



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**Propuesta de optimización en sistema para
lubricación de sellos mecánicos en las bombas
de desplazamiento positivo en el área de frutas
para el ahorro de agua en APC-Planta Migurt.**

Autor: Johan Guanchez

C.I.: V-18.321.043.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

**Propuesta de optimización en sistema para lubricación de sellos
mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas
para el ahorro de agua en APC-Planta Migurt.**

EMPRESA: Alimentos Polar Comercial C.A.

Autor: Johan Guanchez

C.I.: V-18.321.043.

San Diego, 10 de diciembre de 2018.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ.

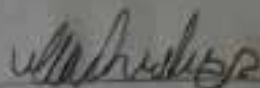
FACULTAD DE INGENIERÍA.

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Wilfredo Mendoza, portador de la cédula de identidad N° V-22.744.494, en mi carácter de tutor académico del Informe de Pasantía presentado por el ciudadano Johan Josué Guanche Veloz, portador de la cédula de identidad N° V-18.321.043, titulado "Propuesta de optimización en sistema para lubricación de sellos mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas para el ahorro de agua en APC-Planta Migurt.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los diez días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho.



Ing. Wilfredo Mendoza.

C.I. V-22.744.494

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pp.
Introducción	1
CAPÍTULO I	
1.1 Ubicación de la empresa.....	2
1.2 Reseña histórica.....	2
1.3 Misión y visión.....	5
1.3.1 Filosofía.....	5
1.3.2 Estrategias.....	5
1.3.3 Quehacer.....	5
1.3.4 Razón de hacer.....	6
1.4 Principios y valores.....	6
1.4.1 Principios.....	6
1.4.2 Valores.....	7
1.5 Organigrama de la empresa.....	8
1.5.1 Estructura organizacional de la empresa.....	8
1.5.2 Estructura organizacional departamento de mantenimiento,..... Planta Migurt	8
CAPITULO II	

2.1	Planteamiento del problema.....	9
2.1.1	Formulación del problema.....	11
2.2	Objetivos de la investigación.....	11
2.2.1	Objetivo general.....	11
2.2.2	Objetivos específicos.....	11
2.3	Justificación.....	11
2.4	Alcance.....	12
 CAPITULO III		
3.1	Antecedentes.....	13
3.2	Bases Teóricas.....	14
3.2.1.1	Proceso aséptico de los alimentos.....	14
3.2.1.2	Acondicionamiento aséptico.....	14
3.2.1.3	Principales características del proceso aséptico.....	15
3.2.1.4	Sistemas asépticos.....	16
3.2.2	Definición y clasificación de las bombas.....	17
3.2.2.1	Clasificación general de las bombas.....	18
3.2.2.2	Clasificación de las bombas centrifugas (Roto dinámicas).....	18
3.2.2.3	Elementos constitutivos de las bombas centrifugas.....	19
3.2.3	Sello mecánico.....	19

3.2.3.1	Elementos que constituyen un sello mecánico.....	20
3.2.3.2	Clasificación de los sellos mecánicos.....	20
3.2.3.3	Materiales de construcción de los sellos mecánicos.....	21
3.2.3.4	Causas comunes de falla en los sellos mecánicos.....	22
3.2.4	Pirámide de la automatización.....	24
3.2.5	PLC.....	26
3.2.6	Planta de tratamiento de aguas blancas.....	26
3.2.6.1	Procesos para obtener el agua permeada.....	27
3.2.6.2	Diagrama de flujo de planta de tratamiento de aguas blancas.....	27
3.2.7	Electroválvulas on-off.....	28
3.3	Definición de términos básicos.....	28

CAPITULO IV

4.1	Tipo de investigación.....	30
4.2	Diseño de investigación.....	30
4.3	Nivel de investigación.....	31
4.4	Fases de la investigación.....	31
4.4.1	Fase I: Diagnostico del el sistema actual de lubricación y refrigeración de sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas.....	32
4.4.2	Fase II: Elaboración de diagrama de flujo para nuevo sistema de lubricación y refrigeración.....	32

4.4.3	Fase III: Selección de componentes para el nuevo sistema de lubricación y refrigeración.....	32
4.4.4	Fase IV: Diseño del programa que se encargara de la automatización por medio del Controlador Lógico Programable (PLC)	33

CAPITULO V

5.1	Diagnóstico del el sistema actual de lubricación y refrigeración de sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas	34
5.2	Elaboración de diagrama de flujo para nuevo sistema de lubricación y refrigeración.....	36
5.3	Selección de componentes para el nuevo sistema de lubricación y refrigeración	40
5.4	Diseño del programa que se encargara de la automatización por medio del Controlador Lógico Programable (PLC)	51
	Conclusiones.....	75
	Recomendaciones.....	78
	Referencias.....	79
	Anexos.....	80

INTRODUCCIÓN.

Los productos que ofrecen Empresas Polar se han convertido en parte de la dieta y vida de los venezolanos gracias a que cumplen altos estándares de calidad y han estado en el mercado por un largo periodo de tiempo. Garantizar que un producto sea de calidad requiere de inversión de tiempo y recursos económicos. Además, que se trata de una empresa comprometida con el medio ambiente, por lo que se propone resolver la problemática de la cantidad de agua utilizada en el sistema de lubricación de sellos mecánicos, esto con la automatización del sistema encargado para tal sentido.

El problema aquí expuesto, se encuentra en el área de recepción y procesamiento de frutas denominada Frutas segunda Transformación cuyo objetivo es obtener un preparado de frutas a base de puré o trozos de frutas, para almacenarlo asépticamente en contenedores. Para dicho proceso, es necesario que el producto pase por diversos procesos y etapas, que al ser de alta viscosidad es necesario el uso de bombas de desplazamiento positivo para moverlo de un punto al siguiente. Aunado a lo expuesto, se requiere que los sellos de acople del cuerpo de bomba y motor sean del tipo mecánico, los cuales requieren de agua permeada para su lubricación y enfriamiento.

En el capítulo I se tratara sobre los tópicos básicos de la empresa como lo es su historia, valores, visión, misión y como está conformada desde el punto de vista organizacional, siguiente a este estará el capítulo II, que indicara la problemática que está ocurriendo y se planteara la solución para solventar el problema, luego el capítulo III mostrará todos los conceptos básicos y antecedentes que sustenta esta investigación.

El capítulo IV indicara el tipo de investigación de este trabajo, así como las fases de investigación que se llevó a cabo para realizar este informe y por último se

hallara el capítulo V que mostrara resultados obtenidos para su posterior análisis y plantear las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO I

LA EMPRESA

1. Ubicación de la Empresa.

La empresa Alimentos Polar Comercial C.A.-Planta Migurt está ubicada en la calle 78 Av. Iribarren Borges, parcela 7-11, Zona Industrial Municipal Sur Valencia-Carabobo.

2. Reseña Histórica.

Al finalizar la dictadura gomecista, Venezuela se disponía a vivir nuevos tiempos. Fue entonces cuando el joven abogado caraqueño Lorenzo Alejandro Mendoza Fleury se incorporó al negocio familiar al hacerse socio principal de Mendoza y Compañía, empresa dedicada a la fabricación de velas y jabones. Allí encontró el terreno fértil donde sembrar la semilla de un estilo propio, caracterizado por un espíritu emprendedor, intuitivo, entusiasta y siempre orientado a la excelencia.

A pesar de ser una época de grandes dificultades, el poder creativo de un grupo de hombres dedicados a aquella fábrica supo salir adelante bajo el liderazgo de Mendoza Fleury, hombre conocedor del mundo, con una destacada trayectoria como diplomático y empresario. Justo al estallar la Segunda Guerra Mundial, Mendoza Fleury tuvo la idea de establecer una compañía cervecera. El proyecto implicaba grandes riesgos, pero comenzó a hacerse realidad cuando el barco que transportaba desde Europa la primera paila de cocimiento logró cruzar el océano para llegar finalmente a Venezuela, en la Navidad de 1939. Poco más de un año después, el 14 de marzo de 1941, se iniciaba la historia de Cervecería Polar C. A., con capital totalmente venezolano, en la pequeña planta de Antímano, al oeste de Caracas. Primero fue el gran éxito de cerveza Polar y de malta Polar, bebida sin alcohol que apareció en 1951 y que luego se denominaría Maltín Polar.

Después, la creación de la emblemática harina P.A.N., en aquella Venezuela de 1960. Para esa época la arepa, el plato típico del venezolano, corría el peligro de

espíritu emprendedor y creativo de Juan Lorenzo Mendoza Quintero y el maestro Carlos Roubicek, marcó un antes y un después en la mesa del venezolano, al desaparecer de los hogares por su laboriosa preparación, en un país que comenzaba a experimentar cambios en su ritmo de vida. Este innovador producto, creado por el industrializar la harina precocida de maíz, haciendo mucho más rápida y sencilla la preparación de la arepa.

En 1969 fallece el Dr. Mendoza Fleury. Es entonces cuando le corresponde asumir la dirección a su otro hijo, Lorenzo Alejandro Mendoza Quintero, quien tuvo que dejar su profesión de médico psiquiatra para dedicarse al fortalecimiento de la organización. Su gran misión sería dar continuidad a la filosofía empresarial que colocaba al hombre como prioridad, siendo este su norte para la toma de decisiones y fijación del rumbo.

Por esta razón, su trayectoria ha sido reconocida dentro y fuera de Venezuela, como ejemplo de profesionalismo en el campo social. Lorenzo Alejandro Mendoza Quintero concretaba así dos de sus grandes sueños: la creación de Fundación Empresas Polar y la construcción de Cervecería Polar Planta San Joaquín, que comenzó a operar en 1978. Su paso por la organización estuvo íntimamente asociado a la madurez que este grupo de compañías alcanzó durante los años setenta y primera mitad de los ochenta. Es el período durante el cual la cultura Polar adquirió rasgos definitivos. Con él surgió una nueva concepción corporativa que se constituiría en la base fundamental para la posterior conformación de Empresas Polar.

El crecimiento continuó en esos años con la incursión en los negocios de arroz (1986), pastas y helados (1987). En febrero de 1987 muere Lorenzo A. Mendoza Quintero y le corresponde tanto a su viuda, Leonor Giménez de Mendoza, como a la viuda de su hermano, Morella Pacheco Ramella, encargarse de la conducción de la empresa con un enorme sentido pragmático, en acuerdo constante con la junta directiva y contando con grandes colaboradores que estuvieron siempre dispuestos a

brindarles apoyo. El papel de ambas fue clave para mantener el norte hasta asegurar que el relevo generacional estuviera preparado para colocarse al frente de la organización, lo que ocurriría en 1992.

En 1993 comienza una nueva era para la organización al sumar el negocio Refrescos, con la adquisición de la compañía Golden Cup, que hasta entonces solo cubría el centro del país con dos pequeñas plantas. Este primer paso se consolidaría tres años después, en diciembre de 1996, mediante la alianza estratégica acordada con el socio internacional PepsiCo. Hoy día se cuenta con oficinas en Bogotá y con una planta productora de harinas precocidas de maíz, avenas y arepas listas para comer, ubicada en Facatativá, población cercana a la capital colombiana.

Gracias al pleno entendimiento y alineación que ha existido siempre entre los accionistas, fue posible que, al cabo de siete años de trabajo, en 1999, se concluyera la consolidación accionaria que dio paso a la evolución organizacional más relevante vivida por Empresas Polar hasta ese momento. Lorenzo Mendoza Giménez es designado como responsable de un importante proyecto de reorganización que incluyó la primera estructura organizativa integral de Empresas Polar, que entró en vigencia en julio de 1999. Por primera vez se establecía una estructura corporativa que integraba a todos los negocios, orientada a facilitar el cumplimiento de la estrategia fijada por la organización. Entre los acontecimientos más relevantes de esos años figuran: construcción de dos grandes plantas de Pepsi-Cola Venezuela en Caucagua y Maracaibo (1999), adquisición de Mavesa (2001), incorporación de los productos Quaker y Gatorade (2002), aparición de la identidad Alimentos Polar (2003) y la ampliación de la planta Limpieza (2009), que duplicó su capacidad de producción. En 2010, Alimentos Polar anuncia la instalación de una planta de yogures en Venezuela, mediante una alianza con el Grupo Leche Pascual, de España. Empresas Polar participa con orgullo y pasión en la construcción de Venezuela y lo ha hecho durante décadas con honestidad y respeto por el país, manteniendo un compromiso de reinversión permanente y generación de nuevos puestos de trabajo.

1.3. Misión y Visión.

1. Filosofía.

En Empresas Polar los valores se viven, se ejercen cada día. Desde 1941, los fundadores desarrollaron un compromiso empresarial cimentado en la integridad personal, la honestidad, el alto grado de identificación con la empresa, el sentido de pertenencia a una gran familia, el espíritu de solidaridad social, la voluntad de ser útiles, pero sobre todo la máxima significación del factor humano. La herencia cultural transmitida de generación en generación, como parte de nuestra personalidad corporativa, combina además un estilo directo, cordial, y respetuoso en las relaciones interpersonales. El documento “nuestra identidad cultural” (2009) de Empresas Polar reza: “Conscientes de que los valores fundamentales evolucionan, en paralelo al cambio organizacional, los sólidos principios tradicionales de nuestra filosofía corporativa se renuevan con valores compartidos que requerimos para cumplir nuestra misión”.

Los valores los guían en una dirección clara al desarrollar los negocios y al crear cohesión social en el entorno que mueve auténticamente las decisiones y conductas de quienes integran Empresas Polar.

2. Estrategias.

Desarrollar y gestionar un portafolio de marcas líderes que compitan por diferenciación, a través de una distribución directa extensiva, con el menor costo posible en los procesos, que no generan diferenciación con foco en la búsqueda continua de productividad para obtener rentabilidad creciente.

3. Quehacer.

La actividad de Empresas Polar es producir, distribuir y ofertar marcas de alimentos y bebidas que satisfagan las necesidades y expectativas de los consumidores con la mejor calidad y la mejor relación precio-valor.

Conciben el trabajo de las personas como la fuerza principal para realizar su labor. Seleccionan al personal con criterios de afinidad a los principios y valores, así como por sus competencias. Brindan un ambiente de libertad responsable en el que el personal puede comprometerse con el logro de objetivos comunes.

4. Razón de ser.

El portal de empresas Polar (2017) reza:

Es el fin que da sentido a nuestra labor y nos orienta hacia el futuro que deseamos. En Empresas Polar el sentido de nuestro trabajo es contribuir a la calidad de la vida cotidiana de las personas, y sus familias, por medio de una amplia y accesible oferta de excelentes productos y marcas de alimentos y bebidas, con la mejor relación precio-valor. (“Ficha descriptiva de Empresas Polar”)

1.4. Principios y Valores.

1. Principios.

El documento “nuestra identidad cultural” (2009) de Empresas Polar menciona: “Son las creencias que consideramos verdades. Los fundamentos relacionados con nuestra Filosofía, Valores y Razón de Ser”.

Respeto Mutuo: Respetar es actuar o dejar de actuar, procurando no perjudicar ni dejar de beneficiarse a sí mismo ni a los demás. Tenemos derecho a ser respetados y el deber de respetar a las otras personas, sentando las bases para la convivencia, el diálogo y la colaboración.

Libertad Responsable: Creen que las personas están dotadas de conciencia, voluntad y posibilidades de libre elección. Consideran que el derecho a la libertad individual de elegir debe estar enmarcado en el deber de responder ante los otros por los efectos de dicha elección.

Justicia: Entiende la Justicia como la voluntad permanente de dar, reconocer y respetar a cada quien lo que le corresponda. Creen en la igual dignidad del valor de la vida de cada persona y su diversidad de aportes, para crear condiciones de justicia para todos, al interior de nuestra organización.

Solidaridad: Se conciben como parte integrante del todo, se involucran, identifican y actúan con determinación firme y perseverante por el bien común, es decir, por el bien de todos y de cada uno.

2. Valores.

El documento “nuestra identidad cultural” (2009) de Empresas Polar indica: “Son la guía para nuestras decisiones, dilemas y actuaciones en la labor cotidiana. Las cualidades que nos permiten orientarnos hacia nuestra Razón de Ser.”

Integridad: Implica ser fiel a las propias convicciones. Es "hacer lo correcto", entendido como actuar con honestidad, rectitud, respeto y responsabilidad, cumpliendo con nuestros deberes y obligaciones, conforme a nuestra Razón de ser, Principios y Valores.

Excelencia: Implica dedicación, esfuerzo y cuidado por la obra bien hecha. Lograr un nivel superior de calidad y seguridad en procesos, productos y servicios, en busca de proveer la mejor contribución para el beneficiario.

Pasión por el bien: Amor, entusiasmo y esmero con el que trabajamos para cumplir con nuestra gente. Es buscar el bien del otro, compartir y entregarse sin limitar los esfuerzos; siempre y cuando no lesionen a las otras personas, ni a quién lo realiza.

3. Organigrama de la empresa.

1. Estructura Organizacional.

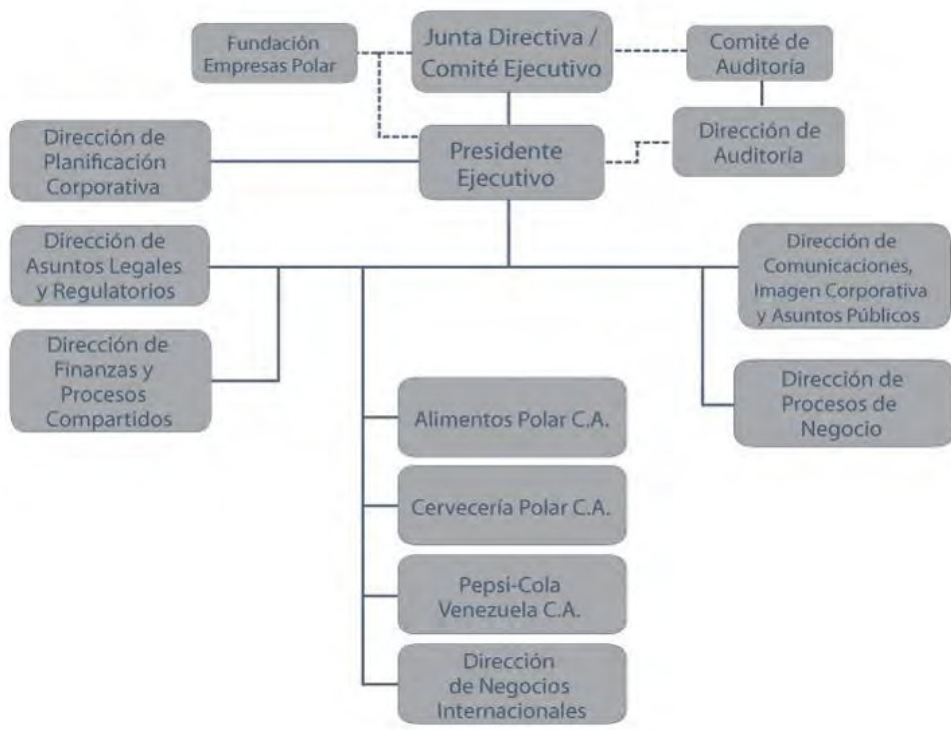


Figura 1. Estructura Organizacional de Empresas Polar C.A.

Fuente: <https://es.slideshare.net/ReaLopez/publicidad-y-promocion-caso-practico-polar>

1. Estructura Organizacional de Alimentos Comercial Polar, C.A., Planta Migurt.

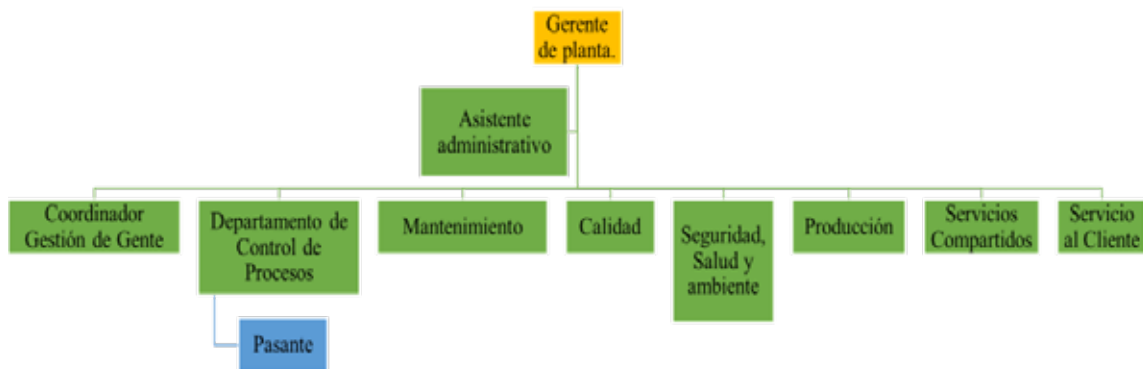


Figura 2. Estructura Organizacional de Alimentos Polar Comercial C.A. Planta Migurt.

Fuente: Guanche, J. (2018).

CAPITULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

En la industria alimenticia a nivel mundial es primordial garantizar un producto aséptico evitando la propagación de bacterias y cualquier agente externo que pudiera resultar perjudicial para la salud, para lo cual se deben seguir estrictos controles de calidad de estándar internacional.

Por lo anteriormente expresado en APC-Planta Migurt se mantienen estrictas normas y medidas para garantizar que los equipos e instrumentos que sean empleados en los distintos procesos necesarios para la elaboración de sus productos no contaminen al mismo. Tal es el caso del área denominada Frutas Segunda Transformación en la cual se procesa la fruta empleada para los diversos productos.

Para desplazar la fruta en trozos y pulpa a través del sistema, se requieren de bombas, en su mayoría compuestas por bombas de desplazamiento positivo de tipo lobulares para poder transportar estos productos los cuales son altamente viscosos, en las que se utilizan sellos mecánicos para el acople del cuerpo de bomba con el motor a través de su eje. Si se presentará una falla en los sellos mecánicos, , debe garantizarse que se mantenga en condiciones de inocuidad evitando el uso grasas contaminantes que perjudiquen la salud del consumidor final. Es por ello que se usa agua permeada para disminuir la fricción de los sellos mecánicos así como para su refrigeración y evitar el deterioro de las bombas.

Conjuntamente se observa que el sistema de lubricación de los sellos mecánicos es operado de forma manual para las diversas bombas, generando perdida

de agua permeada de forma innecesaria en algunas ocasiones, ya que no todas las bombas deben estar activas a la vez y que por error humano quedan abiertas las válvulas en ocasiones puntuales.

Además se pudo observar que el agua utilizada para la lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos es enviada al sistema público de recolección de aguas lo cual se puede considerar como un desperdicio innecesario de un recurso natural no renovable tanpreciado como los es el agua. Por lo que propone colocar un tanque que almacene esta agua para luego ser enviada mediante bombeo hasta los tanques de agua cruda de la Planta de Tratamiento de Aguas Blancas (PTAB) para su re inserción en el proceso.

El proceso inicia con la recepción, en distintas tolvas, de los ingredientes. La pulpa que se recibe llega a un tamizador en donde se separan los sólidos que puedan quedar en la pulpa (por ejemplo semillas) y se envía a un tanque de almacenamiento de pulpa. La pectina (opcional) que se recibe se le realiza un tratamiento térmico con agua y se envía a un tanque de almacenamiento. Los trozos de fruta son enviados directamente a un tanque de mezcla al igual que el azúcar y el almidón. Al tanque de mezcla se le adicionan ingredientes pequeños por una tolva pequeña. La mezcla ya contenida en el tanque es calentada por medio de agua caliente y se mezcla con unas cintas helicoidales que se encuentran internamente en el tanque. Aquí se homogeniza y se calienta para luego ser enviada a un tanque que funciona como un tanque de espera. Aquí es enviada a un tratamiento térmico empezando por un calentador que eleva la temperatura, si la mezcla alcanza la temperatura deseada es enviada a dos enfriadores, de no hacerlo es enviada nuevamente al tanque de espera.

Los enfriadores trabajan con agua fría y agua helada respectivamente, enviando la mezcla al área de llenado aséptico y pesado de los contenedores. Los contenedores son enviados a la cava de refrigerado.

Para el yogurt de botella se utiliza pulpa y se deja la mezcla en el calentador durante 60 segundos para el yogurt de vaso se utiliza preparado en trozos y se deja la mezcla en el calentador durante 120 segundos.

2.1.1. Formulación del problema

¿De qué forma se puede optimizar el sistema de lubricación de sellos mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas para el ahorro de agua en APC-Planta Migurt?

2.2. Objetivos de la investigación.

2.2.1. Objetivo general.

Proponer la optimización del sistema para lubricación de sellos mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas para el ahorro de agua en APC-Planta Migurt.

2.2.2. Objetivos específicos.

- Diagnosticar el sistema actual de lubricación y refrigeración de los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas.
- Elaborar diagrama de flujo para nuevo sistema de lubricación y refrigeración.
- Seleccionar componentes para el nuevo sistema de lubricación y refrigeración.
- Diseñar el programa que se encargara de la automatización por medio del Controlador Lógico Programable (PLC).

2.3 Justificación

Con la propuesta que se plantea, se pretende realizar una automatización y mejora del sistema de lubricación de sellos de las bombas de desplazamiento positivo

para reducir de forma considerable la pérdida innecesaria de agua permeada para este proceso, debido a razones ambientales y económicas. En el aspecto ambiental se busca el ahorro del agua ya que es un elemento no renovable y limitado que se está viendo en peligro inclusive a nivel mundial, y desde el punto de vista económico el agua permeada es obtenida mediante el proceso de osmosis inversa para bajar la concentración de minerales del agua filtrada, obteniendo como producto un agua más pura, cuyo proceso consiste en hacer pasar el agua por unas membranas a alta presión de 120psi para retener todas las partículas peligrosas para la salud y obtener un agua sin color, sabor y aroma en el cual son requeridos químicos de costos considerables.

De igual manera, será de gran utilidad para los operadores del área ya que no tendrán que estar pendiente de las aperturas y cierres manuales de las válvulas que envían el agua a cada una de las bombas, reduciendo así mismo pérdidas por error humano.

Por último, se pretende aportar información para investigaciones futuras relacionadas con la lubricación y enfriamiento de las bombas de desplazamiento positivo ya que son muy utilizadas en industrias alimenticias, farmacéuticas entre otras.

2.4 Alcance

La propuesta de la optimización del sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo del área de frutas en las bombas de desplazamiento positivo en APC Planta-Migurt incluirá la determinación de los parámetros fundamentales para la automatización adecuada del proceso. De igual forma, contendrá un diseño de la programación necesaria para los controladores lógicos programables (PLC) de acuerdo a las necesidades de dicho sistema y al trabajo actual.

Las limitaciones observadas para la realización del proyecto fundamentalmente son debido a políticas de la empresa, que no permiten la

publicación de información considerada confidencial y que no pueden tener acceso al público en general.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Zambrano, D. (2016). Realizó una investigación titulada: “Diseño de un sistema SCADA para el monitoreo de medidores de caudal de agua cruda para consumo humano y proceso de Coca Cola FEMSA planta Valencia, Estado Carabobo”, la presentación de este proyecto se hizo en la universidad José Antonio Páez. Dicho trabajo menciona que es necesario conocer el principio de funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman el proceso para así poder alcanzar el diseño de supervisión y guardar una data certera.

Quintero, L. (2016). “Automatización de un sistema de alimentación de agua auto-generación y balsa 5(Cementos Argos)”. Trabajo presentado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Palmira para optar por el título de Tecnología en Automatización, la problemática radica en la operación de 2 válvulas manuales que se encuentran en la bocatoma, la cual se encuentra ubicada en la orillas del río Cauca y a las afueras de la planta de autogeneración. Por consiguiente, se encuentra en una zona de alto riesgo público por lo que se generaba preocupación para la empresa y sus trabajadores, adicional a ello se presentaba pérdida de tiempo en la operación de estas válvulas manuales representando de hasta hora y media equivalente al 12% de la jornada laboral.

Córdoba, M. (2009). “Análisis de fallas de los sellos mecánicos en las bombas de proceso de una planta cervecera”. La realización de este estudio permitió levantar una serie de recomendaciones sobre cómo realizar una correcta instalación,

el tipo de lubricantes a utilizar, verificaciones para realizar una correcta escogencia del sello para los diversos procesos, entre otras recomendaciones para lograr una

reducción considerable en la falla de los sellos mecánicos, incluyo un sistema supervisorio utilizando el mismo software comercial.

3.2 Bases teóricas.

3.2.1 Proceso aséptico de alimentos.

Es un proceso HTST (*High Temperature Short Time*/Alta Temperatura, Tiempo Corto) para la producción de alimentos con mejor textura, color, sabor y valores nutricionales comparado con los procesos de conservación de los alimentos de forma tradicional. Además de proveer una mayor duración de los productos elaborados por estas técnicas de conservación.

3.2.1.1 Acondicionamiento aséptico.

Conjunto de medios empleados en las fases de acondicionamiento, limpieza y esterilización encaminadas a reducir la contaminación inicial:

1. Del contenedor.
2. Del sistema de cierre.
3. Del material.
4. Del ambiente.

De tal forma que un producto estéril conserve su esterilidad durante el acondicionamiento, almacenamiento y distribución.

3.2.1.2 Principales características del proceso aséptico.

En las conservas como alimentos percederos o de larga duración a temperatura ambiente confluyen 3 condiciones básicas:

1. Aplicación de calor a la materia prima envasada, de manera que asegure la esterilidad comercial del producto. La esterilidad puede alcanzarse por medio de 2 procesos diferentes:
 1. Esterilización del conjunto envase-alimento: apertización.

2. Pre esterilización separada del envase y del alimento: proceso aséptico.
3. Utilización de envases herméticos que prevengan la re contaminación por microorganismos del producto envasado una vez ha sido esterilizado.
4. Utilización de procedimientos de manipulación de envases que aseguren la hermeticidad e integridad de los mismos hasta su comercialización. En la figura 1 a continuación se muestra esquema comparativo entre apertización y envasado aséptico.

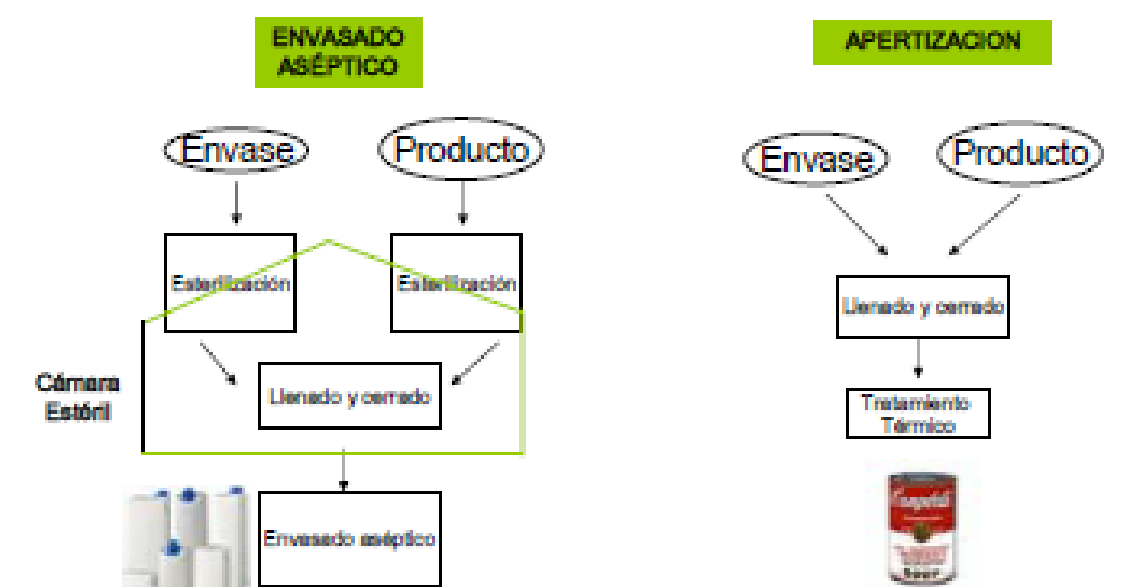


Figura 1. Esquema comparativo apertización y envasado aséptico.

Fuente: [http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/Procesado%20as%C3%A9ptico.p](http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/Procesado%20as%C3%A9ptico.pdf)

df

3.2.1.3 Sistema aséptico.

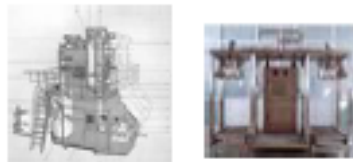
Un equipo para la preparación aséptico está integrado por:

1. Tanque de recepción de producto.
2. Uno o más elementos de intercambio para calentar el producto hasta la temperatura de esterilización.

3. Un equipo de sostén térmico, que permite determinar tiempos de esterilización apropiados.
4. Uno o más elementos para enfriar el producto acabado hasta la temperatura de llenado (ambiente o inferior). En esta sección los elementos de intercambio son de ejecución aséptica y van provistos de barrera estéril (inyector de vapor).
5. Una sección que permite que el producto no pasteurizado (retorno) correctamente sea enviado al tanque de recepción.
6. Un equipo de generación de agua sobrecalentada, el cual suministra energía a la planta a fin de esterilizarla antes de su funcionamiento, así mismo el producto antes de su envasado.

A continuación se observa los elementos de un sistema aséptico en la figura 2.

B. Llenadora aséptica



C. Sistema para lavado en C.I.P (Limpieza in situ) de la instalación



D. Automatización de la gestión del conjunto vía PLC hasta PC industrial.

Figura 2.Sistema aséptico.

Fuente:[http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/Procesado%20as%C3%A9ptico.p](http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/Procesado%20as%C3%A9ptico.pdf)

df

3.2.2 Definición y clasificación de las bombas.

Una bomba es una máquina que absorbe energía mecánica y restituye el líquido que la atraviesa en energía hidráulica. En general, una bomba es una máquina o dispositivo que se usa para mover un líquido incomprensible, por medio de la adición de energía al mismo.

Las bombas se emplean para impulsar toda clase de líquidos: agua, aceites de lubricación, combustible, ácidos; líquidos alimenticios: cerveza, leche, entre otros. Los líquidos alimenticios constituyen un grupo importante de las bombas sanitarias. También se emplean las bombas para poner líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, melazas, fangos, desperdicios, etc.

3.2.2.1 Clasificación general de las bombas.

Las bombas se clasifican en:

- 1. Bomba Roto dinámica:** se llaman roto dinámicas porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía, su funcionamiento se basa en la ecuación de Euler; y su órgano transmisor de energía se llama rodete. A este grupo pertenecen las bombas centrifugas.
- 2. Bombas de Desplazamiento Positivo:** a este grupo pertenecen no solo las bombas alternativas, sino las rotativas llamadas roto estáticas porque son rotativas, pero en ellas la dinámica de la corriente no juega un papel esencial en la transmisión de la energía. Su funcionamiento se basa en el principio de desplazamiento positivo, este consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara.

3.2.2.2 Clasificación de las bombas centrifugas (Roto dinámicas).

En la figura 3 se representa la clasificación de las bombas centrifugas según la dirección del flujo, según la posición del eje y según el tipo de impulsor y cantidades empleados.

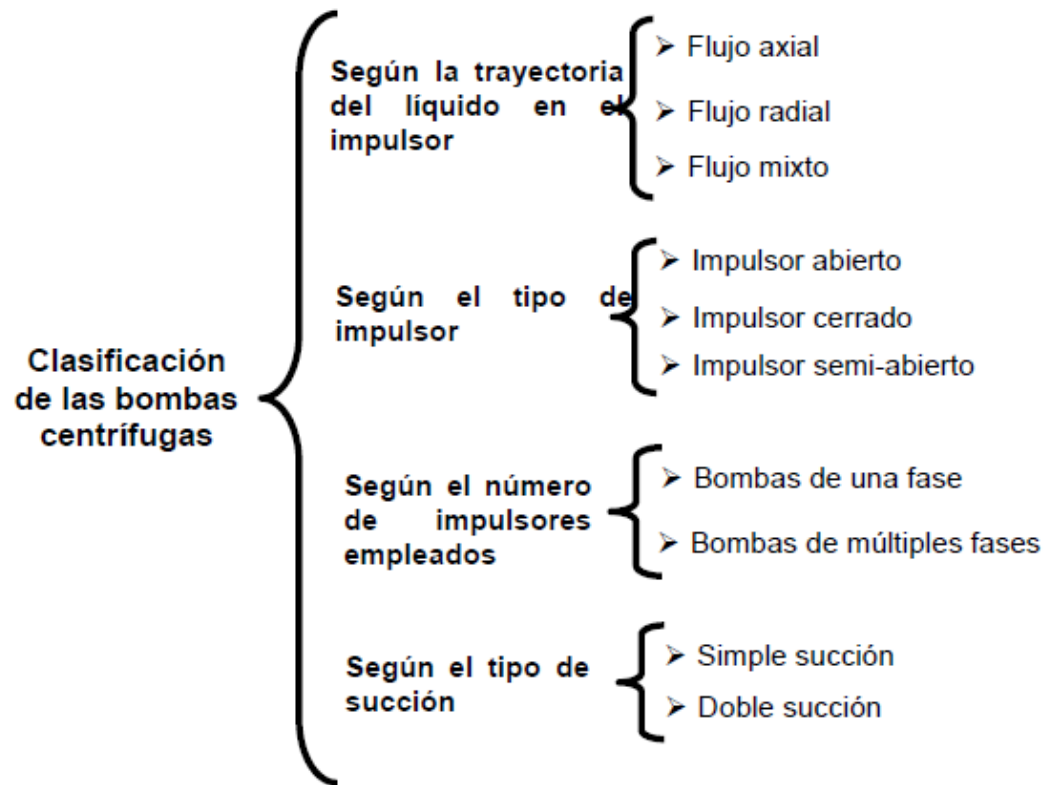


Figura 3 Clasificación de las bombas centrífugas.

Fuente: Guanchez, J (2018)

3.2.2.3 Elementos constitutivos de las bombas centrífugas.

En la figura N° 4 se representa una bomba radial de eje horizontal, en el cual se muestran algunas partes básicas de una bomba centrífuga:

1. **Carcasa:** se encarga de guiar el líquido hacia el impulsor, recoge el líquido del impulsor y reduce su velocidad transformando parte de ella en presión. Las carcasas son de dos tipos: de voluta y circular.

2. **Impulsor:** es el corazón de la bomba centrífuga debido a que recibe el líquido y le imparte energía por la acción de sus aspas; es el único componente de la bomba que suministra energía al líquido.
3. **Difusor:** porción de tubería que recoge al líquido que sale del impulsor, el mismo que aún conserva alta velocidad y puede dar alta fricción, pero debido al aumento en el diámetro de esta porción de tubería (difusor) se reduce la velocidad del líquido (y la fricción).
4. **Sellos:** la función de estos elementos es evitar las fugas del flujo bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.
5. **Eje o flecha:** es el que permite que todos los elementos giren en la bomba centrífuga, mueve y sostiene al impulsor, transmitiendo además el movimiento que imparte la flecha del motor.
6. **Cojinetes:** pieza en la que se apoya y gira el eje y el impulsor. Soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

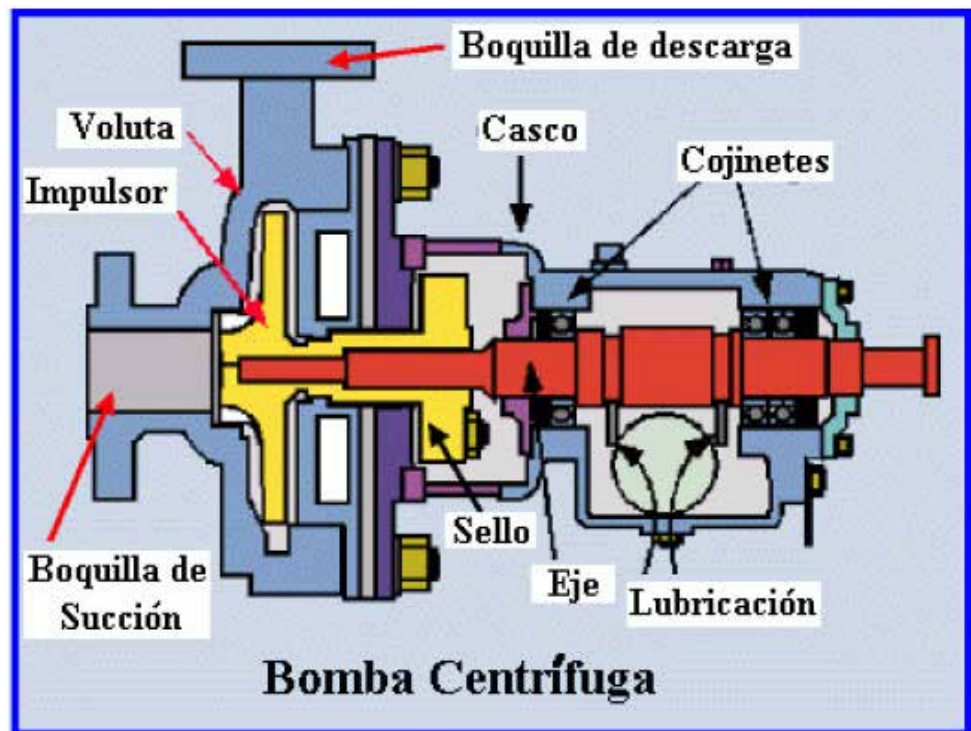


Figura 4. Elementos constitutivos de una bomba centrífuga.

Fuente: MATAIX, C., “Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”, Segunda Edición.
Editorial Harla. México (2001).

3.2.3 Sello mecánico.

Es un dispositivo de sellado que previene el escape del fluido de un equipo, el cual atraviesa un eje rotativo realizando el sellado por contacto axial de sus caras que se encuentran perpendiculares al eje y en movimiento relativo una respecto a la otra.

3.2.3.1 Elementos que constituyen un sello mecánico.

El sello mecánico es un dispositivo técnicamente avanzado que proporciona un gran rendimiento en el sellado durante largos periodos de tiempo, esto es posible gracias a la concepción e interrelación de sus componentes que determinan una amplia variedad de diseño, como se muestra en la figura N° 5.

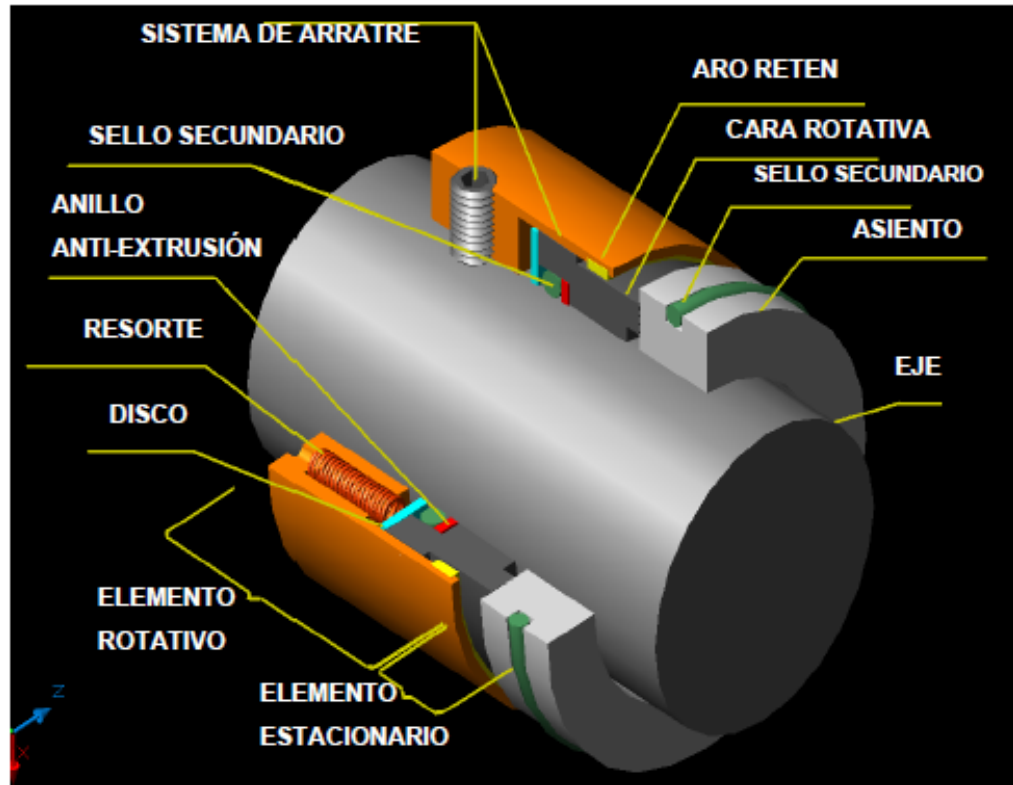


Figura N°5 .Elementos que constituyen un sello mecánico.

Fuente: JOHN CRANE VENEZUELA, "Manual de sellos mecánicos", Barquisimeto, Estado Lara.

3.2.3.2 Clasificación de los sellos mecánicos.

Sin tener en cuenta las diferencias particulares de los diferentes tipos de sellos mecánicos, éstos se pueden englobar en determinadas categorías por lo que se pueden clasificar por características de diseño o por su arreglo posicional como muestra el esquema de la figura N° 6.

fabrica normalmente en carbón, aunque para servicios abrasivos se utiliza el carburo de tungsteno y el carburo de silicio.

Los asientos se fabrican en una amplia gama de materiales: ni-resist, cast-iron, cerámica, carburo de tungsteno, carburo de silicio, recubrimientos de dióxido de titanio y carburo de tungsteno sobre diversos metales como acero inoxidable, hastelloy, monel, etc. Los restantes componentes metálicos se fabrican en bronce, aceros inoxidables, monel, hastelloy, etc.

Las piezas elastoméricas se fabrican en acrílico nitrilo (buna), cloropropeno (neopreno), etileno propileno (epdm), fluoro carbonos (viton), bromo butil, etc., ya sea para o-rings o para fuelles. En aplicaciones críticas pueden suministrarse sellos con O-ring fabricados con elastómeros muy especiales como el Kalrez.

3.2.3.4 Causas más comunes de fallas en los sellos mecánicos.

Las causas más comunes de fallas en los sellos mecánicos son:

1. Manipulación Impropia de los Componentes del Sello.

Esta es una de las causas principales de fallas prematuras. Las caras del sellado primario tienen un acabado de precisión y están manufacturadas con materiales de cerámica, carburo de tungsteno y carburo de silicio que son frágiles y fácilmente se astillan, se agrietan, se quiebran o se rayan y se convierten en causa inmediata de falla.

La limpieza también es algo importante, la suciedad o partículas extrañas en las caras, en los elementos del sellado secundario o en los alojamientos y ejes causan una falla prematura o causan un daño suficiente que acorta la vida del sello.

2. Montaje Incorrecto del Sello.

La posición a la altura de trabajo del sello es básico, particularmente cuando la altura-carga-velocidad, como en los resortes ondulados y fuelles, son empleados para cargar mecánicamente las caras. La altura de trabajo mal dada, causa una fuerza de

cierre muy baja provocando una falla de contacto entre ellas, o cuando la altura es menor a la especificada provocará una carga mayor que ocasiona una fractura de los componentes del sello o un desgaste prematuro derivado del aumento de la fuerza de cierre en las caras.

Otras causas comunes son la omisión de la colocación de los elementos del sellado secundario, un alineamiento inapropiado de las caras del sello con el eje y la caja, o un apriete inapropiado de la brida. La falla del sello es provocado por una distorsión en las caras de contacto o una falla de paralelismo entre ellas.

3. Selección Impropia del Diseño.

Selección de materiales o diseños no apropiados, para las presiones, temperaturas, velocidad angular y productos químicos en una aplicación dada. El ataque químico al sellado primario o secundario y el excesivo desgaste de las caras son las causas de fallas más frecuentes. Las fallas por extrusión del sellado secundario ocurren cuando los límites de presión, temperatura o ambos son excedidos.

4. Procedimientos Impropios de Arranque y de Operación.

Factores adversos que afectan al sello, es decir, presión, velocidad del fluido y temperatura ocasionan una falla inmediata o causan el daño suficiente para reducir la vida normal del sello. El medio en el cual trabajan los sellos mecánicos requiere considerar dos cuestiones básicas:

- a. Lubricación de las caras de contacto
- b. Disipación del calor generado por ellas

El arranque de la bomba con la succión de la bomba cerrada reduce enormemente el enfriamiento del sello y provocará que el sello gire en seco, requiriendo estos casos de un equipo adicional. Los fluidos que tienen un bajo punto de ebullición o un alto punto de fusión requieren un enfriamiento auxiliar o

calentamiento, respectivamente antes y durante la operación del sello. Los fluidos que contienen sólidos disueltos o sin disolver, o que son rápidamente descompuestos u oxidados, pueden a su vez requerir controles de temperatura.

5. Contaminantes dentro del fluido.

Son causas muy comunes de una falla inicial en los sellos, especialmente en los arranques de nuevas plantas o sistemas donde el fluido está contaminado con materiales de construcción, tales como arena, escorias de soldaduras o productos contaminantes corrosivos en general.

6. Malas condiciones del equipo.

Cuando el eje o los rodamientos o chumaceras del eje permiten un movimiento axial o radial mayor al permitido de acuerdo al diseño del sello, provoca un funcionamiento anormal que permite la fuga inmediata o acorta la vida del sello.

3.2.4 Pirámide de la automatización.

Es la integración de tecnologías del área industrial que recoge los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. Las tecnologías se relacionan entre sí, tanto dentro de cada nivel como entre los distintos niveles a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales.

Cada área de la pirámide tiene su clasificación:

7. El primer nivel o "equipos de campo" incluye los dispositivos físicos presentes en la industria, como los actuadores y sensores.
8. El segundo nivel o "nivel de control" incluye los dispositivos controladores como ordenadores, *PLCs*, *PIDs*, etc.
9. El "nivel de supervisión" (tercer nivel) corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (*SCADA*).

10. En un nivel superior o "nivel de planificación" se encuentran los sistemas de ejecución de la producción (*MES*).
11. La cúspide de la pirámide ("nivel de gestión") la componen los sistemas de gestión integral de la empresa (*ERP*).

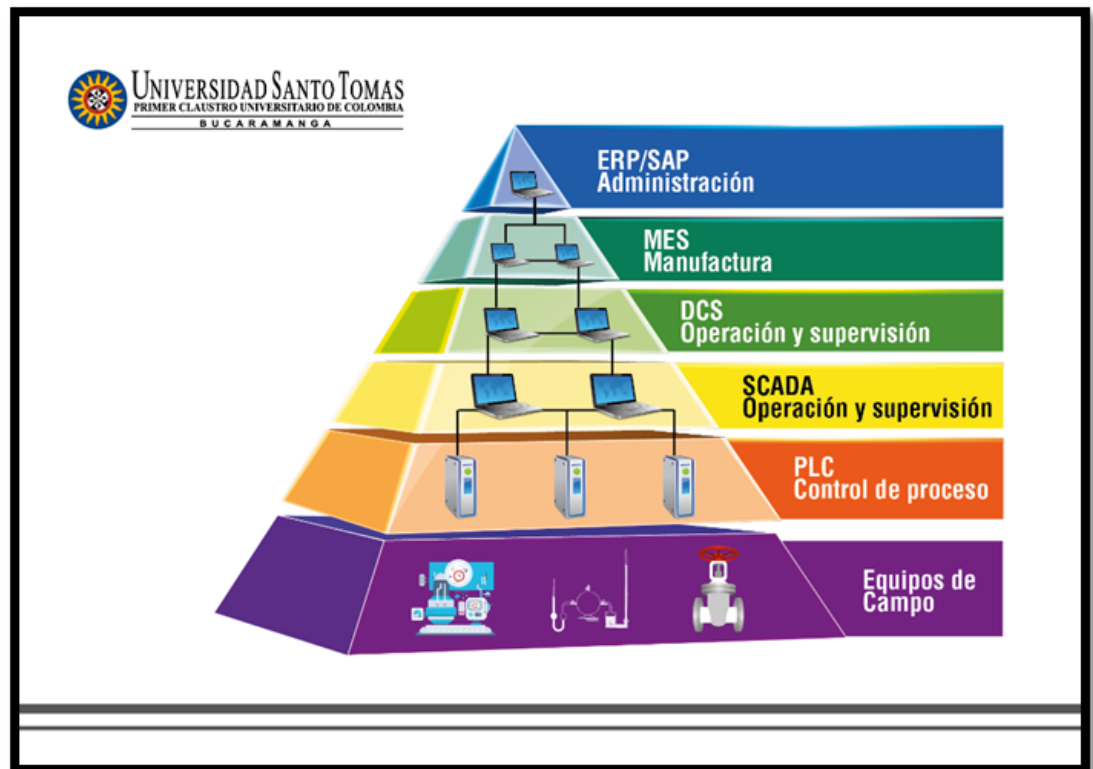


Figura 7. Pirámide de la automatización.

Fuente: Universidad Santo Tomás - <http://www.ustabuca.edu.co/post3743988/piramide-automatizacion-mecatronica>

3.2.5 PLC-Controlador Lógico Programable.

Es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Entre las ventajas que se encuentran es la reducción del costo de mano de

obra, pues al automatizar las tareas, el ser humano comienza a volverse un elemento prescindible, también su instalación es bastante sencilla, además de ocupar poco espacio y la posibilidad de manejar múltiples equipos de manera simultánea gracias a la automatización, existe un mejor monitoreo de los procesos, lo que hace que la detección de fallos se realice rápidamente y se ahorran costos adicionales como los de operación, mantenimiento e incluso energía.



Figura 8. PLC, marca Fatek.

Fuente: <http://www.fatek.com/en/prod.php?catId=5>

3.2.6 Planta de tratamiento de aguas blancas.

Es un conjunto de equipos y procesos dispuestos de tal manera que permiten adecuar el agua que es usada para distintos fines dentro de una planta, obteniendo así agua filtrada, suavizada o permeada.

3.2.6.1 Procesos para obtener el agua permeada.

En líneas generales, el agua permeada se obtiene por medio de un proceso de osmosis inversa, es decir, haciendo pasar el agua por unas membranas de baja permeabilidad para retener todas las impurezas minerales, bacterias o partículas peligrosas para el consumo humano, obteniendo como producto un agua más puro que la filtrada por carbones activos.

3.2.6.2 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas blancas.

A continuación, en la figura N°9 podemos observar cuales son los pasos para el tratamiento de aguas blancas tomando como ejemplo la planta APC Planta Migurt.

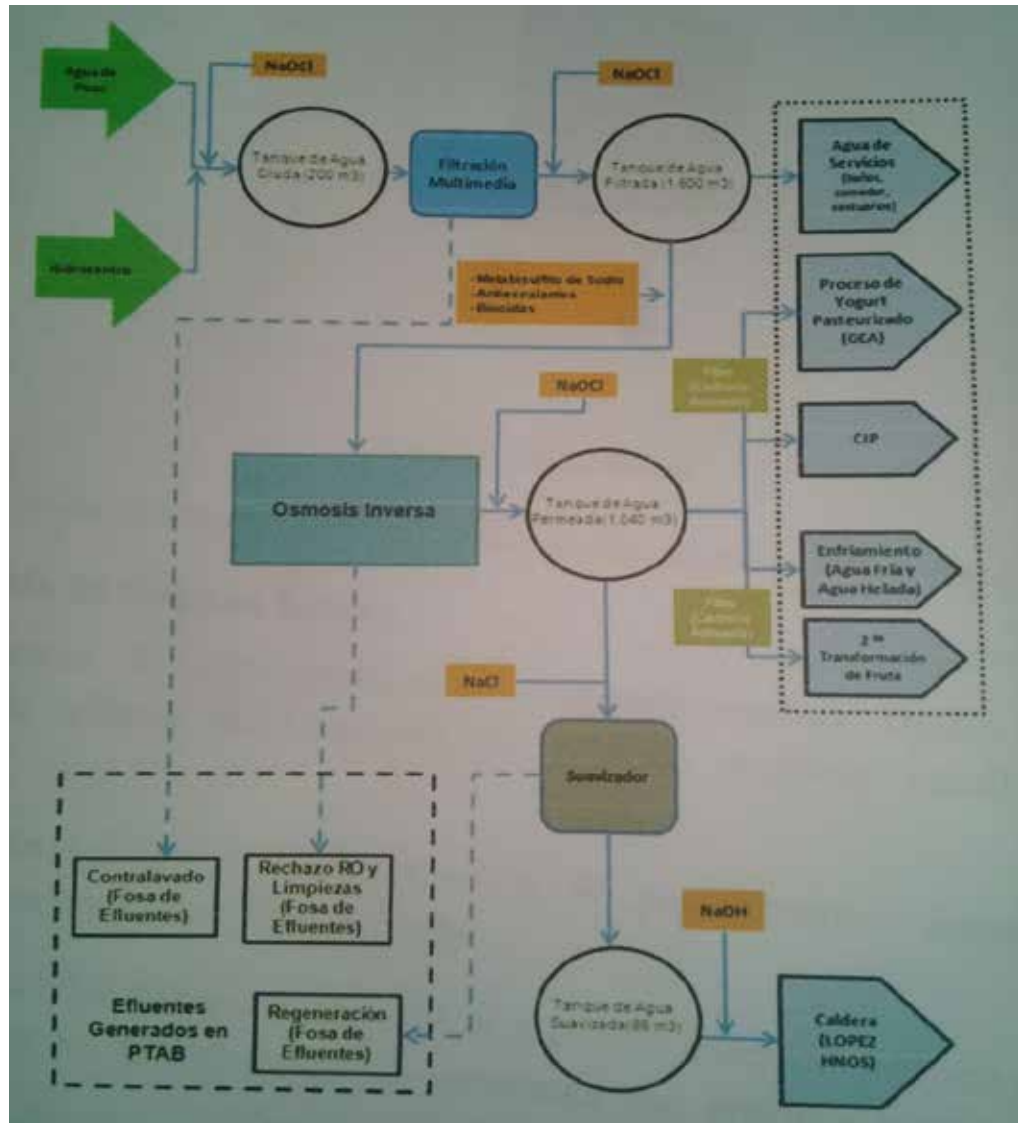


Figura 9. Diagrama de flujos planta de tratamientos de aguas blancas.

Fuente: Fichas descriptivas de Paca documento de Alimentos Polar C.A

3.2.7 Electroválvulas on-off.

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido, pudiendo estar totalmente abierta o cerrada.

Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de 2 o más vías. El material con el que se elaboran va desde el latón, acero inoxidable o pvc dependiendo del fluido que se desea controlar. En la figura N° 10 se muestra una electroválvula de marca reconocida.

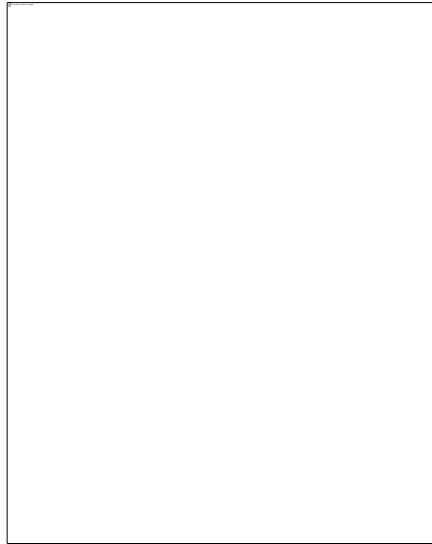


Figura 10. Electrovalvula

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/danfoss-industrial-automaton/product-40815-1289881.html>

3.3 Definición de términos básicos.

Aséptico: ausencia de microorganismos, incluyendo esporas virales. En industria alimentaria se utilizan indistintamente los términos asépticos, estéril y esterilidad comercial.

Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

Lubricación: es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas en movimiento una respecto de la otra,

interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante, que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas.

Osmosis inversa: La osmosis inversa es una tecnología de purificación del agua que utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas más grandes en el agua potable.

Solenoides: Bobina formada por un alambre enrollado en espiral sobre una armazón cilíndrica, que se emplea en diversos aparatos eléctricos, y crea un campo magnético cuando circula una corriente continua por su interior.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación se encuentra bajo el enfoque de proyecto factible, debido a que propone soluciones prácticas al problema presentado en el sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos en una planta de productos lácteos y derivados en Valencia.

En este sentido, la UPEL (1998) define el proyecto factible como un estudio “que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”(p.7). La propuesta que lo define puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos, que sólo tienen sentido en el ámbito de sus necesidades.

De las definiciones anteriores se deduce que, un proyecto factible consiste en un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener la empresa. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema previamente detectado en el medio. Situación a la que se dará respuesta desarrollando la propuesta de un nuevo sistema de control de nivel de líquidos en el tanque de suministro de agua de la empresa. Con ello se corrigen los problemas actuales que presenta el tanque de suministro de agua con respecto al nivel de líquido.

4.2. Diseño de la investigación

El siguiente trabajo implica una investigación de campo, definida por el Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2007) de la siguiente manera:

Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de la investigación conocidos o en desarrollo (p.18).

Bajo estos parámetros, el diseño de esta investigación es de campo, ya que se recogerán datos directamente del sitio a trabajar, observando de manera directa el sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas de la empresa objeto de estudio.

4.3. Nivel de la investigación

Así mismo, de acuerdo a su nivel, este trabajo de grado es descriptivo, según Arias (2006) la investigación de tipo descriptiva “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Basado en lo anterior, este estudio se considera descriptivo ya que en este trabajo se detallan los requerimientos y elementos del proceso, para caracterizar el sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos y de ese modo establecer un comportamiento en un tiempo y espacio específico, para la búsqueda de la solución de la problemática planteada.

Así como también se describe el nuevo sistema automatizado y la optimización del consumo de agua para tal fin mediante el re direccionamiento del fluido lubricante y refrigerante, que en dicho caso se trata de agua permeada. Esto sea lograría con la instalación de un tanque que almacene toda el agua utilizada, y la aplicación de un proceso de cloración para posteriormente ser bombeada al tanque de agua cruda y lograr su posterior reinsertión en el sistema de tratamiento de aguas blancas según la dinámica operativa de demanda de agua de los procesos de la empresa.

4.4. Fases de la investigación

Las fases metodológicas están destinadas a determinar los pasos y el procedimiento exacto que debe seguir la investigación de este trabajo de grado desde el principio hasta la realización del proyecto. Estas fases fueron establecidas según el investigador, las cuales son:

4.4.1 Fase I: Diagnóstico del sistema actual de lubricación de los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo en el área de frutas.

En esta fase se realizó a profundidad un estudio del funcionamiento de los componentes que conforman el sistema de lubricación, esto con el fin de evaluar el desempeño de todas las válvulas, electroválvulas, sensores y programas relacionados que interactúan con la supervisión y control del sistema de lubricación, así como estudios que se relacionen con el caudal de agua permeada para la lubricación y refrigeración necesaria para un óptimo funcionamiento de las mismas y así evitar un uso inapropiado del agua.

4.4.2 Fase II: Elaboración de diagrama de flujo para nuevo sistema de lubricación y refrigeración.

Se elaboró un diagrama de flujo para la mejor comprensión de los pasos y condiciones necesarias que debe controlar el sistema propuesto de modo que sea mucho más sencilla la programación del mismo.

4.4.3 Fase III: Selección de componentes para el nuevo sistema de lubricación y refrigeración.

Se realizó la elección de los componentes y equipos necesarios para la puesta en marcha de la propuesta, considerando el equipo que más se adapte a los requerimientos técnicos, así como también la disponibilidad de estos dentro de las instalaciones de la empresa para aprovechar se encuentren instalados acarreado un menor costo para lograr la implementación obteniendo factibilidad económica. Además se consideró que algunos equipos y componentes se encuentran en stock en

el almacén de suministros de la planta o que estuvieran disponible con sus proveedores.

4.4.4 Fase IV: Diseño del programa que se encargara de la automatización por medio del Controlador Lógico Programable (PLC).

Se diseñó el programa que se encargara de comunicarse con los distintos actuadores para que la lubricación de los sellos mecánicos de las distintas bombas en el área de frutas se desarrolle de manera automática, así como del bombeo del agua permeada almacenada en un tanque para posteriormente ser enviada al tanque de agua cruda de PTAB y conseguir el fin último que es la optimización del mismo para reducir los impactos ambientales y económicos que conlleva el uso ineficaz del agua permeada para la lubricación. Se analizaron las alternativas técnicas con respecto a los diferentes equipos y componentes a utilizar en el sistema de control para determinar los más adecuados, siendo estos: El control lógico programable (PLC), sensores a utilizar, el tipo de programación de acuerdo a las características del PLC.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Diagnóstico del sistema actual de lubricación de los sellos mecánicos de las bombas desplazamiento positivo en el área de frutas.

5.1.1 Observación directa

Durante una inspección visual realizada en diversos recorridos por el área denominada Frutas Segunda Transformación y con la información aportada por operadores del área y del personal técnico pertenecientes al departamento de mantenimiento de dicha planta, quedo en evidencia que el sistema de lubricación y refrigeración de los sellos mecánicos de las bombas es operado manualmente con válvulas de paso rápido. Dicho sistema está compuesto por 4 válvulas que suministran el agua permeada para la lubricación. Cada válvula se encarga de entregar lubricación a una bomba a la vez que se encuentran instaladas de la siguiente manera: tres bombas del tipo Circunferencial de Pistón del Fabricante Alfa Laval, modelo SCP2/030 ubicadas una en la entrada del tanque tamizador que empuja la pulpa de fruta, la siguiente luego del proceso de tamizador que se encarga de empujar la misma al tanque de mezclas y la siguiente que lleva una vez que el producto de encuentra terminado al tanque de espera; por último se ubica a la salida del tanque de espera para impulsar el producto a la etapa de pasteurización, una Bomba Lobular fabricada por la empresa SPX Waukesha modelo 210U2. En la Figura N° 11 se muestra el diagrama del proceso.

También se pudo constatar que el agua permeada que una vez circulaba por las bombas para su lubricación y enfriamiento es arrojada al drenaje del sistema público de recolección de aguas.

La temperatura del área es un ambiente controlado entre quince y dieciocho grados centígrados. Las válvulas manuales y demás equipos por lo general no se someten a condiciones extremas tanto de temperatura como de presión.

5.1.2 Verificación de caudal recomendado por fabricante.

Mediante un cálculo indirecto con el uso de un cronometro y un recipiente cilíndrico con capacidad para 5 litros, se almaceno agua durante un minuto para obtener el caudal de agua que ingresaba a las bombas por el orificio de enfriamiento. Este procedimiento se realizó en cinco ocasiones para minimizar el error en el mismo, obteniéndose en promedio 1 litro por minuto, con lo cual se garantiza el caudal mínimo recomendado por los fabricantes de las bombas de desplazamiento positivo que es de 0,9 litros por minuto.

5.2 Elaboración de diagrama de flujo para nuevo sistema de lubricación y enfriamiento.

Se elaboró el diagrama de flujo con la finalidad de comprender con mayor claridad los pasos que debe tener el sistema de control propuesto para su automatización. Véase en la figura N° 12.

El sistema de lubricación aquí expuesto consta de dos ramificaciones principales, que consiste en el control de las electroválvulas y la otra que se encarga del controlar el almacenaje y posterior bombeo del agua procedente de la lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos.

En el control de las electroválvulas se tomara en cuenta cuando el sistema en forma manual o automática solicite la activación de las distintas bombas del área de frutas en estudio, para lo cual tomaremos en cuestión que será importante implementar en el programa un retardo a la conexión para así asegurar que los sellos mecánicos de las bombas no entren en funcionamiento sin la presencia del agua permeada que se encarga de la lubricación y enfriamiento de los mismos mediante la energización de las bobinas de los contactores de las mismas.

Con respecto al control de almacenaje y bombeo del líquido que sale del sistema de lubricación y enfriamiento se utilizara un tanque de reserva para el almacenaje del fluido. Luego de verificar que se habilita el sistema y que no existe una parada de emergencia se toma en cuenta los niveles tanto del tanque de reserva como del tanque al cual será bombeado el fluido que es el tanque de agua cruda para la reinscripción del agua a la planta de tratamiento de aguas blancas o PTAB de la empresa. Si el nivel de agua en el tanque de reserva está en un mínimo requerido para evitar que la bomba trabaje en vacío y el nivel del tanque de agua cruda no se encuentra en alto-alto para evitar rebose, se activa una marca de nivel de líquido adecuado para desplazar el fluido desde el tanque de reserva al tanque de agua cruda.

Además se desactivara la bomba cuando el contacto normalmente cerrado del relé térmico de sobrecarga se dispare, para evitar daño de la bomba y lo cual también activara una alarma sonora y visual para alertar al operario de turno. También se mostraran en el tablero unas luces pilotos para indicar los niveles del tanque de reserva y de agua cruda, así como si se encuentra activa o no la bomba centrifuga que se encargara del bombeo.



Figura N°11. Diagrama de Proceso de Frutas Segunda Transformación

Fuente: Ficha Descriptiva Paca

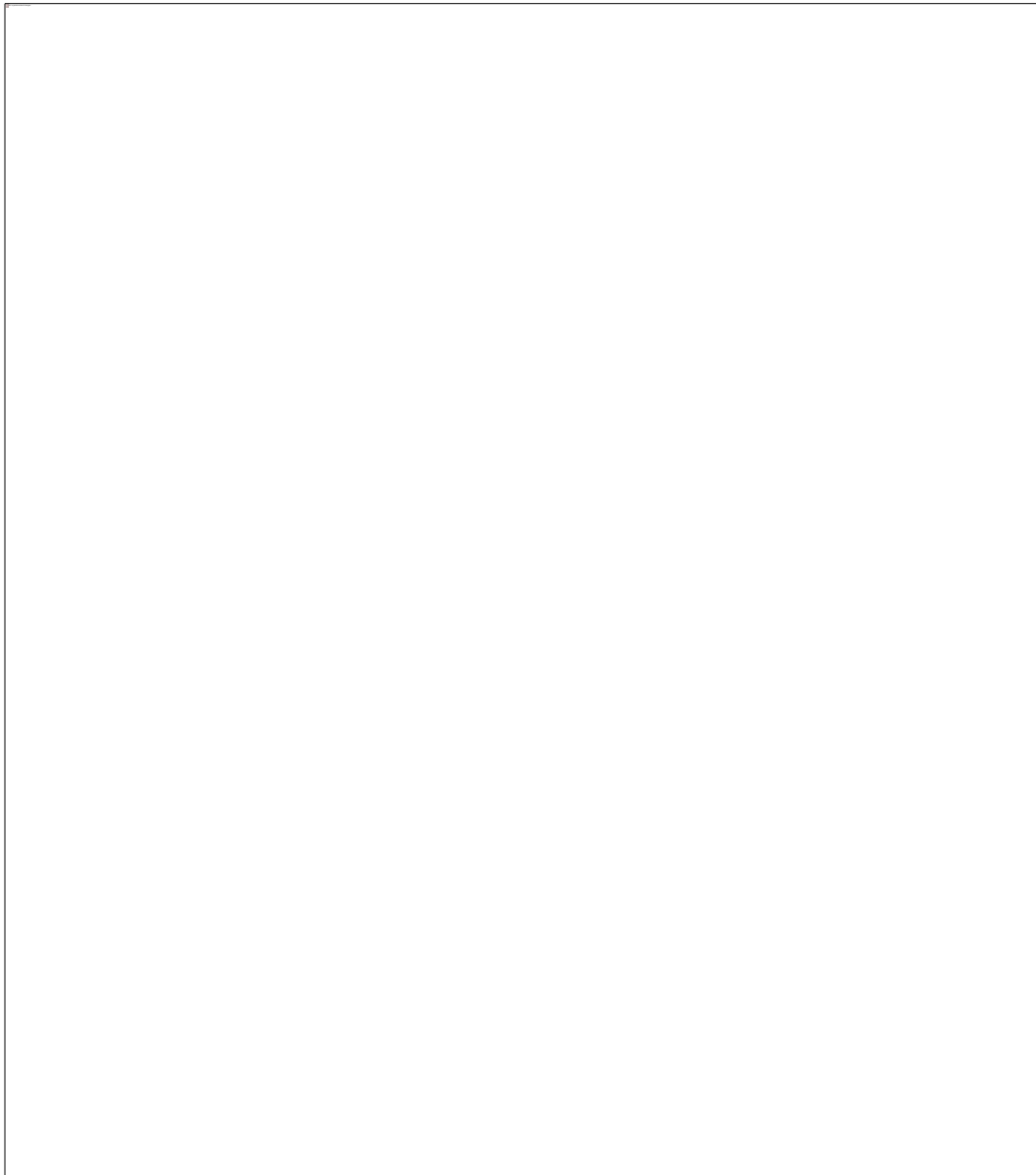


Figura N° 12a. Diagrama de flujo.

Fuente: Guachez (2018)

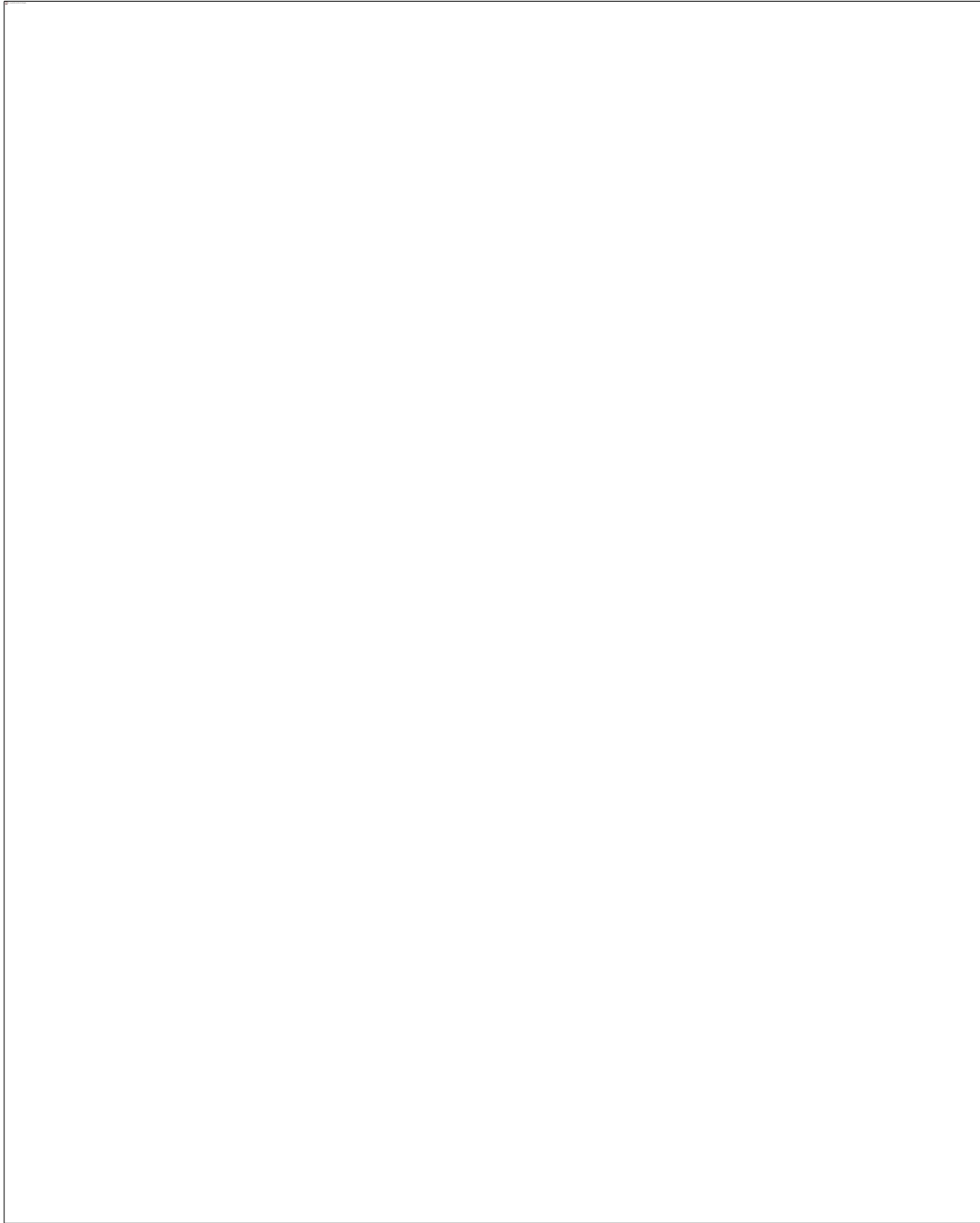


Figura N° 12b. Diagrama de flujo.

5.3 Selección de componentes para el nuevo sistema de lubricación y refrigeración.

Primero se realizó la selección de los instrumentos necesarios para la optimización, tales como electroválvulas, bomba centrífuga, acondicionadores de señal, PLC entre otros detallados a continuación.

5.3.1 Electroválvulas.

Para la sustitución de las válvulas manuales se decidió la escogencia de 4 electroválvulas de la marca Danfoss ya que los cuerpos de las electroválvulas y las bobinas eléctricas de Danfoss normalmente se suministran por separado y se combinan posteriormente. Se montan fácil y rápidamente sin necesidad de herramientas. Esto proporciona una flexibilidad y disponibilidad óptimas del producto. Si es necesario sustituir la bobina, el montaje se puede llevar a cabo sin necesidad de parar ni drenar ningún sistema. Las electroválvulas también están disponibles, en caso de necesitarse, como unidades montadas. Por lo anterior expuesto y además de que la empresa posee un stock considerable de las mismas. Se puede observar la misma en la Figura N°13.

5.3.2 Bomba centrífuga

Partiendo de documentación proporcionada por la empresa y observando la similitud de la necesidad del requerimiento, se propone el uso de una bomba centrífuga de la marca Goulds Pumps modelo 5SH2M52AO de 15 HP. En la figura N°14 se muestra el tipo de bomba que se propone para la implementación del proyecto.

En las tablas N°1, N°2 y N°3 se presentan datos relevantes a la bomba, motor así como su curva de rendimiento respectivamente.



Figura 13. Electroválvula Danfoss

Fuente:

<http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/04/PS600A305.pdf&ved=2ahUKEwi9prLR19ffAhUHRa0KHbSUDMkQFjAAegQIBBAB&usg=AOvVaw2qGFZbGDby2hpPQ9HA8Xaz>



Figura N°14. Bombas centrifugas marca Goulds Pumps

Fuente: Guanchez (2018)

Tabla N° 1 Datos de la bomba centrífuga propuesta

Datos de la bomba

Tipo	Centrifuga
PH	3
Caudal	65m ³ /hr
Número de etapas	1
Fabricante	Goulds Pumps
Tipo de fundición	316L Acero Inox.
Tipo de impulsor o accionamiento	Cerrado
Diámetro	67/8"
Modelo	5SH Tamaño 2 x 2 1/2-6
Serial	5SH2M52AO
Potencia	15Hp
C.D.T	50m
Presión	Max: 15Bar
Temperatura	Max: 121°C
Revoluciones por minuto	3500rpm
Voltaje	208-230/460V
Corriente	17Amp.

Fuente: Guanchez (2018)

Tabla N° 2 Ficha técnica del motor acoplado a la bomba

Datos del motor

Tipo	Inducción eléctrica
Fabricante	Baldor Reliancer
Modelo	N/D
Serial	N/D
Cantidad	2
Temperatura	121°C

máxima

Potencia	15Hp
Voltaje	(208-230/460)V
Amperaje	(38-34,6/17,3)A

Nominal

Frecuencia	60Hz
Polos	4
Factor de	1

Servicio

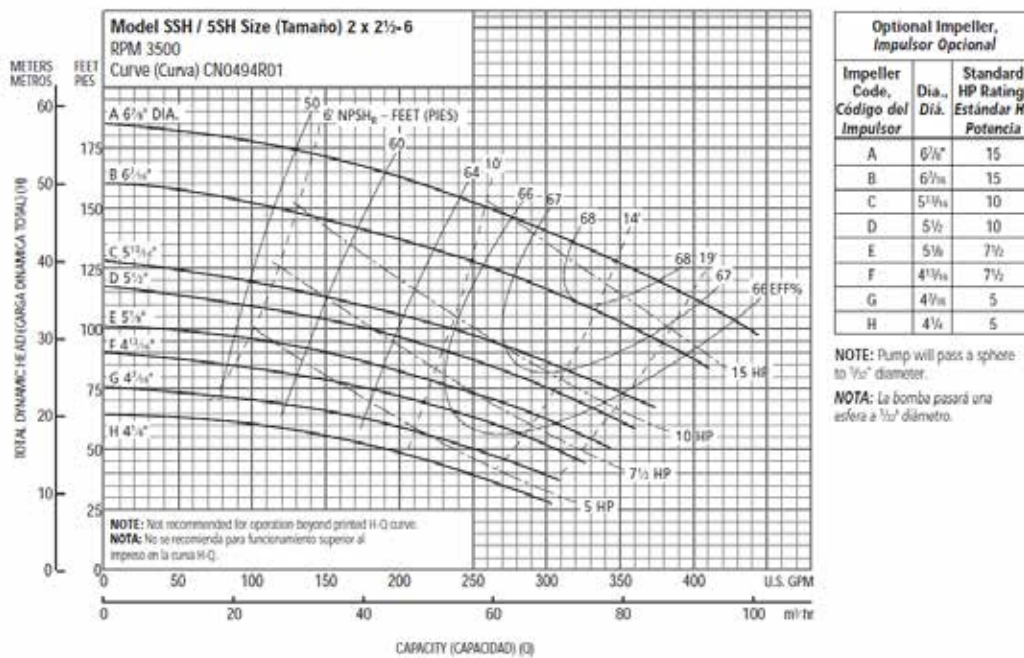
Frame	215JM
Enclosure	TECF
Revoluciones	3480rpm

por minuto

Fuente: Guanchez (2018)

Tabla N° 3 Curva característica de la bomba propuesta

Curva característica de la bomba		
Caudal	CDT	Eficiencia
60m ³ /hr	45m	66%



Fuente: <http://www.hamiltonengineering.com/pdf/Goulds%20SSH.pdf>

5.3.3 Interruptor de nivel

Para este sistema se seleccionó el sensor de nivel conductivo como la opción más viable debido a sus características de robustez, alta versatilidad y fiabilidad; por lo que hace a este sensor ideal para la labor de actuar como interruptor ON-OFF del tanque de reserva donde se almacenara el agua permeada procedente de la lubricación de los sellos mecánicos.

El electrodo conductivo de varilla múltiple VEGA EL 3 es adecuado para la detección de nivel en líquidos conductivos en todo tipo de industrias. Las

aplicaciones más habituales son protección contra sobrellenado o marcha en seco juntamente con VEGATOR 132 que es el acondicionador de señal.

El principio de medición consiste en que los electrodos del sensor entren en contacto con un líquido conductor, por lo que fluye una pequeña corriente alterna y como consecuencia la electrónica dispara una señal de conmutación.

Entre las ventajas que tiene el sensor conductivo VEGA EL 3 se encuentran:

1. Detección de nivel sencilla, robusta y económica.
2. Los interruptores de nivel se pueden instalar en cualquier posición.
3. Detección de diversos puntos de conmutación dentro de un depósito.

Se eligió el sensor de nivel VEGA EL 3 debido a que tiene disponibilidad de productos en el país y sus proveedores ofrecen asistencia técnica y asesoramiento dentro del mismo. La figura N°15 muestra el interruptor de nivel descrito.

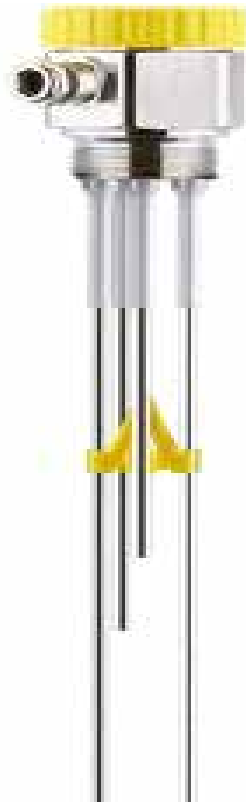


Figura. N°15 Interruptor de nivel VEGA EL 3

Fuente: https://www.vega.com/es-ES/home_me/Productos/Cat%C3%A1logo-de-productos/Interruptores-de-nivel/Conductivo/EL-3

5.3.4 Acondicionador de señal

El acondicionador de señal es utilizado para la detección de nivel de sondas conductivas. El VEGATOR 132 (ver figura N°16) es un acondicionador de doble canal para sondas conductivas de la serie EL. Las aplicaciones más comunes son la detección de líquidos y el control de bombas; así como también la transmisión de señales de entrada conductivas para alarma de nivel. Tiene la posibilidad de montaje con múltiples sondas de varilla o cable, como también la conexión de varios VEGATOR 132. Entre las ventajas que tiene el acondicionador de señal VEGATOR 132 se encuentran:

1. Instalación sencilla mediante rail de montaje además de terminales codificados desmontables.

2. Supervisión de fallos integrado con pantalla LED para detección de cortocircuito y corte de línea.
3. Dos detecciones de nivel independientes o un control de min/máx./control de dos puntos.



Figura N°16 Acondicionador de señal VEGATOR 132

Fuente: https://www.vega.com/es-ES/home_me/Productos/Cat%C3%A1logo-de-productos/Acondicionadores-de-se%C3%B1al/Acondicionadores-de-se%C3%B1al/VEGATOR-132#

5.3.5 Controlador lógico programable (PLC)

Para el diseño de programación se seleccionó un PLC siemens S7-300 se tomó como criterio principal que el mismo se encontrara disponible en el área además de que estos autómatas ofrecen posibilidades de programación con una gran gama de funciones de conteo, temporización, conversión, comparación y operaciones aritméticas, medición de frecuencia en sus entradas integradas y modulación de pulsos en sus salidas integradas, capacidades que mejoran ampliamente las que ofrecen otros autómatas. Permiten la adición de hasta un máximo de 8 módulos de

expansión al CPU, incluidos módulos de entradas y salidas digitales, módulos analógicos y módulos de comunicación. El software para llevar a cabo el programa de control es el SIMATIC manager STEP7 que es donde se elabora toda la programación con su respectivo control. La programación se llevó a cabo mediante el lenguaje KOP (esquema de contactos). En si el modelo con CPU 312c.

Los módulos de entradas digitales convierten las señales digitales externas del proceso al nivel interno del autómatas, por ejemplo, para señales con una tensión de 24 VDC se debe elegir el módulo de entrada de 24V, que le ofrece 16/32 entradas y conecta los sensores con separación galvánica y en grupos de 8 entradas con contacto común. El de salidas digitales convierten las señales internas de PLC en señales externas adaptadas al proceso, como por ejemplo contactores y válvulas, el autómatas ofrece varias alternativas desde módulos de 16/32 canales y 0,5A con separación galvánica hasta módulos de relé de 8/a 16 canales.

En cuanto al de entradas analógicas convierte las señales analógicas en señales digitales que el autómatas procesa internamente. se puede conectar los sensores y emisores de señal de tipo de tensión o intensidad, resistencia, así como termopares y termo resistencia y se puede elegir entre módulos que van de los 2 a 8 canales. También posee en forma modular el de suministro de energía, el cual es la fuente de alimentación del autómatas que transforma la tensión externa de suministro en la tensión operativa interna. Las tensiones de alimentación posibles para el S7-300 son: 24VCC, 115 VCA O 230 VCA y las transforma a 24v en continua. En la figura N°17 se observa el PLC descrito previamente.



Figura N°17 PLC Siemens S7-300

Fuente: <http://www.ipatek.com.mx/wp-content/uploads/2012/10/s7-300.png>

5.3.6 Tanque reservorio para almacenaje

Se sugiere la instalación de un tanque subterráneo con capacidad de almacenamiento de 8m³, para la recolección de toda el agua que es utilizada en el proceso de lubricación y enfriamiento de bombas de desplazamiento positivo, en principio solo para el área en estudio pero con posibilidad de expansión para lograr un gran impacto tanto ambiental como económico. Se recomienda que el tanque de almacenamiento sea subterráneo para no necesitar bombas que lleven el fluido al tanque de reserva, sino que la misma se realice por medio de gravedad y con una capacidad de 8m³ porque el mismo equivale a 8000 litros, tomando en cuenta que almacenara el agua utilizada en el sistema de lubricación y enfriamiento proveniente de 4 bombas de desplazamiento positivo las cuales cada una posee un caudal de 1 litro/minuto, lo cual representa un caudal combinado de 240 litros/ hora podría almacenar 3 turnos operativos de 8 horas cada uno para lograr almacenar un total de

5760 litros/ día ocupando un 72% del volumen total, con lo cual garantiza que no se desbordara en un día completo de trabajo.

Otra de las razones para que sea subterráneo es la utilización de los canales de recolección ya instalados en la planta los cuales envían el agua utilizada en el proceso al sistema de drenaje público, por lo que se requerirían pequeñas adaptaciones para desviar la misma al tanque como tal.

5.3.7 Sensor de nivel

Se recomienda la utilización de un transmisor de nivel ultrasónico de la marca Endress+Hauser, modelo Prosonic M, FMU41-ANB1A4 cuyas características principales es que la señal de salida es de 4-20ma y que permite realizar una medición continua del nivel hasta un máximo de cinco metros con un margen de error de +/- 2mm. Además de tener el elemento primario y el transmisor integrado, facilitando su instalación y la posibilidad de medir otras variables como presión y temperatura. En la figura N° 18 se muestra el sensor-transmisor de nivel propuesto.



Figura. 18 Transmisor de nivel ultrasónico

Fuente: Guanchez (2018)

5.3.7.1 Aplicación

- Medición de nivel continua y no invasiva en fluidos, pastas, lechadas y sólidos áridos pulverulentos o granulados

- Medición de caudal en canales abiertos y vertederos

- Integración del sistema mediante:

- HART (estándar), 4...20mA

- PROFIBUS PA

- Fieldbus FOUNDATION

- Rango de medida máximo

- FMU 40:

- 5 m para fluidos / 2 m para materiales áridos

- FMU 41:

- 8 m para fluidos/ 3,5 m para materiales áridos

- FMU 42:

- 10 m para fluidos / 5 m para materiales áridos

- FMU 43:

- 15 m para fluidos / 7 m para materiales áridos

- FMU44:

- 20 m para fluidos / 10 m para materiales áridos

5.3.7.2 Características y ventajas

- Puesta en marcha fácil y rápida mediante ajuste en campo guiado por menús en la pantalla indicadora con cuatro líneas de texto

- Curvas envolventes en el indicador de campo para diagnósticos sencillos
- Acceso a distancia fácil para la configuración, diagnóstico y documentación sobre el punto de medida mediante el software de configuración ToF Tool suministrado.
- Apto para zonas con peligro de deflagración por materiales gaseosos o pulverulentos
- Función de linealización (hasta 32 puntos) para la conversión de los valores de medida en cualquier unidad de longitud, volumen o caudal
- Método de medición no invasiva que minimiza los requisitos de servicio
- Funcionamiento e indicación a distancia opcionales (hasta 20 m desde el transmisor)
- Posibilidad de instalación con roscas a partir de G 1½“
 - o 1½ NPT y superiores
- Sensor de temperatura integrado para la corrección automática del valor de la velocidad del sonido según la temperatura

5.4 Diseño del programa que se encargara de la automatización por medio del Controlador Lógico Programable (PLC).

Se diseñó el programa que se encargara de comunicarse con los distintos actuadores para que la lubricación de los sellos mecánicos de las distintas bombas en el área de frutas se desarrolle de manera automática, así como del bombeo del agua permeada almacenada en un tanque para posteriormente ser enviada al tanque de agua cruda de PTAB y conseguir el fin último que es la optimización del mismo para reducir los impactos ambientales y económicos que conlleva el uso ineficaz del agua permeada para la lubricación. Se analizaron las alternativas técnicas con respecto a los diferentes equipos y componentes a utilizar en el sistema de control para

determinar los más adecuados, siendo estos: El control lógico programable (PLC), sensores a utilizar, el tipo de programación de acuerdo a las características del PLC.

5.4.1 Inicialización del programa y configuración de Hardware

Para iniciar lo primero que se realizó fue la configuración del autómatas que se usó, en este caso el PLC siemens S7-300, se inicializó el software STEP 7, se abrió el Administrador Simatic (Simatic Manager) haciendo doble clic en el ícono del escritorio o siguiendo la siguiente ruta a través del menú inicio: Inicio>Todos los programas>SIMATIC>STEP 7>SIMATIC Manager, se abrió automáticamente el asistente de nuevo proyecto. Véase en la figura N° 19.

Se seleccionó la CPU pulsando “siguiente en la pantalla anterior” el asistente mostró una lista con todas las CPUs soportadas por la versión de STEP 7 que se está usando, se seleccionó en este caso la CPU 312C, también se seleccionó el bloque de organización OB1, este bloque de organización es el único bloque que la CPU que ejecuta de manera cíclica y sin necesidad de ser llamado, por lo cual es el único bloque que siempre será programado, dentro de éste se llaman todos los demás bloques de organización, funciones, bloques de función, etc. Seleccionó también el lenguaje de esquema de contactos KOP (figura N° 20).

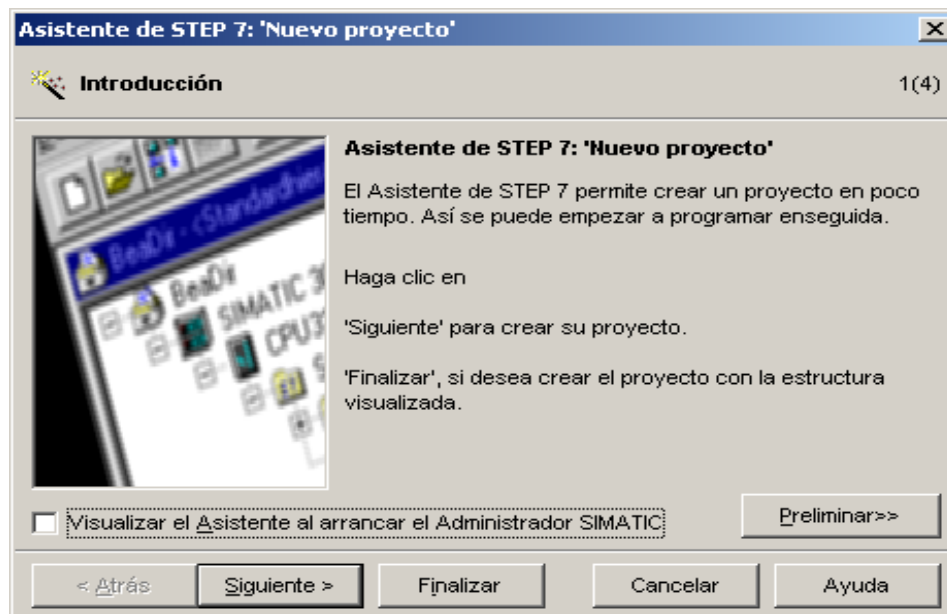


Figura N° 19 Asistente de nuevo proyecto.

Fuente: Guanchez (2018)



Figura N° 20. Selección de CPU.

Fuente: Guanchez (2018)

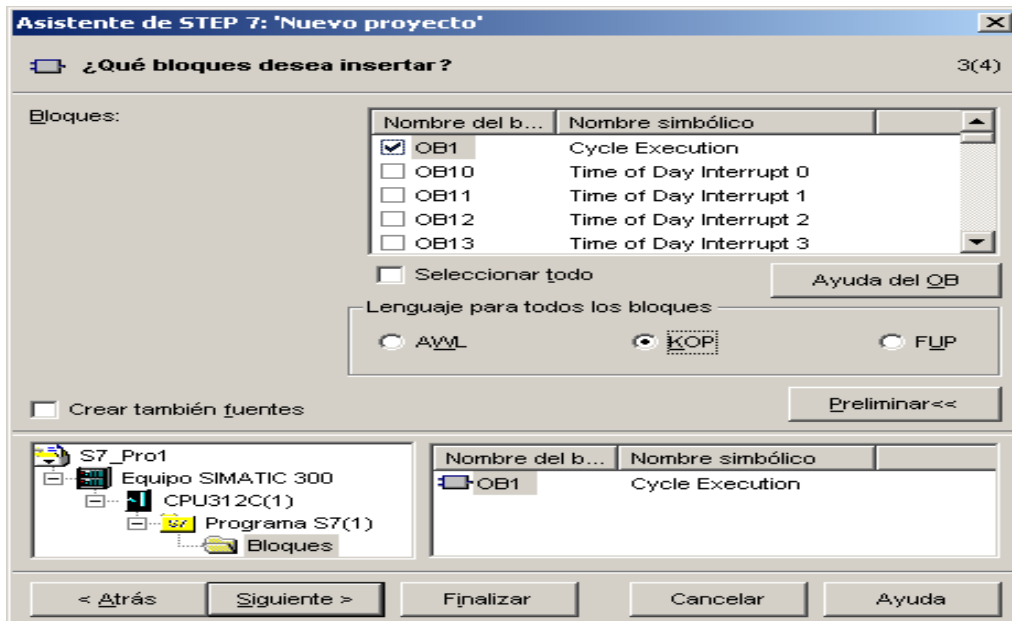


Figura N° 21. Selección de bloques de organización y lenguaje de programación.

Fuente: Guanchez (2018)

Se seleccionó el nombre del proyecto, se observó el asistente de nuevo proyecto con la opción de asignar un nombre al proyecto, también muestra una lista de los proyectos ya existentes en el ordenador.

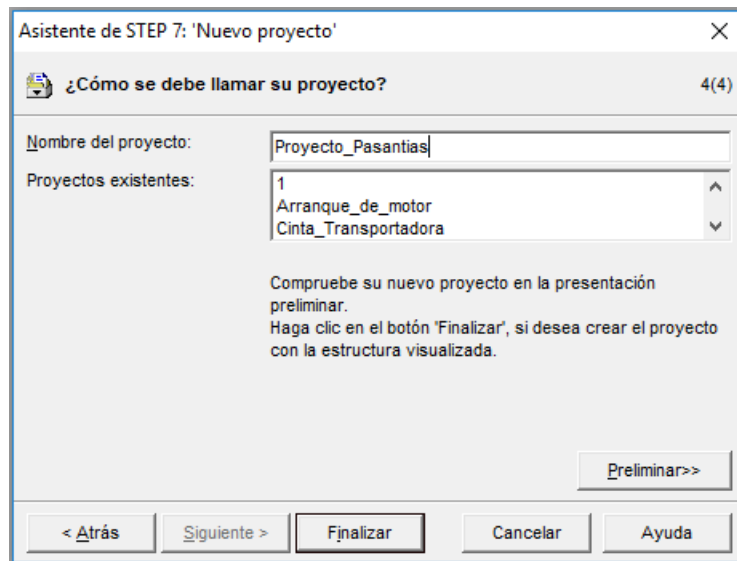


Figura 22. Asignación de nombre de proyecto

Fuente: Guanchez (2018).

Al hacer clic en finalizar luego de asignar un nombre al proyecto, se cerró el asistente y se obtuvo la ventana del Administrador SIMATIC con el proyecto ya configurado, se configuró el hardware, se incluyó la fuente de poder, la CPU 312C y módulos de expansión como DI/DO (entradas/salidas digitales).

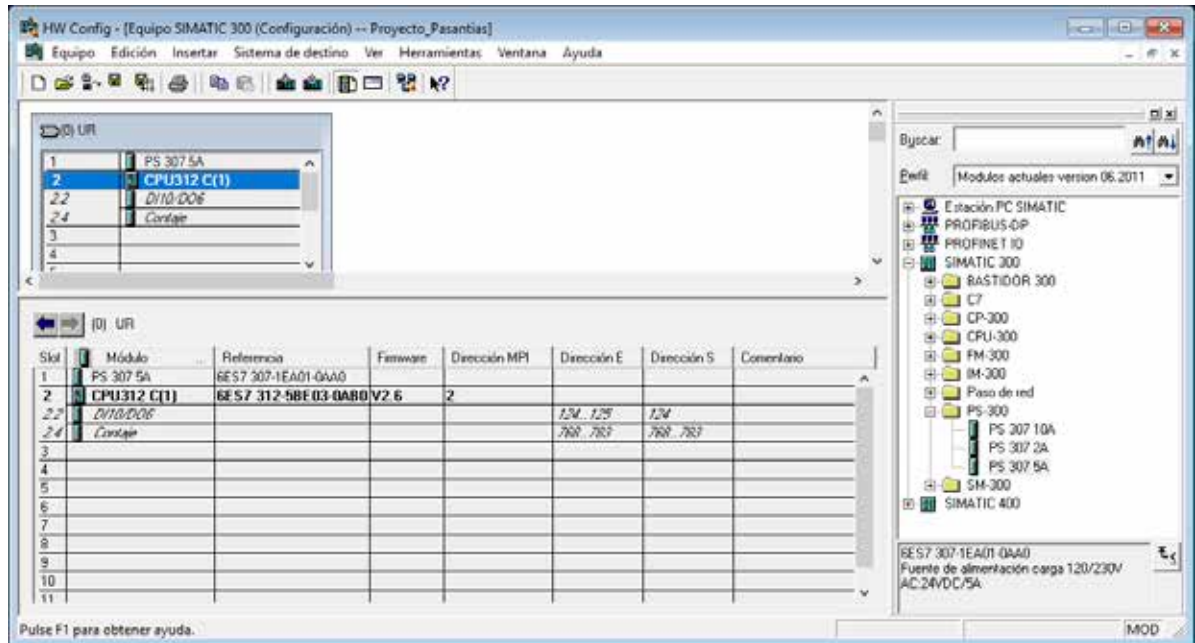


Figura N° 23. Selección de la fuente, la CPU y de los módulos en la configuración de hardware.

Fuente: Guanchez (2018)

Luego de esto se procedió a direccionar los diferentes módulos de entrada y salidas del PLC y su ubicación en los slots del mismo, tomando en cuenta la lista de variables a realizar, por lo cual es importante que dichas listas se elaboren minuciosamente ya que estas hacen parte esencial del diseño y son las que hablan de la ubicación de cada señal y tarjetas en el autómata, en otras palabras las listas de variables son las guías en la elaboración del diseño. Con la configuración de entradas y salidas a realizar, se procede a la edición del programa en lenguaje KOP (esquema de contacto).

Seguidamente se le adicionaron los módulos de señales digitales y las analógicas, de acuerdo al requerimiento del proyecto.

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S	Comentario
1							
2	CPU312 C(1)	6ES7 312-5BE03-0AB0	V2.6	2			
2.2	DI16/DO6				1...2	1	
2.4	Contaje				768...783	768...783	
3							
4	DI8/DO8xDC24V/0.5A	6ES7 323-1BH01-0AA0			0	0	
5	AI4/AO2	6ES7 334-0KE00-0AB0			272...279	272...275	
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Figura N° 24. Selección de módulos de expansión de señales digitales y analógicas.

Fuente: Guanchez (2018)

5.4.2 Creación de lista de variables

A continuación se diseñó la lista de variables que se utilizarían en el proceso, como variables globales y el direccionamiento y asignación de tipos de cada una de ellas, se les asigno comentarios para una mejor comprensión de la funcionalidad que poseen (véase figura N°25).

	Estado	Símbolo /	Dirección	Tipo de dato	Comentario
2		Contactador_A	A 1.1	BOOL	Contactador bomba alimentación
3		Contactador_E	A 1.3	BOOL	Contactador bomba espera
4		contactador_M	A 1.2	BOOL	Contactador bomba mezcla
5		Contactador_P	A 1.4	BOOL	Contactador bomba pasteurización
5		Control motor	FB 3	FB 3	
7		Control_nivel	FB 2	FB 2	
8		control_valvulas	FB 1	FB 1	
9		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
10		E_V101	A 0.0	BOOL	electrovalvula pulpa entrada
11		E_V102	A 0.1	BOOL	electrovalvula entrada mezcla
12		E_V103	A 0.2	BOOL	electrovalvula entrada espera
13		E_V104	A 0.3	BOOL	electrovalvula pasteurización
14		entrada_sensor_tac	MW 10	INT	
15		Entrada_sensor	MW 2	INT	
16		Habilitacion	E 0.4	BOOL	Arranque sistema
17		Habilitar	M 0.0	BOOL	marca arranque del sistema
18		km101	E 0.0	BOOL	activacion bomba alimentación
19		km102	E 0.1	BOOL	activacion bomba mezcla
20		km103	E 0.2	BOOL	activacion bomba espera
21		km104	E 0.3	BOOL	activacion bomba pasteurización
22		LSHHTAC	E 2.2	BOOL	alto alto tanque agua cruda
23		LSHHTR	E 2.0	BOOL	alto alto tanque reserva
24		LSHTAC	E 1.1	BOOL	alto tanque agua cruda
25		LSHTR	E 1.7	BOOL	alto tanque reserva
26		LSSLTAC	E 2.1	BOOL	bajo bajo tanque agua cruda
27		LSSLTR	E 0.6	BOOL	bajo bajo tanque reserva
28		LSLTAC	E 1.0	BOOL	bajo tanque agua cruda
29		LSLTR	E 0.7	BOOL	bajo tanque reserva
30		LUZ_ROJA_HHTR	A 2.0	BOOL	piloto alto alto tanque reserva
31		LUZ_ROJA_LLTR	A 1.5	BOOL	piloto bajo bajo tanque agua cruda
32		LUZ_ROJA_LLTR	A 0.6	BOOL	piloto bajo bajo tanque reserva
33		LUZ_ROJAHHTAC	A 2.1	BOOL	piloto alto alto tanque reserva
34		LUZ_AMARILLA_LT...	A 1.6	BOOL	piloto bajo tanque agua cruda
35		LUZ_AMARILLA_LTR	A 1.0	BOOL	piloto bajo tanque reserva
36		LUZ_VERDE_HTAC	A 1.7	BOOL	piloto alto tanque agua cruda
37		LUZ_VERDE_HTR	A 0.7	BOOL	piloto alto tanque reserva
38		Motor	A 0.4	BOOL	Motor de la bomba centrifuga
39		piloto_rojo	A 2.3	BOOL	bomba centrifuga apagada
40		piloto_sobrecarga	A 2.4	BOOL	piloto activacion del termico de la bomba centrifuga
41		piloto_verde	A 2.2	BOOL	bomba centrifuga funcionando
42		salida_escalada_tac	MD 12	REAL	
43		salida_sensor_escal...	MD 6	REAL	
44		SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
45		Sensor_TAC	PEW 274	INT	Sensor ultrasonico tanque agua cruda
46		Sensor_TR	PEW 272	INT	Sensor ultrasonico tanque reserva
47		Stop	E 0.5	BOOL	Parada sistema
48		Terkm101	E 1.3	BOOL	Termico contactor km101
49		Terkm102	E 1.4	BOOL	Termico contactor km102
50		Terkm103	E 1.5	BOOL	Termico contactor km103
51		Terkm104	E 1.6	BOOL	Termico contactor km104
52		Termico	E 1.2	BOOL	rele termico bomba centrifuga

Figura N° 25. Elaboración de la lista de variables.

Fuente: Guanchez (2018)

5.4.3 Ampliación con módulo de entradas y salidas analógicas

Se empleó un módulo E/S analógicas, el cual es el modulo SM 334(observe figura N°26) que consta de entradas (4) y salidas (2) analógicas, con una resolución de 8 bits, el cual ofrece la posibilidad de medir y proveer salidas de tensión y corriente. No siendo parametrizable, el módulo debe ser configurado mediante el cableado, es decir, en cada canal de entrada o de salida existen dos disposiciones distintas de los conductores dependiendo de la medición o salida que se va a utilizar. Posee las siguientes características:

1. Cuatro entradas, dos salidas
2. 8 bits de resolución
3. No parametrizable, se configuran los tipos de salida y de medición mediante el cableado
4. Rangos de medida de 0 - 10 V ó 0 - 20 mA
5. Opciones de salida de voltaje y de corriente
6. No aislado contra la interfaz de bus de conexión posterior.
7. Aislado del voltaje de carga

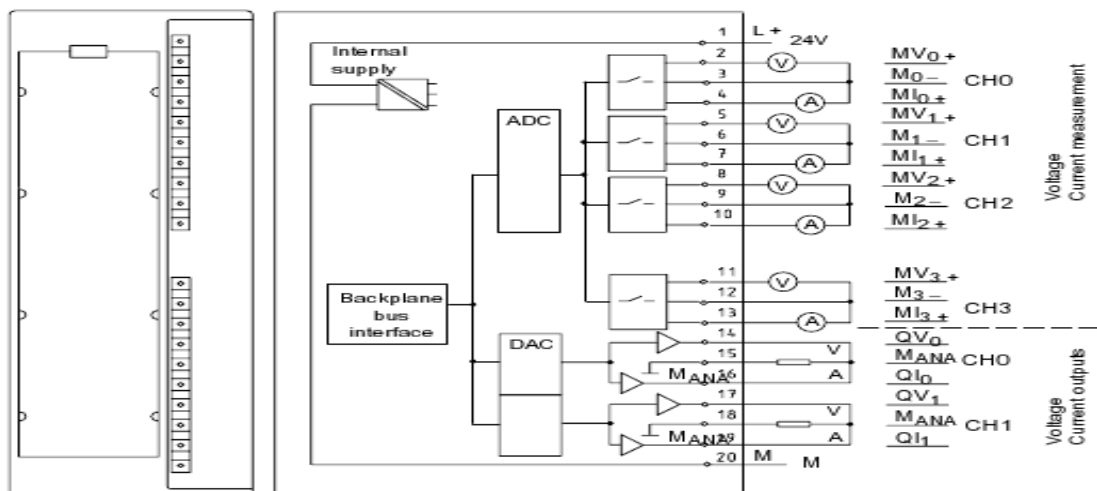


Figura N°26. Vista del módulo y diagrama de bloques del SM334 AI4/AO2 x 8/8 bits.

Fuente: SIMATIC Programmable Logic Controllers S7-300 Module Data.

5.4.4 selección de estructura de programación

Se implementó la programación en lenguaje tipo estructurado, esto utilizando bloques de funciones para que el OB1 sea más organizado y para no repetir códigos de programación sino la llamada de los bloques de funciones cuando fueran necesarios y la creación de bloques DBs con variables de instancias o locales (ver figura N° 27).

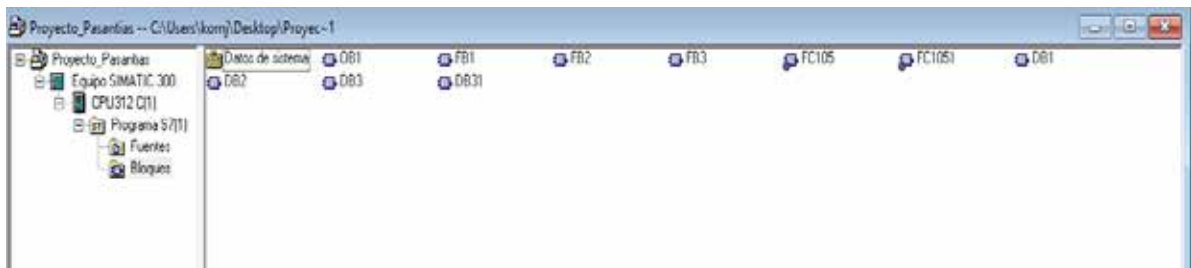


Figura N°27. Creación del bloque OB1, de los bloques de funciones (FBs) y bloques de datos (DBs).

Fuente: Guanchez (2018)

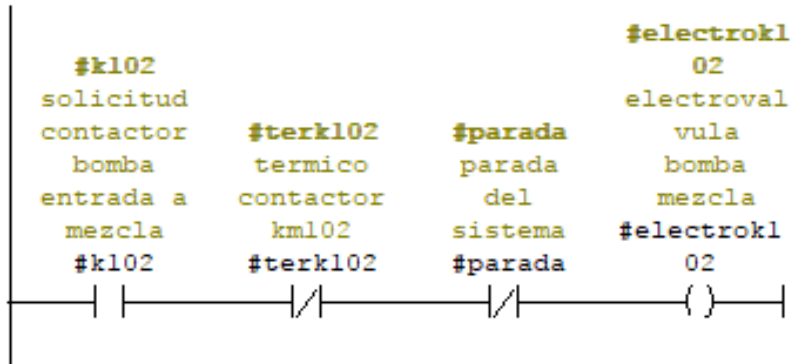
5.4.5 Programación del bloque FB1 de control de electroválvulas

Se realizó un bloque denominado FB1 que se encarga del control de cada una de las cuatro electroválvulas que controlan el paso del agua permeada para la lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo en el primer segmento se realiza la habilitación de la electroválvula de la bomba de

alimentación del producto en el sistema de tratamiento de Frutas Segunda Transformación, la misma se activa siempre y cuando sea solicitado bien sea de forma manual o automática la activación de la bomba en cuestión, siempre y cuando el contacto normalmente cerrado del relé térmico de sobrecarga no cambie de estado y no se active la parada del sistema. Luego en el segundo segmento la señal es aplicada a un temporizador con retardo a la conexión de cinco segundos para finalmente activar la bobina del contactor de la bomba, esto se hace con el propósito de garantizar que los sellos se encuentren lubricados y refrigerados y así evitar posibles daños en los mismos, tal como se muestra en la figura N°28. Los segmentos posteriores son idénticos pero para cada una de las bombas siguientes, es decir, la bomba entrada al tanque de mezclas (figura N°29), la del tanque de espera (figura N°30) y la de salida a los contenedores para aplicarle el proceso de pasteurización (figura N°31).

Segm. 3 : electrovalvula bomba mezcla

bomba que lleva producto a tanque de mezcla



Segm. 4 : Contactor bomba mezcla

Comentario:

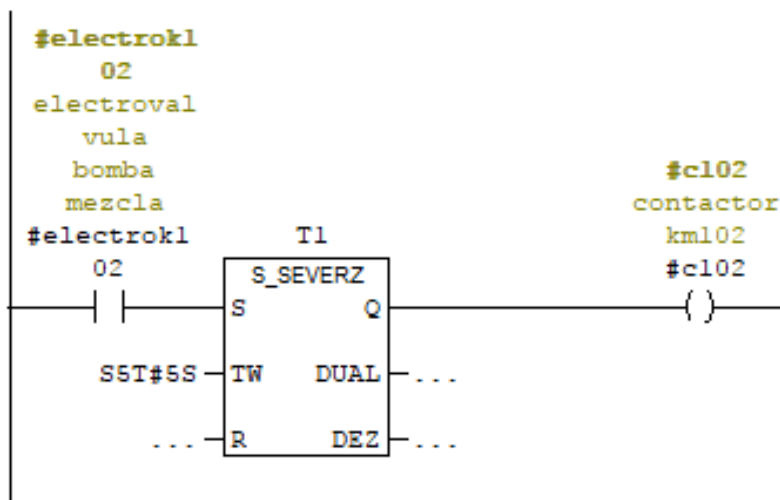
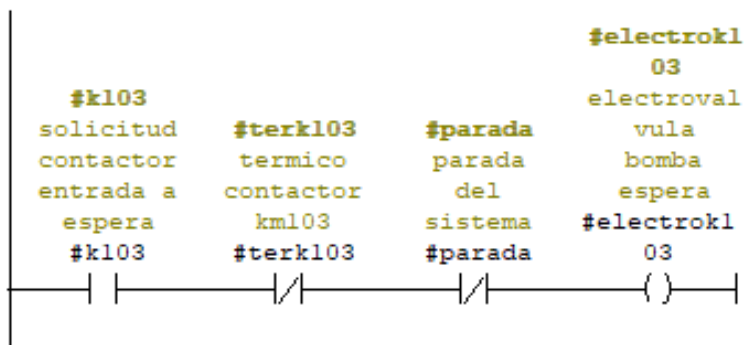


Figura N°29. Segmento 3 y 4 FB1 activación electroválvula y contactor bomba mezcla.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 5 : Electrovalvula bomba espera

Comentario:



Segm. 6 : Contactor bomba espera

Comentario:

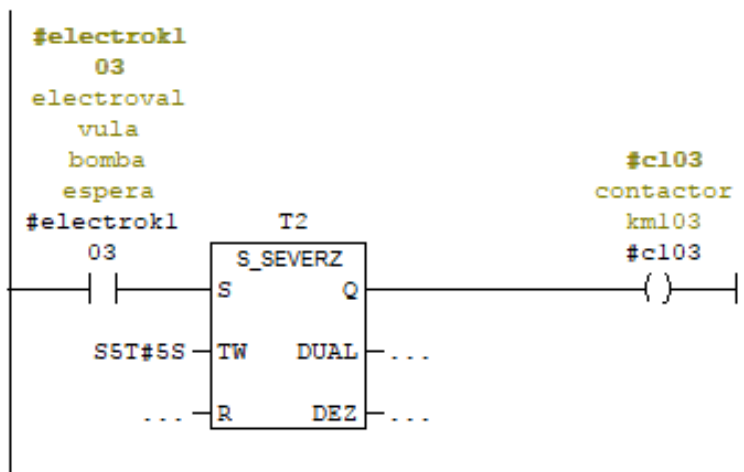
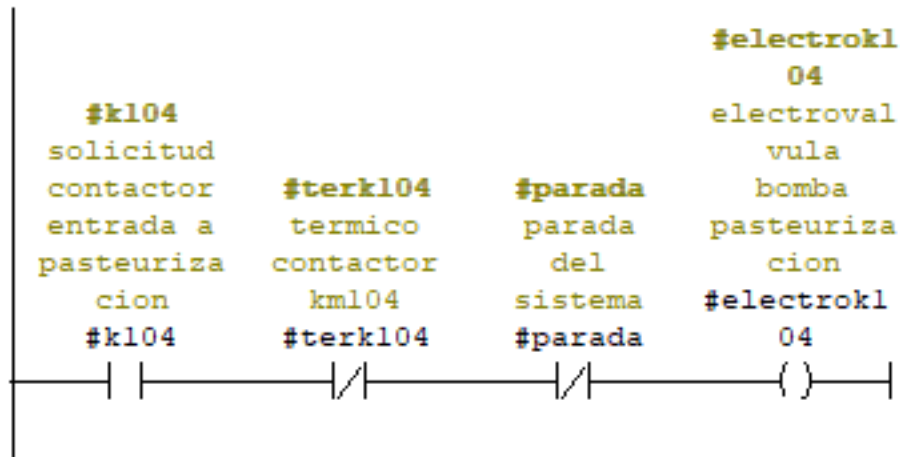


Figura N°30. Segmento 5 y 6 FB1 activación electroválvula y contactor bomba tanque espera.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 7 : Electrovalvula bomba passteurizacion

Comentario:



Segm. 8 : Título:

Comentario:

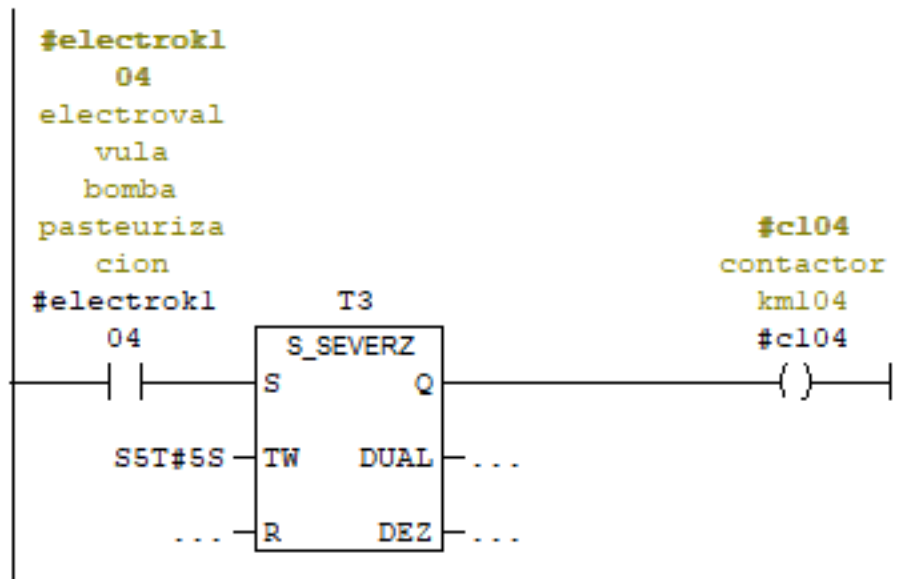
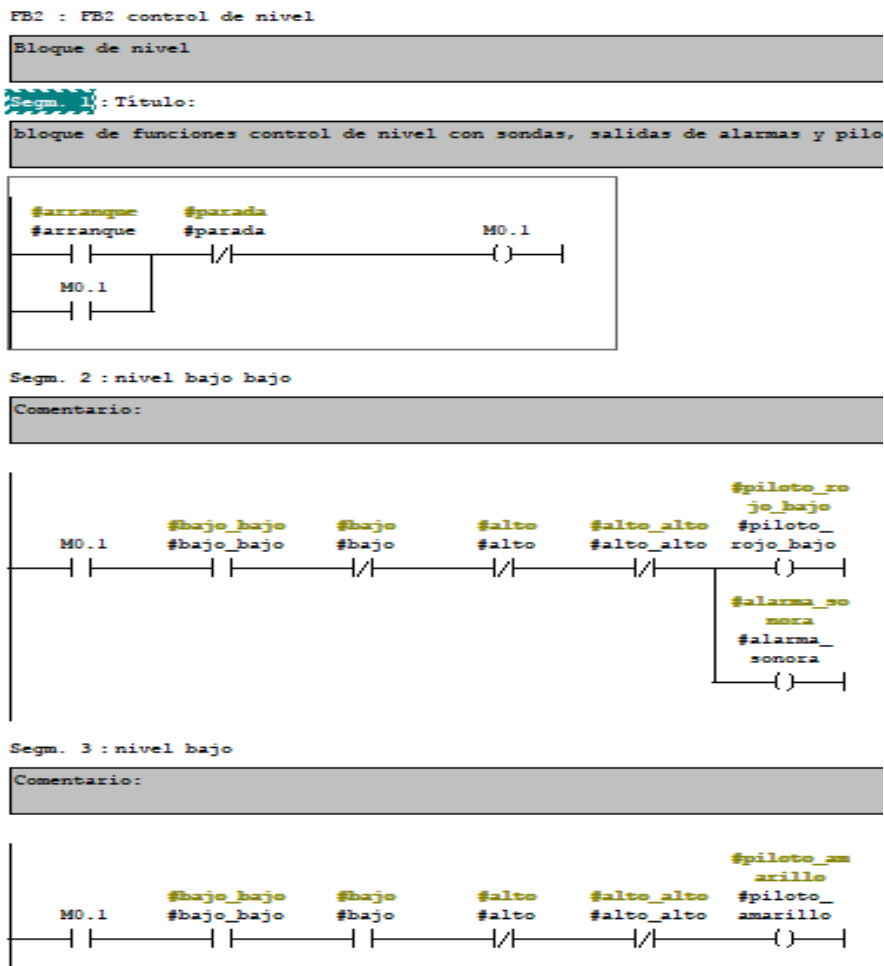


Figura N°31. Segmento 7 y 8 FB1 activación electroválvula y contactor bomba pasteurización.

Fuente: Guanchez (2018)

5.4.6 Programación del bloque FB2 de control de nivel

Se desarrolló un bloque denominado FB2 el cual se encarga de controlar el nivel en los tanques de reserva y el de agua cruda. Para ello se utilizara una sonda de nivel, y las salidas del bloque serán alarmas y luces pilotos. En el primer segmento se realiza la marca de habilitación del programa, en el segundo segmento se activa una luz piloto y una alarma sonora si la sonda de nivel bajo-bajo es la única que se encuentre en nivel lógico 1; si la sonda de nivel bajo-bajo y la de bajo se encuentran en nivel 1 lógico se activa luz piloto amarillo. En la figura N°32 se plasma el



segmento 1 y 2 del FB2.

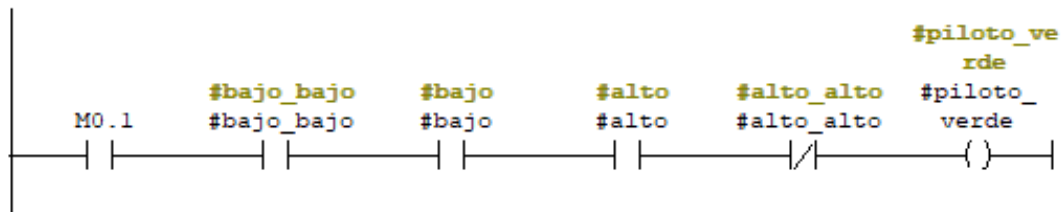
Figura N°32. Segmento 1, 2 y 3 del FB2 control de nivel.

Fuente: Guanchez (2018)

En el segmento 4 solamente en estado “0” lógico la sonda de nivel alto-alto se activa una luz piloto de color verde para indicar y si todas las sondas de nivel poseen un estado lógico “1” se activa una alarma sonora y una luz piloto de color rojo por posible desbordamiento (observe figura N°33).

Segm. 4 : nivel alto

Comentario:



Segm. 5 : Título:

Comentario:

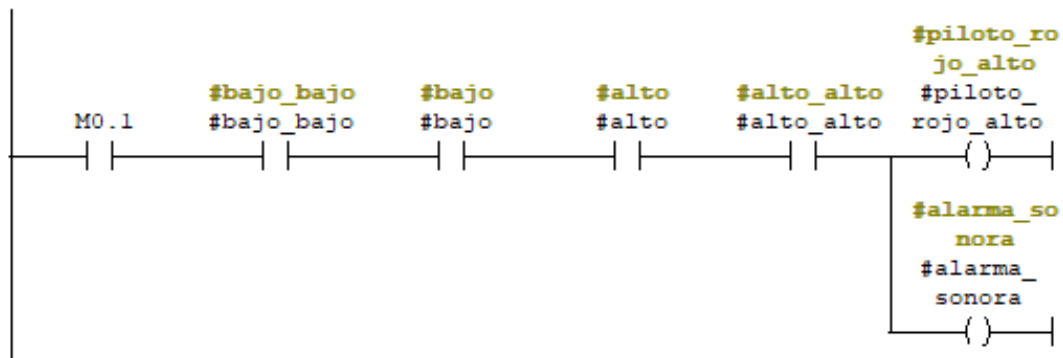


Figura N°33. Segmento 4 y 5 del FB2 control de nivel.

Fuente: Guanchez (2018)

5.4.7 Programación del bloque FB3 de control de arranque motor

Se realizó el bloque de funciones FB3 tal cual muestra la figura N°34, para controlar la activación del contactor del motor de la bomba centrífuga que se encargara de transportar el líquido desde el tanque de reserva hasta el tanque de agua cruda. En el primer segmento se realiza el arranque del programa, siempre y cuando no este activado el contacto normalmente cerrado del relé térmico de sobrecarga o sea activada la parada de emergencia.

Posteriormente en el segundo segmento se activa el contactor de la bomba centrífuga cuando la sonda de nivel bajo del tanque de reserva se encuentre en estado lógico “1” y se cumpla que la sonda de nivel ato-alto del tanque de agua cruda no se encuentre en estado lógico “1”, es decir, cuando las condiciones estén dadas para que no se desborde el tanque de agua cruda.

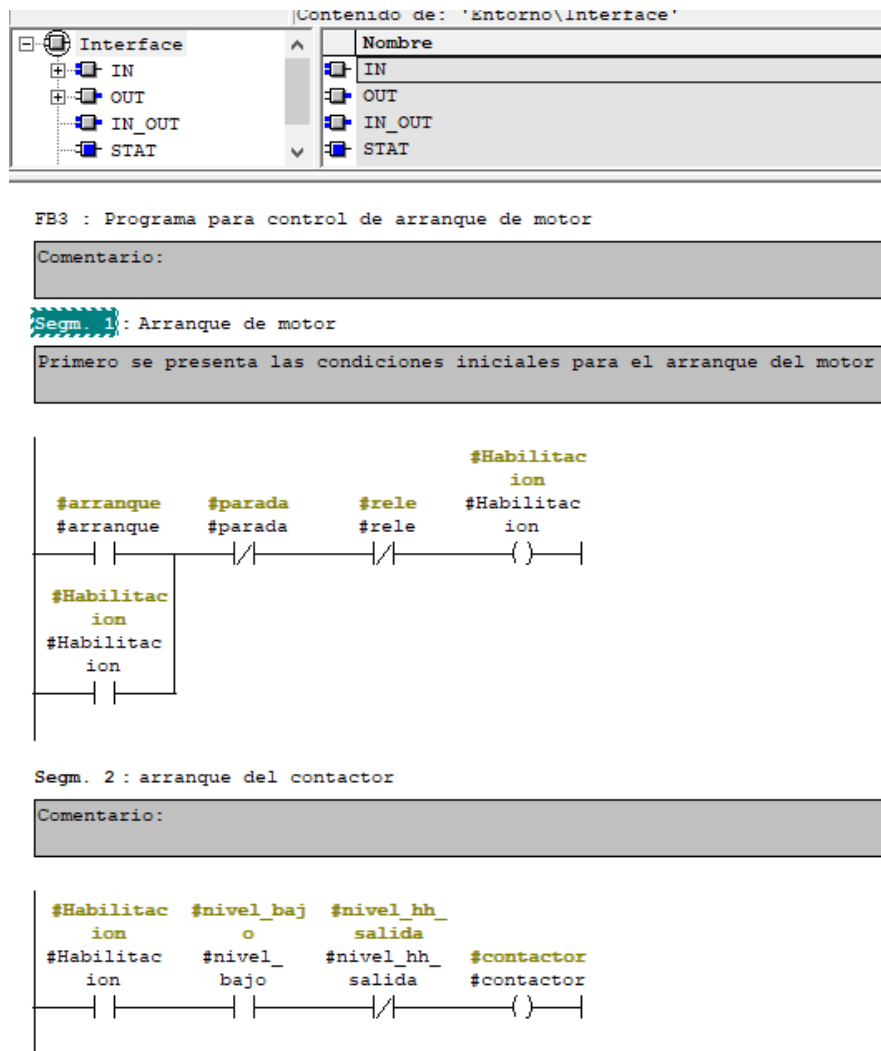


Figura N°34 Bloque FB3 arranque de motor por medio del contactor.

Fuente: Guanchez (2018)

5.4.8 Programación del bloque principal OB1

Se realizó la programación del bloque cíclico de organización principal, aquí se elabora como tal el control para la automatización del sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos en las bombas de desplazamiento positivo del área de Frutas Segunda Transformación así como la reinsertión del agua permeada al proceso de la planta de tratamiento de aguas blancas.

En el primer segmento como se visualiza en la figura N°35, se inicializa una marca para arrancar el sistema, que se inhabilita si la parada del sistema se coloca en “1” lógico.

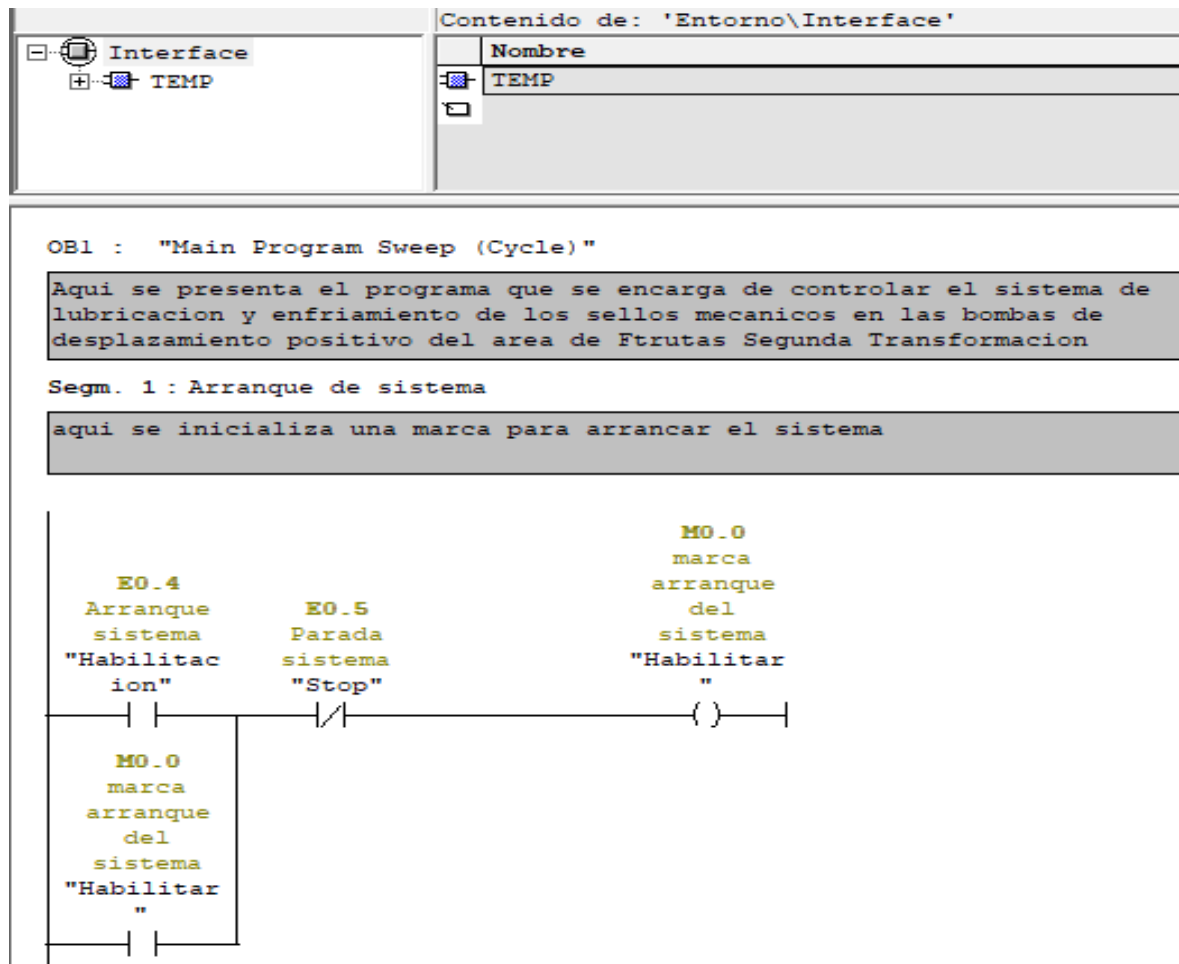


Figura N°35 Bloque OB1 segmento 1 arranque del sistema.

Fuente: Guanchez (2018)

En el segundo segmento se realiza el llamado del bloque FB1 que se elaboró para el control de las electroválvulas y se le asignan cada una de las variables necesarias observable en la figura N°36.

Seguidamente se realiza la llamada del bloque FB2 del control de nivel (figura N°37) para asignarlo a un bloque de variables de instancias DB2, e cual se encargara del control de nivel para el tanque de reserva. Se llama en el segmento número cuatro nuevamente el bloque de funciones FB2 para generar el bloque de instancias DB3 que se encargara de ejecutar el control de nivel en el tanque de agua cruda (véase figura N°38).

En el segmento cinco se realiza la llamada del bloque de funciones FB3 para crear el bloque de instancia DB32 que se encargara de la activación del contactor de la bomba centrífuga (figura N°39), que desplazara el fluido desde el tanque de reserva hasta el tanque de agua cruda.

En la figura N°40 se muestra el segmento número seis, el cual se diseñó para que se active una alarma visual y sonora cuando el contacto normalmente cerrado del relé térmico de sobrecarga de la bomba centrífuga cambie de estado, para avisar de posible daño en el motor o avería en la bomba.

Luego se utiliza un bloque que se encarga de mover y almacenar la salida que entrega el sensor-transmisor de nivel del tanque de reserva a una variable tipo palabra (figura N°41) para posteriormente llamar un bloque FC105 de escalamiento y así poder mostrar el nivel del tanque de reserva (vea figura N°42) en una pantalla HMI si en un estudio posterior se desea desarrollar para mejorar la interface con el operador. El escalamiento se realiza porque el transmisor es capaz de entregar una salida de un valor tipo entero, la cual se relaciona con el tipo de configuración que se implemente, bien sea con una señal 4-20ma, 0-5vdc o Hart. Entonces el bloque de escalamiento se encarga de asignar esa salida a un valor como su nombre lo indica con escala que en nuestro caso es desde 0 a 200cm siendo este el rango que maneja el sensor transmisor para la variable de nivel. Se realiza el mismo procedimiento para el tanque de agua permeada contemplado en figura N°43 y figura N°44.

Segm. 2: Control de valvulas

se llama al bloque de funciones FB1 el cual previamente fue creado para el control de las valvulas que alimentan con fluido para lubricacion y enfriamiento de los sellos mecanicos.

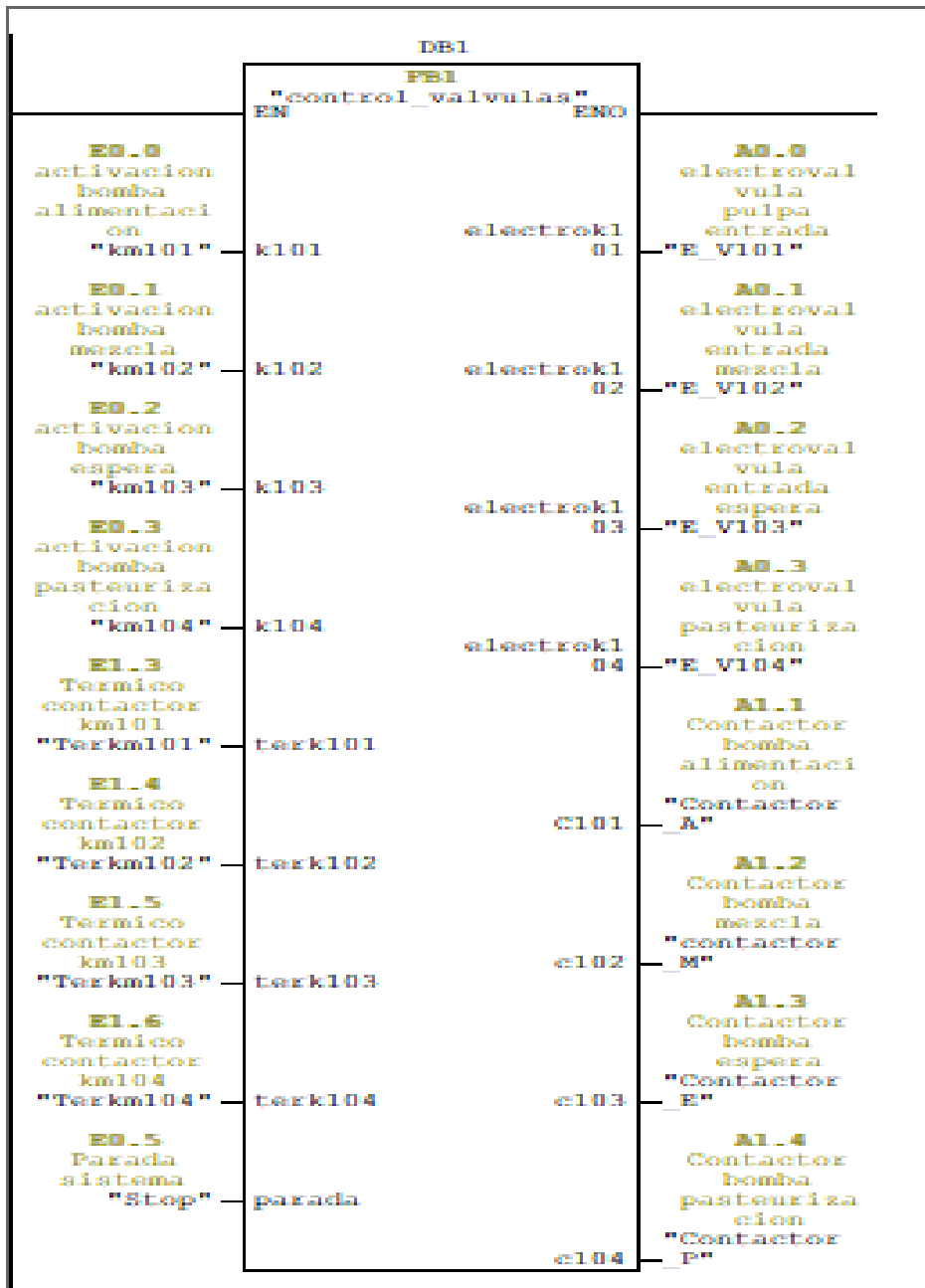


Figura N°36 llamada bloque FB1 control electroválvulas.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 3 : Control nivel tanque reserva

llamada de bloque FB2 para control de nivel en tanque de reserva

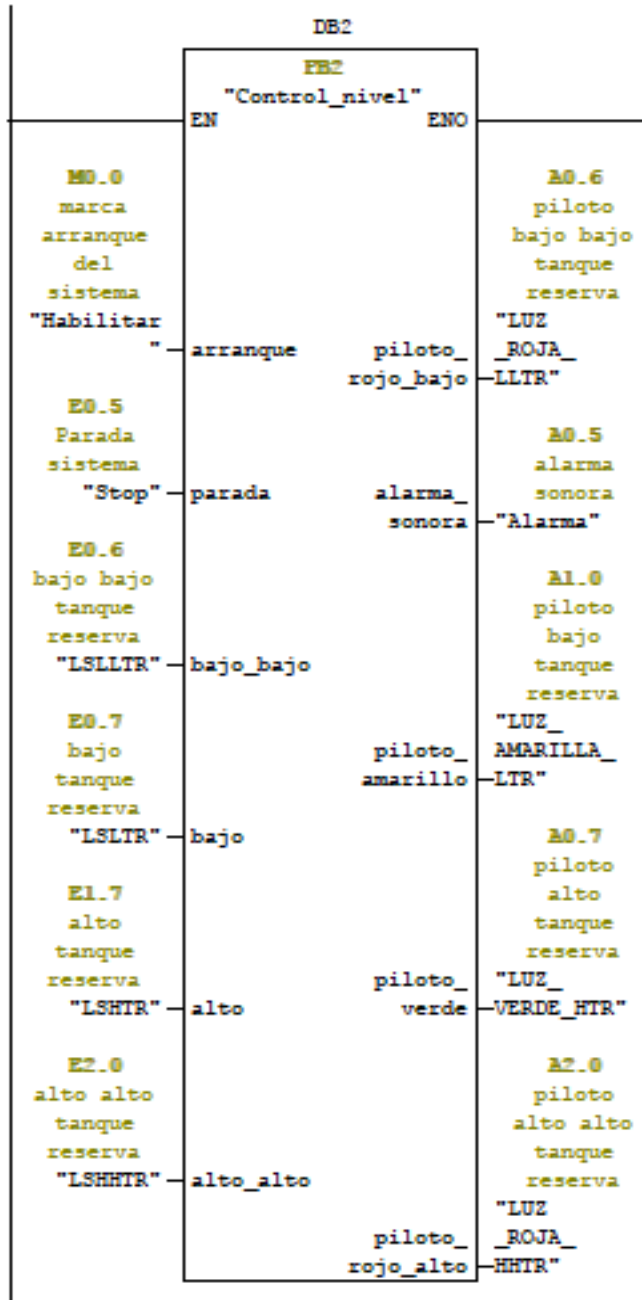


Figura N°37 llamada bloque FB2 control nivel tanque reserva.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 4 : Control nivel tanque de agua cruda

llamada de bloque FB2 para control de nivel en tanque de agua cruda

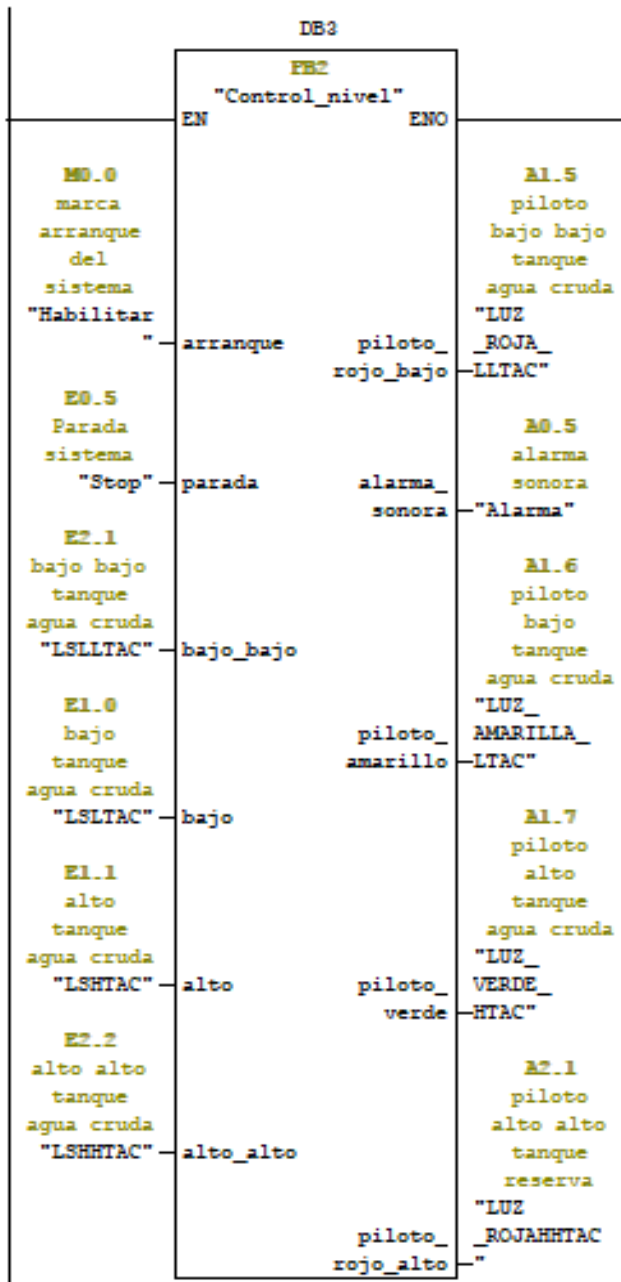


Figura N°38 llamada bloque FB2 control nivel tanque agua cruda.

Fuente: Guanche (2018)

Segm. 5 :Control del motor de la bomba

Llamada del bloque de funciones FB3 para controlar el arranque de la bomba centrifuga que empuja el agua permeada desde el tanque reservorio hasta el tanque de agua cruda

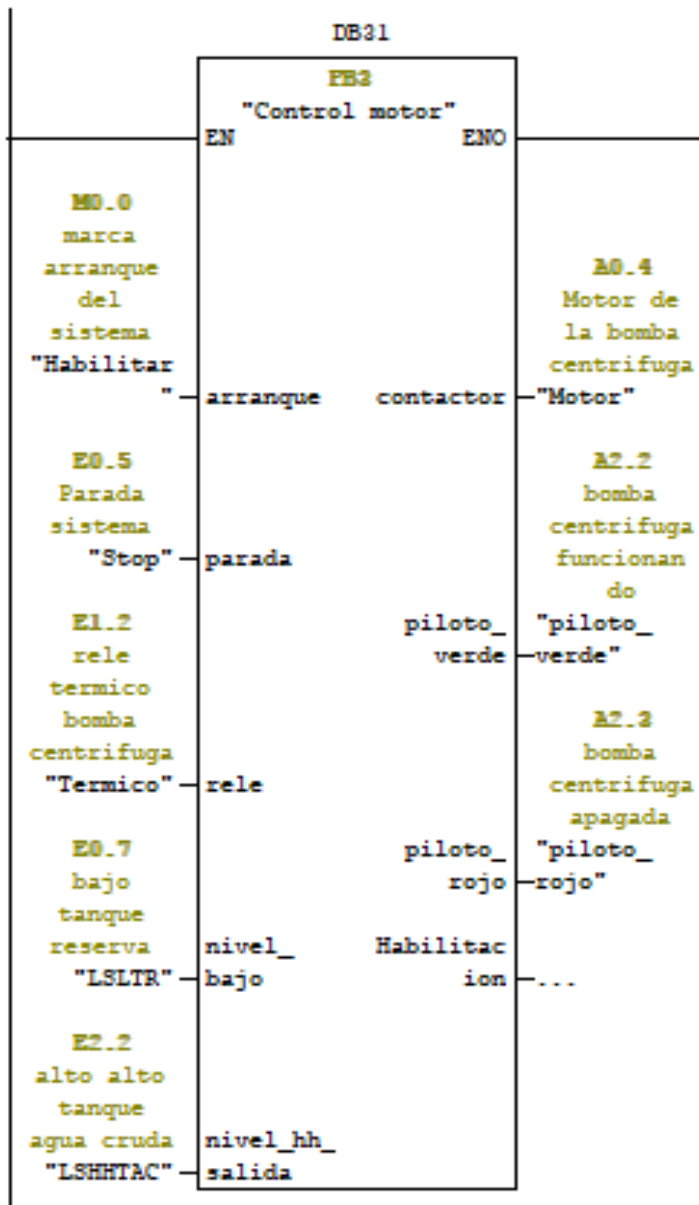


Figura N°39 llamada bloque FB3 control motor de la bomba.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 6 : Activacion de alarma por sobrecarga en rele termico de la bomba
se activara una alarma visual y sonora para avisar de recalentamiento y sobrecarga en la bomba centrifuga o posible averia



Figura N°40 alarma relé motor de la bomba.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 7 : Mover señal de entrada de entero a una palabra para escalar

Comentario:

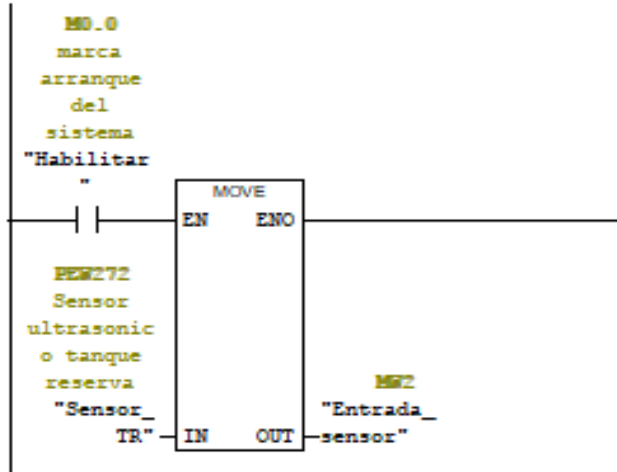


Figura N°41 guardar señal salida sensor ultrasónico tanque reserva como variable tipo palabra.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 8 : Escalamiento de tanque reserva

escalamiento nivel tanque de reserva para mostrar su nivel por medio del sensor ultrasonico

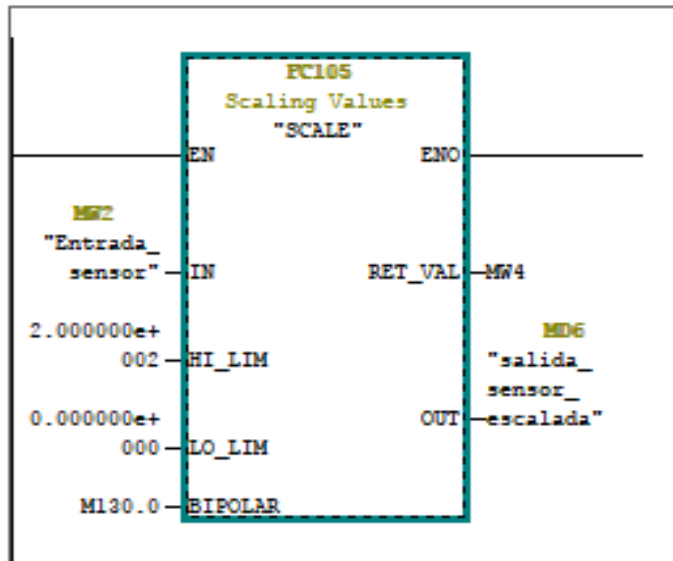


Figura N°42 escalamiento señal sensor tanque agua cruda para mostrar en HMI.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 9 : Mover señal de entrada de entero a una palabra para escalar

realizado en tanque agua cruda

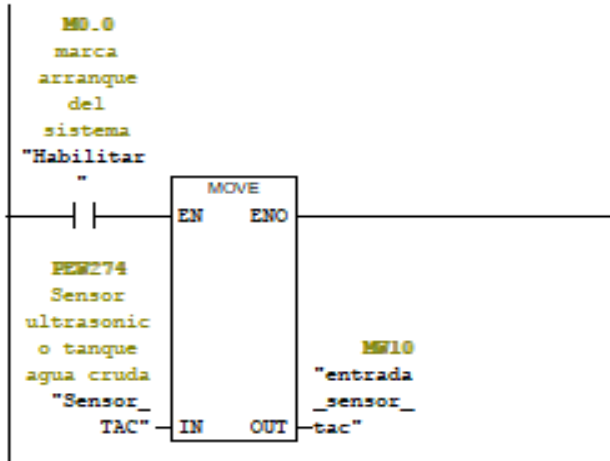


Figura N°43 guardar señal salida sensor ultrasónico tanque reserva como variable tipo palabra.

Fuente: Guanchez (2018)

Segm. 10 : escalamiento se señal

salida escalada del sensor de nivel

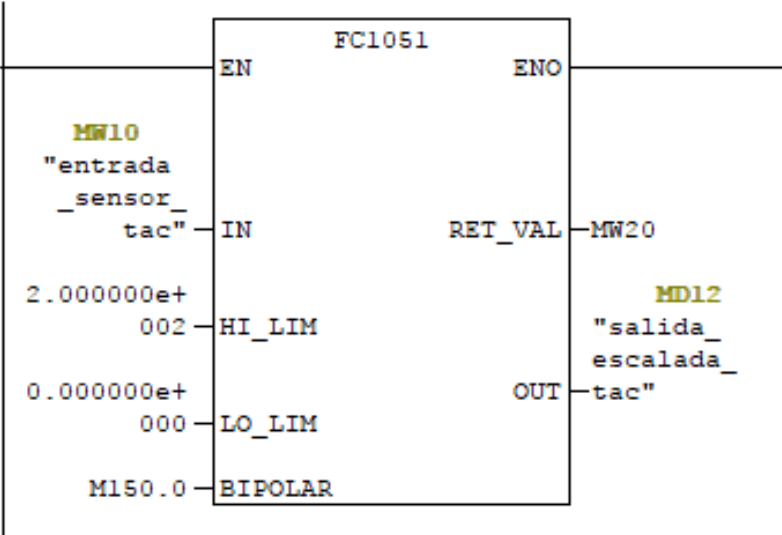


Figura N°44 escalamiento señal sensor tanque agua cruda para mostrar en HMI.

Fuente: Guanchez (2018)

CONCLUSION

La empresa Alimentos Polar Comercial C.A planta Migurt produce una gran variedad de alimentos para consumo humano a base de lácteos, principalmente yogurt de larga duración que ofrece al mercado nacional e incluso internacional, siendo una empresa con altos compromisos ambientales, por lo que debe contar con los más altos estándares de producción, es por esto que se buscó mejorar el proceso, centrándonos en la automatización del sistema de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos en el área de Frutas Segunda Transformación la cual se encarga del tratamiento y pasteurización de la pulpa de frutas que es empleada en dicha planta.

Esta área requiere de importantes cantidades de agua permeada para poder lubricar los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo que se encargan del empuje de la fruta en pulpa y trozos que pasan por el proceso de pasteurización, la activación manual de las válvulas que controlan el flujo del agua permeada, representa grandes pérdidas de tan preciado recurso, que además está decir que para obtener un agua en condiciones para la operación del sistema, representa un costo considerable económicamente. Además de la pérdida de tiempo que requiere que un operador las active de forma manual incidiendo inclusive en los niveles de productividad.

Por lo expresado anteriormente se inició un estudio para entender el problema, dicho estudio comprobó que la ineficiencia fue analizado el proceso elaborando un diagrama de flujo del mismo para entender de forma muy general la secuencia que el sistema debe tener, el funcionamiento de los equipos y las variables involucradas en el proceso.

Luego de esto se programó el autómatas de acuerdo a la secuencia y lógica del proceso, bajo el lenguaje de programación esquema de contactos KOP. El diseño de la programación del PLC fue un logro importante ya que una vez elaborado se pudo

obtener los elementos necesarios para la implementación del proyecto, siempre tomando en cuenta la factibilidad económica y técnica del proyecto.

Es por ello el uso del PLC de la marca Siemens modelo s7-300 se plantea como una solución factible económica y técnicamente hablando, ya que en el área se encuentra un dispositivo con estas características, que se encarga del proceso de pasteurización de pulpa de frutas que pudiese ser utilizado solo incorporando los módulos de expansión necesarios.

También se tomó en consideración que el tanque de agua cruda posee sus propios instrumentos de medición de nivel ultrasónico y los interruptores de nivel que permiten obtener la información del nivel en el tanque de forma oportuna y manteniendo niveles seguros de operación de la bomba evitando desbordamiento. Por lo que solo sería necesario comunicar dichos instrumentos con el PLC en cuestión.

El sensor de nivel ultrasónico para el tanque de agua de reserva se encuentra en stock dentro del almacén de materiales, así como también los interruptores de nivel y las electroválvulas necesarias.

Por lo anteriormente descrito solo sería necesario la instalación del tanque de reserva que se sugiere sea subterráneo para que por medio de gravedad recoja el agua permeada que sale del conducto de lubricación y enfriamiento de las bombas, evitando la instalación de una bomba que le de empuje al líquido para ser llevado al mismo. Además de la adquisición de la bomba centrífuga que se encargara de desplazar luego desde el tanque de reserva hasta el tanque de agua cruda el fluido almacenado.

El correcto funcionamiento del proyecto se pudo comprobar por medio de simulaciones y forzado de señales para comprobar que la programación realizaba las tareas de forma adecuada. Se utilizó un autómatas programable SIEMENS S7-300.

La visualización de todas las alarmas y pilotos de avisos se realizaría en un tablero con la instalación de todas balizas que nos permitan percatar el estado de las distintas variables de interés, se dejara abierta la posibilidad para un posterior estudio de la integración del sistema con una pantalla HMI y lograr una mejor interface con el operador. El transmisor posee una pantalla que permitiría visualizar el nivel.

Con la implementación de la propuesta aquí planteada, la empresa lograría la recuperación de aproximadamente 5760 litros/ día de agua permeada que es utilizada en el proceso de lubricación y enfriamiento de los sellos mecánicos de las bombas de desplazamiento positivo, considerando únicamente las bombas del área de Frutas Segunda Transformación lo cual económicamente y desde el punto de vista ambiental representa un ahorro considerable tratándose de un recurso natural no renovable y que día a día se hace más escaso. Además de ello si se toma en cuenta que el agua permeada proviene de un proceso de filtrado, cloración, tratado por osmosis inversa para lo cual se le adicionan una serie de componentes orgánicos e inorgánicos de costos elevados. No fue posible acceder a la información del costo por litro de agua permeada para mostrarlo en el presente trabajo por limitaciones en cuanto a las políticas de la empresa. También se tomó en cuenta su factibilidad económica considerando que la mayoría de los componentes necesarios para su implementación se encuentran instalados en el área o se encuentran en el almacén de repuestos de la misma.

RECOMENDACIONES

Este elemento del trabajo de investigación se deriva de las conclusiones establecidas y tiene correspondencia con la sugerencia que se deducen del curso del trabajo, por lo que se pueden recomendar los siguientes aspectos:

- Se deben implementar todos los objetivos que se plantearon para el desarrollo de la propuesta, de tal manera el sistema de lubricación y enfriamiento de las bombas de desplazamiento positivo, cuenten con un control adecuado para su correcto funcionamiento.

- De igual forma, se recomienda realizar el estudio del caudal que es utilizado en dicho sistema y su respectiva comparación con los recomendados por los fabricantes de las diversas bombas, para realizar las correcciones necesarias donde lo ameriten y alargar la vida útil de los sellos mecánicos así como también la reducción de pérdidas de agua permeada.

- Para la instalación del nuevo sistema se recomienda elaborar un cronograma de actividades y un plan de trabajo donde se incluya; el listado de componentes, herramientas, materiales y el plan de seguridad para el área de trabajo.

- Adiestrar al personal involucrado en el proceso para el uso adecuado del control y monitoreo del sistema.

- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo a todos los elementos mecánicos y dispositivos eléctricos/electrónicos pertenecientes al sistema de lubricación y enfriamiento.

REFERENCIAS

- Zambrano, D. (2016). *Diseño de un sistema SCADA para el monitoreo de medidores de caudal de agua cruda para consumo humano y proceso de Coca Cola FEMSA planta Valencia, Estado Carabobo*. Universidad José Antonio Páez
- Quintero, L. (2016). *Automatización de un sistema de alimentación de agua auto-generación y balsa 5(Cementos Argos)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Palmira
- Córdoba, M. (2009). *Análisis de fallas de los sellos mecánicos en las bombas de proceso de una planta cervecera*. Barcelona, Estado Anzoátegui. Universidad de Oriente
- Nuestra Identidad Cultural. Documento de Alimentos Polar. Noviembre 2009.
- Código de Ética. Para crecer en convivencia. Documento de Alimentos Polar.
- Arias, F (2006). *El Proyecto de Investigación*. 5ta. Ed. Caracas.
- Ficha descriptiva de Empresas Polar. Documento de Alimentos Polar. En línea.
http://empresaspolar.com/docs/alimentos_ficha.pdf
- Ficha descriptiva de Empresas Polar. Documento de Alimentos Polar. En línea.
http://empresaspolar.com/pdf/POLAR_historia.pdf
- Historia de Empresas Polar. Documento de Alimentos Polar. En línea.
http://empresaspolar.com/pdf/POLAR_historia.pdf
- MATAIX, C. (2001). *“Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”*, 2da. Ed. Editorial Harla. México
- JOHN CRANE VENEZUELA, *“Manual de sellos mecánicos”*, Barquisimeto, Estado Lara.

ANEXOS

ANEXO 1.

Hoja de Características Controlador Lógico Programable (PLC)

Descripción



El SIMATIC S7-300 es un sistema de automatización universal, concebido para todos los sectores industriales. Constituye una solución óptima para aplicaciones en arquitecturas de control centralizadas y descentralizadas

- Portafolio de 22 poderosas CPUs tipo estándar, compacta, failsafe y tecnológica. Permiten implementar configuraciones centralizadas en un solo rack y descentralizadas mediante los módulos de interfaz ET200 y los buses de campo PROFIBUS DP ó PROFINET.
- El SIMATIC S7-300 funciona con una Micro Memory Card (MMC) como memoria de datos y de programa. En ésta se puede archivar un proyecto con sus respectivos símbolos y comentarios de programa, lo cual facilita significativamente las tareas de servicio técnico. La MMC permite además actualizar de manera sencilla el programa de usuario o firmware de una CPU SIMATIC S7-300.
- **Conexión a todos los sistemas de bus convencionales:** Industrial ETHERNET (IEEE 802.3), PROFINET (IEC 61158/61784), Industrial Wireless LAN (IEEE 802.11), PROFIBUS (IEC 61158/61784), AS-Interface (IEC 62026-2/EN 50295), Modbus RTU, Modbus TCP/IP, ISO on TCP, RS422-485 ASCII/3964(R), KNX entre otros.
- Las CPUs SIMATIC S7-300 con interfaz PROFINET disponen de Servidor Web integrado. Esta funcionalidad permite acceder de manera sencilla desde un computador y acceder a información de diagnóstico de la CPU, estado de variables, visualización de históricos, parámetros de la red PROFINET / Industrial Ethernet y visualización de la topología de la red. Adicionalmente se pueden crear páginas Web definidas por el usuario mediante la utilización de editores HTML.
- Además de la automatización estándar, en un S7-300 también se puede integrar funciones de seguridad: nivel de Seguridad SIL 3 de acuerdo a IEC61508 o Categoría 4 de acuerdo a EN 954-1 para aplicaciones con requerimientos de seguridad de personas, entorno o maquinaria.
- **Sistema de alarmas integrado** en el controlador, lo cual permite tener ahorros de tiempos de ingeniería en la visualización de alarmas desde el HMI.
- Los SIMATIC S7-300 pueden ser configurados tanto con el software SIMATIC STEP7 como con la nueva herramienta de Ingeniería TIA PORTAL STEP7 Profesional V11. Para aplicaciones SIMATIC S7-300 Stand-alone está disponible para descarga gratuita el software SIMATIC STEP7 Lite.
- En versión SIPLUS extreme, para rango de temperatura ampliado de -25 a +60/+70 °C y atmósfera agresiva/condensación (para más detalles www.siemens.com/siplus-extreme)




Descripción



CPUs SIMATIC S7-300

CPU	CPU312	CPU312C	CPU313C-2DP	CPU314	IM 151-8 PN	CPU315-2DP	CPU315-2DP/PN
MLFB	6ES7312-1AE14-0AB0	6ES7312-5BE03-0AB0	6ES7313-6CF03-0AB0	6ES7314-1AG14-0AB0	6ES7151-8AB01-0AB0	6ES7315-2AH14-0AB0	6ES7315-2EH14-0AB0
Voltaje de alimentación	24 VDC						
Memoria de trabajo	32KB	32KB	64KB	128KB	192KB	256KB	384KB
Memoria de carga, máx.	8MB mediante Micro Memory Card (MMC)						
I/O Integradas	-	10DI a 24VDC / 6DO a 24VDC	16DI a 24VDC / 16DO a 24VDC	-	-	-	-
Funciones tecnológicas integradas		- 2 Contadores rápidos (10KHz) - Medición de frecuencia - 2 Salidas para PWM (2.5KHz)	- 3 Contadores rápidos (30KHz) - Medición de frecuencia - 3 Salidas para PWM (2.5KHz) - PID				
Interfaz de comunicación integrado	MPI	MPI	MPI/DP	MPI	PROFINET	MPI/DP	DP/MPI, PROFINET
Web Server integrado	-	-	-	-	●	-	●
Conector frontal requerido		1 x 40 polos	1 x 40 polos				
Software de programación	TIA PORTAL STEP7 Profesional V11 / SIMATIC STEP7						

No. de Depósito	Descripción	
	 SIMATIC 57-300	
UNIDAD CENTRAL CPU		
100033843	6ES7312-1AE14-0AB0	CPU 312, alimentación 24 VDC. Memoria de trabajo 32 KB. Incluye puerto de comunicación MPI. Requiere Micro Memory Card.
100017490	6ES7312-5BE03-0AB0	CPU 312C compacta, alimentación 24 VDC. Incluye 10 DI a 24VDC, 6 DO a 24VDC y 1 puerto de comunicación MPI. Memoria de trabajo 32 KB. Requiere Micro Memory Card y 1 conector frontal de 40 polos.
100017493	6ES7313-6CF03-0AB0	CPU 313C-2 DP compacta, alimentación 24VDC. Incluye 16 DI a 24VDC, 16 DO a 24VDC, 1 puerto de comunicación MPI y 1 puerto de comunicación PROFIBUS DP. Memoria de trabajo 64 KB. Requiere Micro Memory Card y 1 conector frontal de 40 polos.
100033844	6ES7314-1AG14-0AB0	CPU 314, alimentación 24 VDC. Memoria de trabajo 128 KB. Incluye puerto de comunicación MPI. Requiere Micro Memory Card.
100017525	6ES7315-2AH14-0AB0	CPU 315-2 DP, alimentación 24VDC. Incluye 1 puerto de comunicación MPI y 1 puerto de comunicación PROFIBUS DP. Memoria de trabajo 256 KB. Requiere Micro Memory Card.
100041486	6ES7315-2EH14-0AB0 ¹	CPU 315-2 PN/DP, alimentación 24VDC. Incluye 2 puertos de comunicación PROFINET/Industrial Ethernet y un puerto de comunicación PROFIBUS DP/MPI. Memoria de trabajo Central 384 KB. Requiere Micro Memory Card.
Módulos de entradas digitales		
100017311	6ES7321-1BH02-0AA0	SM321 Módulo de señal de 16 DI a 24 VDC. Requiere conector frontal de 20 polos
100017313	6ES7321-1BL00-0AA0	SM321 Módulo de señal de 32 DI a 24 VDC. Requiere conector frontal de 40 polos
100017316	6ES7321-1FH00-0AA0	SM321 Módulo de señal de 16 DI a 120 VAC. Requiere conector frontal de 20 polos
100017314	6ES7321-1EL00-0AA0	SM321 Módulo de señal de 32 DI a 120 VAC. Requiere conector frontal de 40 polos
Módulos de salidas digitales		
100017318	6ES7322-1BH01-0AA0	SM322 Módulo de señal de 16DO 24 a VDC, capacidad 0,5A. Requiere conector frontal de 20 polos
100017331	6ES7322-1BL00-0AA0	SM322 Módulo de señal de 32DO 24 a VDC, capacidad 0,5A. Requiere conector frontal de 40 polos
100017339	6ES7322-1HH01-0AA0	SM322 Módulo de señal de 16DO tipo relé, capacidad 2A. Requiere conector frontal de 20 polos
Módulos de entradas analógicas		
100017097	6ES7331-7KB02-0AB0	SM331 Módulo de señal de 2 entradas analógicas. Apta para señales de voltaje (V), corriente (mA), termocuplas y para 1 señal tipo RTD. Requiere conector frontal de 20 polos
100017098	6ES7331-7KF02-0AB0	SM331 Módulo de señal de 8 entradas analógicas. Apta para señales de voltaje (V), corriente (mA), termocuplas y para 4 señales tipo RTD. Requiere conector frontal de 20 polos

