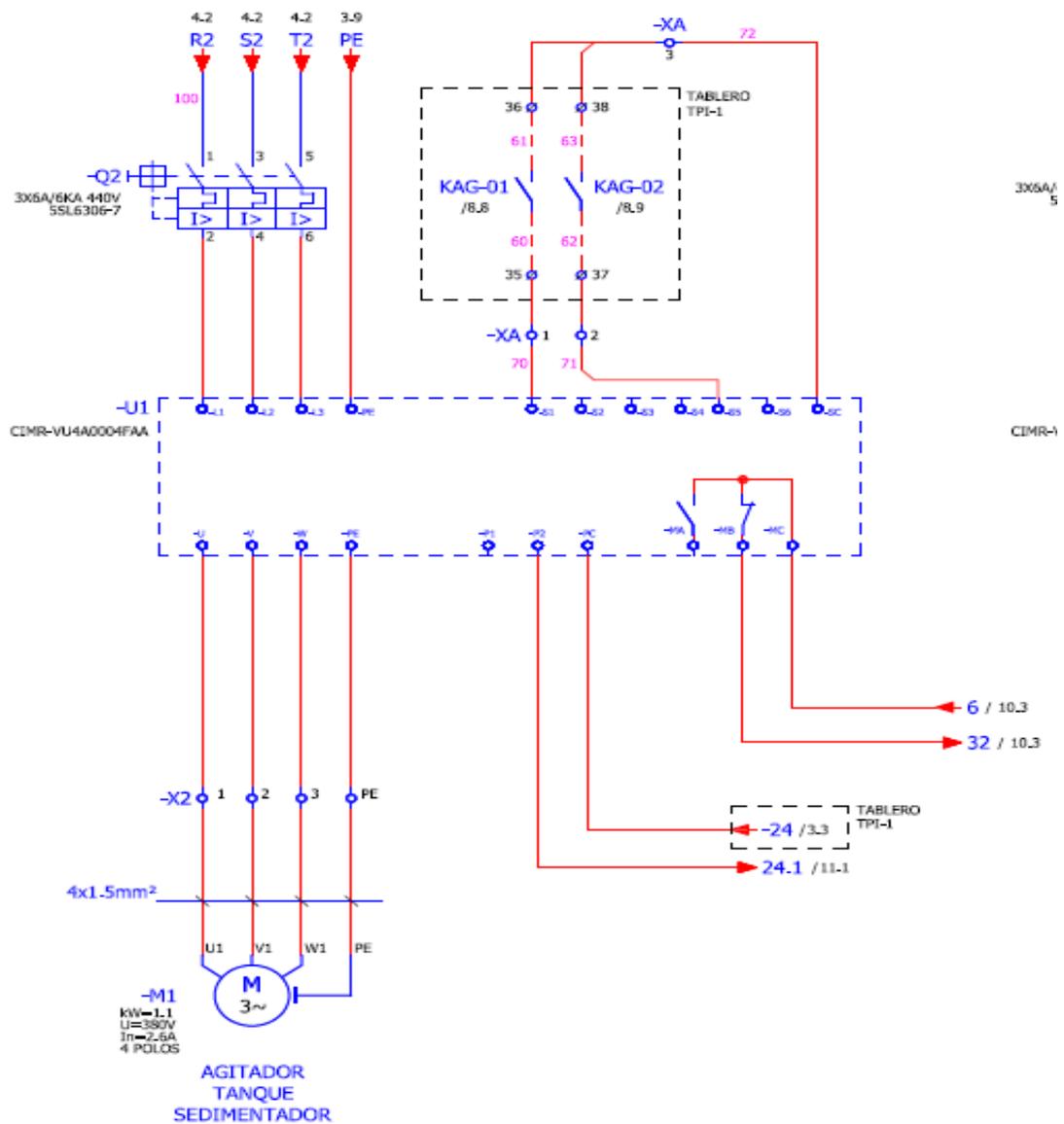
En el plano 4.5 se aprecia el conexionado correcto del módulo SM1234 para su correcto funcionamiento con respecto a las entradas análogas que necesitara el plc dentro del proceso. Dentro de las entradas analógicas a tratar en el proyecto están el pH-metro y los sensores ultrasónicos.

3.3.3.2 planos de tablero para control de variadores plano



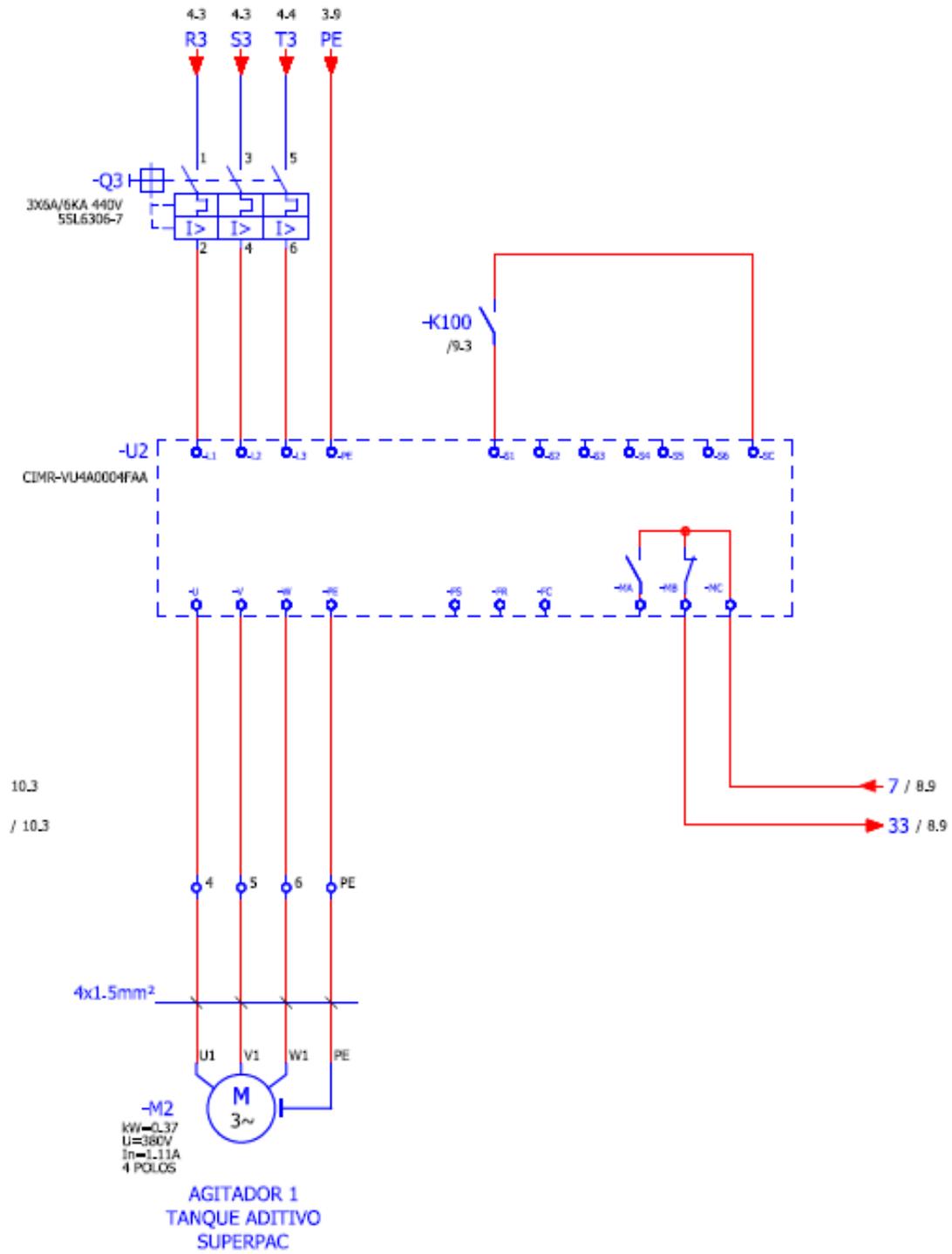
Plano 5.1 distribución mecánica de componentes en tablero para variadores

En el plano se muestra la distribución de componentes a utilizar para el tablero de variadores TTI-2 el cual tendrá la función de mando en la agitación de superpac, mt-428x y del sedimentador (con 2 velocidades). Este tablero tendrá comunicación mediante consensos con el plc s7-1200 que se ha tomado en cuenta en los siguientes planos.



Plano 5.2 conexión de variador para agitador de tanque sedimentador

En el plano 5.2 se muestra la correcta conexión del variador para tanque agitador sedimentador en el cual se indican los bornes a control a utilizar. Este variador debe brindar 2 velocidades a frecuencias definidas para la correcta agitación de los químicos.



Plano 5.3 conexionado de variador para agitador tanque superpac

3.3.4 Elaboración de diagrama de flujo para programación de s7-1200

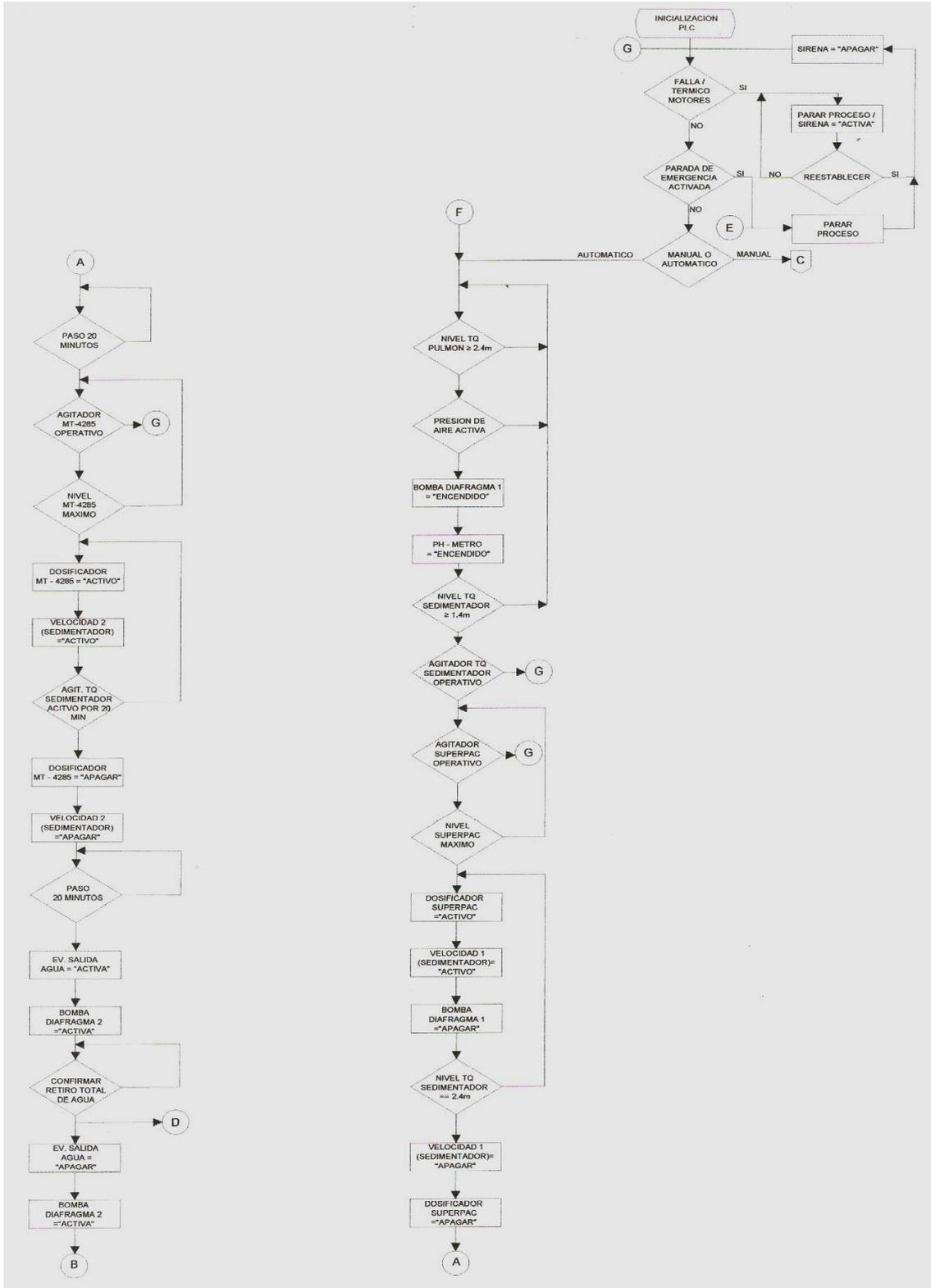


FIGURA 45 diagrama de flujo para programación - part1

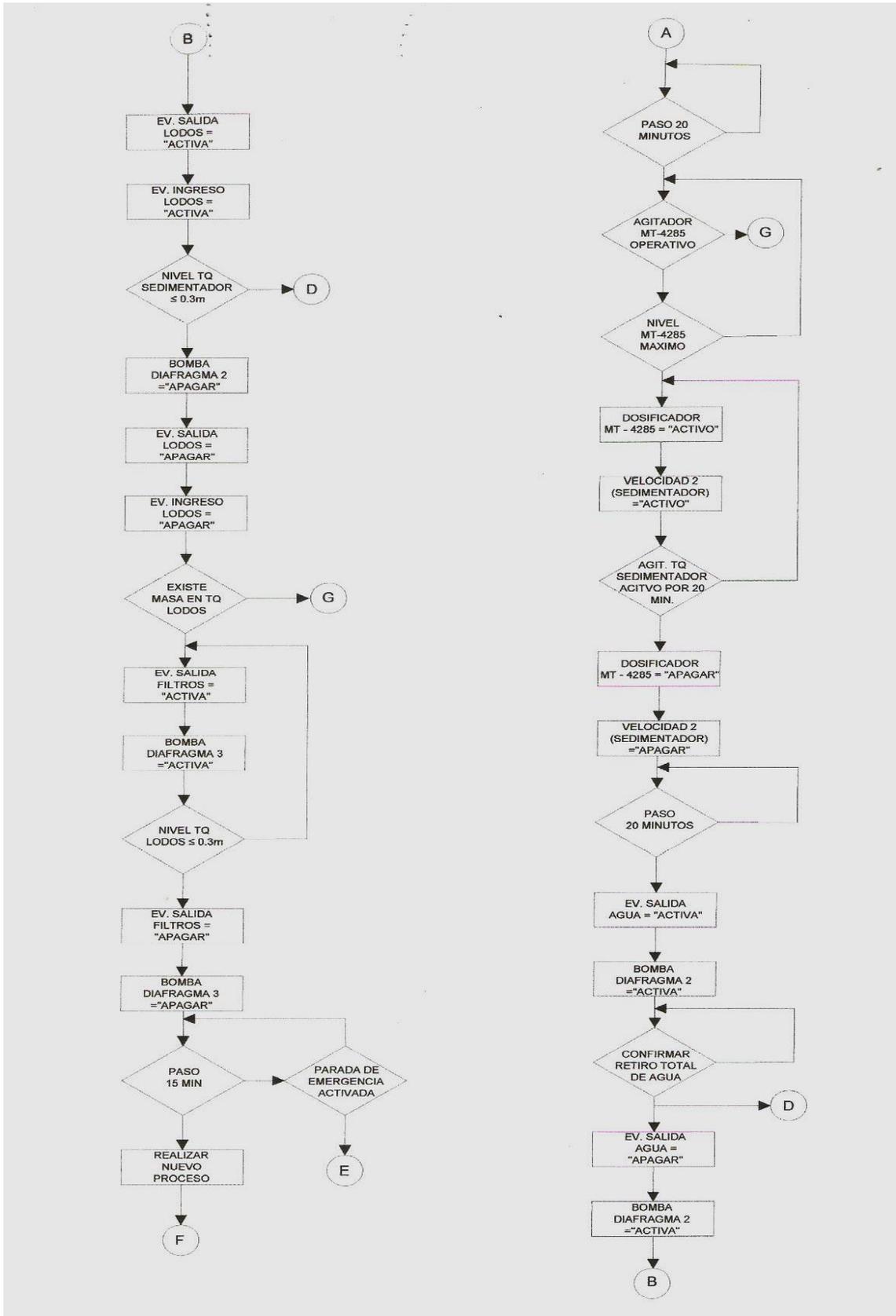


FIGURA 46 diagrama de flujo para programacion – part2

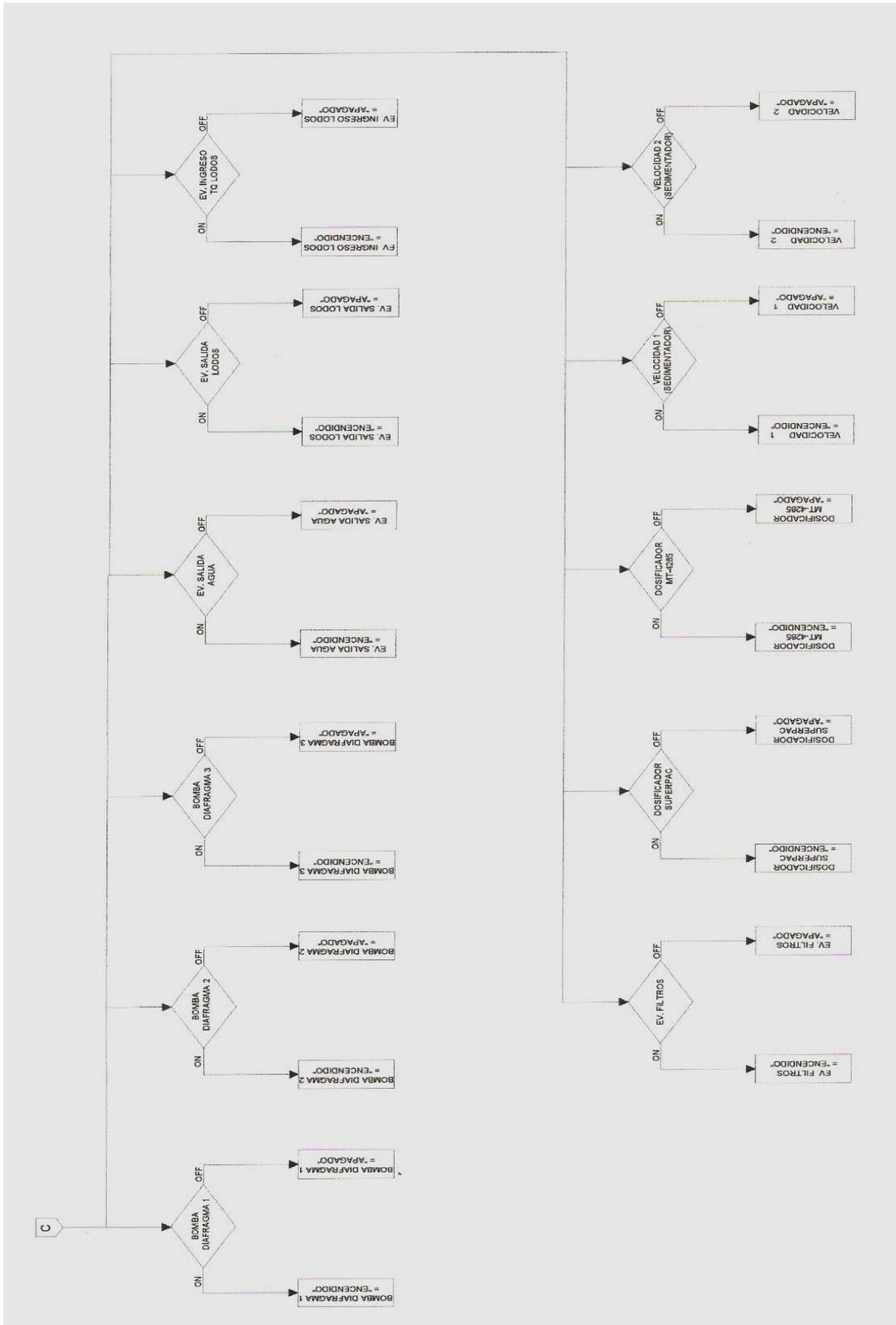


FIGURA 47 diagrama de flujo para programacion – part3

El diagrama de flujo elaborado con los requerimientos necesarios para realizar el tratamiento adecuado que se muestra en las imágenes anteriores. En ella se puede observar la secuencia necesaria para el sistema automatizado y manual parametrizandolo con los datos obtenidos del laboratorio con respecto a la dosis y la agitación necesaria para realizar el tratamiento del agua residual industrial cerámico.

3.3.5 escalamientos de señales analógicas

A continuación se visualiza los pasos para realizar un escalamiento creando una función, la cual nos valdrá para nuestras señales analógicas sin necesidad de repetirlas varias veces.

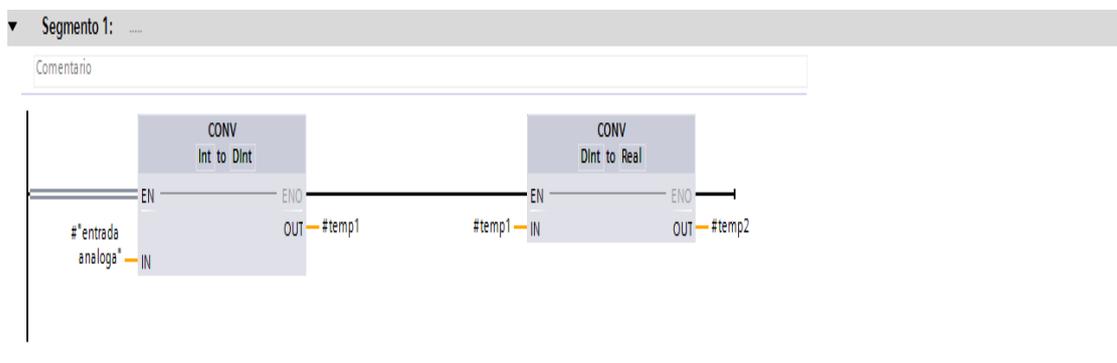


FIGURA 48 escalamiento – conversión de señal de ingreso

El primer paso es convertir la señal de ingreso dada por el sensor analógico en una data estándar en la cual se pueda trabajar las funciones dadas por lo cual es necesario llevarlo a un tipo de data real.

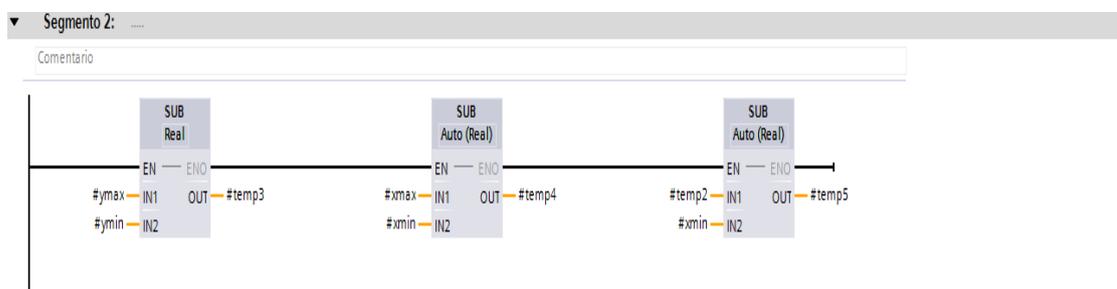


FIGURA 49 escalamiento – introducción de funciones PART1

Para realizar el escalamiento debemos realizar restas, sumas, multiplicación y divisiones entre datos de tipo real como se observa en los bloques.

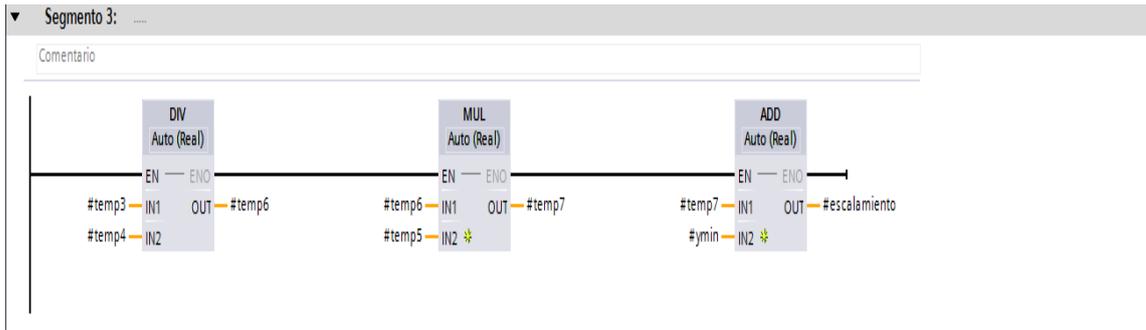


FIGURA 50 escalamiento – introducción de funciones PART2



FIGURA 51 bloque de función escalamiento generado

Una vez creada la función esta podrá ser usada como un bloque para el tratamiento de las diferentes señales analógicas dentro del proceso en la cual deberemos ingresar los datos necesarios dependiendo de la función obtenida.

Interfaz			
	Nombre	Tipo de datos	Comentario
1	Input		
2	entrada analoga	Int	
3	ymin	Real	
4	ymax	Real	
5	xmin	Real	
6	xmax	Real	
7	Output		
8	escalamiento	Real	
9	InOut		
10	<Agregar>		
11	Temp		
12	temp1	DInt	
13	temp2	Real	
14	temp3	Real	
15	temp4	Real	
16	temp5	Real	
17	temp6	Real	
18	temp7	Real	
19	Return		
20	Bloque_1	Void	

Tabla 14 tabla de entradas, salidas y temporales usados para el escalamiento.

CONCLUSIONES

- Se puede concluir que el método de tratamiento de aguas residuales industriales cerámicas puede desarrollarse y generar ingresos a la empresa por medio de venta del lodo generado por el engobe y esmalte. A su vez el agua clara recuperada puede utilizarse para el lavado de los molinos, aguas contra incendios, etc.
- Hoy en día el agua es materia fundamental de todo proceso industrial por lo cual es necesario el aprovechamiento al máximo del recurso. Estos tipos de estudios con respecto al tratamiento correcto del agua dura en industrias cerámicas sin duda es un gran aporte para minimizar las emisiones que aportan a la contaminación que tanto están perjudicando al planeta.
- La automatización es parte muy importante en la actualidad para la industria ya que genera mayor eficiencia, menos accidentes, menos personal de operación y mayor precisión que la mano de obra humana.
- Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son muy importantes dentro de las industrias ya que minimiza la contaminación, se aprovecha mejor el recurso (agua) y genera residuos (lodos) que pueden ser utilizados en otras actividades generando ingresos donde no se ve.
- El diagrama de flujo generado para su posterior programación está de acuerdo a los parámetros contemplados de laboratorio para que la automatización pueda generarse y realizar el control adecuado de la planta.

RECOMENDACIONES

- El agua clara recuperada puede llevar un sistema de filtración después de su almacenamiento basado en un sistema terciario con carbón activado para eliminación del olor y sustancias químicas que puedan ser tóxicas. Esto con la finalidad de que puedan ingresar nuevamente al proceso de fabricación del cerámico en su etapa de molienda. La distribución del tamaño de los poros y la base del material con respecto al carbón activado deberá darse una vez estudiada el tipo de agua clara recuperada.
- El tipo de tratamiento a realizar dependerá del estudio realizado en laboratorio para evaluar la mejor opción y método para el tratamiento del agua residual. Se tendrá en cuenta los parámetros emitidos por laboratorio para la automatización de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) industriales.
- Por ningún motivo almacenar el agua residual industrial generada por el engobe y esmalte sin actividad de agitación, ya que dejar en reposo por más de una hora generara la solidificación del agua residual dejándola muy maciza y esto puede causar inconvenientes como los mencionados a continuación:
 - Tener que realizar un mantenimiento del pozo o tanque para retirar la materia maciza y no llegar quemar los moto-reductores por el esfuerzo de par de arranque.
 - Desvíos del eje de los moto-reductores y rupturas de paletas.

BIBLIOGRAFÍA

- Antonio Creus Sole. Instrumentación industrial. 7ª edición: 2007.
- Ramón Piedrafita Moreno. Ingeniería de la Automatización Industrial. 2ª edición ampliada y actualizada: 2004.
- J. D. Montoya, M. González. Instrumentación y Automatización de Plantas de Tratamiento de Agua Industrial. Revista industrial: 2011.
- Antonio Rodríguez Fernández-Alba, Pedro Letón García, Roberto Rosal García, Miriam Dorado Valiño, Susana Villar Fernández, Juana M. Sanz García. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Informe de vigilancia Tecnológica: 2006.
- Empresa Lepsa. Planta Modular En PRFV para tratamiento de efluentes. Manual de operación y mantenimiento: 2013.
- Universidad de Oviedo. Introducción a SCADA y HMI. Diapositivas didácticas: 2005.
- SIEMENS. Detalles Técnicos S7-1200. Folleto Descriptivo: 2011.
- Anónimo. Tratamiento de variables analógicas Programables. Diapositivas didácticas: 2011

ANEXOS

ANEXO 1:

GUÍA SOBRE EL CONTENIDO DEL SOPORTE ELECTRÓNICO

A continuación se desglosa el contenido y la ubicación de toda la documentación

Adjunta en formato electrónico en el CD-ROM.

- **Carpeta “proyecto de investigación”**: contiene el proyecto de investigación realizada en formato .pdf.
- **Carpeta “Planos”**: contiene todos los planos en formato .pdf.
- **Carpeta “data sheet”**: contiene la documentación referente a la hoja técnica de equipos e instrumentos en formato .pdf.
- **Carpeta “imágenes”**: contiene imágenes adicionales sobre instalaciones y trabajos de montaje en PTAR en formato JPGE.
- **Carpeta “manual de procesos para tratamientos de aguas industriales”**: contiene documentación en formato .pdf.
- **Carpeta “diagrama de flujo para programación”**: contiene el documento en pdf del diagrama de flujo para la programación en PLC.