

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“SISTEMA DE PRESION CONSTANTE CON TRES  
BOMBAS CENTRIFUGAS CONTROLADAS POR  
VARIADORES Y PLC PARA EL INCREMENTO DEL  
CAUDAL DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO DE  
FRUTA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

**Autor:**

Miguel Angel Mendoza Solis

Asesor:

Mg. Jorge Luis Contreras Cossio  
<https://orcid.org/0000-0001-7801-5833>

Lima - Perú

2023

## INFORME DE SIMILITUD

“SISTEMA DE PRESION CONSTANTE CON TRES BOMBAS CENTRIFUGAS CONTROLADAS POR VARIADORES Y PLC PARA EL INCREMENTO DEL CAUDAL DE AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO DE FRUTA”

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>14%</b>	<b>11%</b>	<b>0%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unac.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## **DEDICATORIA**

A Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, a mis padres por todo su sacrificio y amor incondicional que me brindan en cada decisión que tomo, estando siempre a mi lado brindándome su inmenso apoyo y consejos a lo largo de toda mi vida. A mi hermano, por motivarme siempre a seguir adelante.

Miguel Angel Mendoza Solis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a todas las personas involucradas que me dieron el impulso y respaldo para poder concluir mi proyecto, sin duda cada aporte brindado fue indispensable para lograr concentrar todo en este trabajo y que estoy seguro de que servirá de utilidad a la compañía que actualmente laboro.

Expreso mi gratitud hacia mi orientador por respaldarme y por compartir su sabiduría y vivencias durante la elaboración de este proyecto de suficiencia profesional. Quiero agradecer al equipo de ingeniería Mecatrónica en la Universidad Privada del Norte por su respaldo y las valiosas lecciones que han contribuido a mi desarrollo académico.

## Tabla de contenidos

<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1. Experiencia Profesional.....	15
1.2. Descripción de la empresa.....	16
1.3. Datos Generales.....	18
<i>1.3.1 Misión.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.2 Visión.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.3 Objetivos de la empresa .....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.4 Organigrama.....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.5 Servicios .....</i>	<i>19</i>
<i>1.3.6 Principales proyectos ejecutados.....</i>	<i>20</i>
<i>1.3.7 Principales clientes .....</i>	<i>21</i>
<i>1.3.8 Certificaciones .....</i>	<i>22</i>
1.4. Problema General.....	22

1.5.	Justificaciones .....	23
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>25</b>
2.1	Conocimiento práctico de la experiencia laboral .....	25
2.2	Bases Teóricas.....	27
2.2.1	Sistema de bombeo.....	27
2.2.2	Bomba de agua .....	27
2.2.2.1	<i>Tipo de bombas</i> .....	28
2.2.2.2	<i>Bomba Centrífuga</i> .....	29
2.2.2.3	<i>Bombas Multietapicas</i> .....	30
2.2.2.4	<i>Cavitación en bombas</i> .....	31
2.2.3	Sistema de bombeo a presión constante .....	32
2.2.3.1	<i>Caudal</i> .....	34
2.2.3.2	<i>Presión</i> .....	34
2.2.3.2	<i>Tanque hidroneumático</i> .....	35
2.2.4	Sistema de control .....	36
2.2.4.1	<i>Control de lazo abierto</i> .....	37
2.2.4.2	<i>Control de lazo cerrado</i> .....	37
2.2.4.3	<i>Variador de frecuencia</i> .....	38
2.2.4.4	<i>Controlador Lógico Programable (PLC)</i> .....	40
2.2.4.5	<i>Transmisor de presión</i> .....	42
2.3	Limitaciones .....	43

<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>44</b>
3.1 Explicar y detallar el proceso de incorporación del Bachiller en el proyecto.....	44
3.2 Matriz de involucrados del proyecto laboral.....	45
3.3 Funciones que desempeño en el proyecto y descripción de la experiencia. ....	45
3.4 Proceso como se llevó a cabo el proyecto.....	46
3.4.1 Identificación del problema .....	46
3.4.2 Objetivos del sistema de presión constante de agua en la empresa Inversiones Paem S.A.C. ....	46
3.4.3 Diagnóstico del sistema de presión constante .....	47
3.4.4 Matriz de priorización.....	48
3.5 Planificación y programación del sistema de presión constante .....	49
3.6 Técnicas, herramientas y modelos aplicados en el diseño y desarrollo del proyecto .....	50
3.6.1 Encuesta .....	50
3.6.2 Observación .....	50
3.6.3 Diagrama de Ishikawa .....	51
3.6.4 Gráfica de Pareto.....	51
3.6.5 Diagrama de flujo .....	51
3.6.6 Metodología 5S .....	51
3.7 Ejecución del sistema de presión constante .....	52
3.7.1 Selección de electrobombas .....	52

3.7.2	<i>Curvas de rendimiento para la selección de modelo de electrobomba</i>	55
3.7.3	<i>Instalación de electrobombas en campo</i>	57
3.7.4	<i>Instalación de tanque hidroneumático</i>	57
3.7.5	<i>Instalación de línea de succión</i>	58
3.7.6	<i>Instalación de línea de descarga</i>	59
3.7.7	<i>Selección del sensor de control</i>	60
3.7.8	<i>Selección del transmisor de presión</i>	61
3.7.9	<i>Selección del PLC</i>	62
3.7.10	<i>Selección de variadores</i>	63
3.7.11	<i>Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de presión constante</i>	64
3.7.12	<i>Programación del sistema de presión constante</i>	65
3.7.13	<i>Diagrama de fuerza</i>	68
3.7.14	<i>Selección de entradas y salidas del PLC</i>	69
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b>		<b>70</b>
4.1	Potencia y Caudal del sistema de presión constante	70
4.2	Electrobombas seleccionadas	71
4.3	Variador seleccionado	71
4.4	Datos alcanzados en las pruebas de medición	72
4.4.1	<i>Prueba Hidrostática</i>	72
4.4.2	<i>Prueba de motores de electrobombas</i>	72
4.4.3	<i>Inspección eléctrica</i>	73



4.4.4	<i>Inspección mecánica</i> .....	73
4.5	Programación del sistema en ZelioSoft 2.....	73
4.6	Implementación del tablero de control.....	74
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....		<b>76</b>
5.1	Conclusiones .....	76
5.2	Recomendaciones.....	77
<b>Referencias</b> .....		<b>78</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>82</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Número de clientes de la empresa Inversiones Paem S.A.C.....	21
<b>Tabla 2</b> Descripción del panel frontal del módulo lógico.....	41
<b>Tabla 3</b> Descripción de la pantalla LCD Descripción de la pantalla LCD.....	42
<b>Tabla 4</b> Identificación del problema .....	46
<b>Tabla 5</b> Matriz de priorización .....	48
<b>Tabla 6</b> Dimensiones de la cisterna .....	52
<b>Tabla 7</b> Consumo de agua con respecto a los horarios de trabajo en planta .....	53
<b>Tabla 8</b> Selección de bombas .....	54
<b>Tabla 9</b> Dimensiones de electrobomba EBARA .....	56
<b>Tabla 10</b> Características del flotador de nivel automático.....	61
<b>Tabla 11</b> Especificaciones técnicas del transmisor de presión MBS 3000.....	62
<b>Tabla 12</b> Selección de variadores .....	63
<b>Tabla 13</b> Selección de entradas y salidas del PLC .....	69
<b>Tabla 14</b> Cálculos obtenidos de potencia y caudal.....	70
<b>Tabla 15</b> Electrobombas seleccionadas .....	71
<b>Tabla 16</b> Variadores seleccionados .....	71
<b>Tabla 17</b> Resultado de la prueba hidrostática.....	72
<b>Tabla 18</b> Resultado de la prueba de operatividad de las electrobombas .....	72
<b>Tabla 19</b> Resultado de inspección eléctrica.....	73
<b>Tabla 20</b> Resultado de inspección mecánica .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ficha RUC de la empresa .....	16
<b>Figura 2</b> Ubicación de la oficina Inversiones Paem S.A.C. ....	17
<b>Figura 3</b> Ubicación de la planta de producción de Inversiones Paem S.A.C. ....	17
<b>Figura 4</b> Organigrama de la empresa Inversiones Paem S.A.C. ....	19
<b>Figura 5</b> Clientes Nacionales.....	21
<b>Figura 6</b> Clientes Internacionales .....	21
<b>Figura 7</b> Certificaciones de la empresa Inversiones Paem S.A.C. ....	22
<b>Figura 8</b> Componentes del sistema de bombeo .....	27
<b>Figura 9</b> Tipos de bomba que se usa en la industria.....	28
<b>Figura 10</b> Clasificación de bombas .....	29
<b>Figura 11</b> Partes principales de una bomba centrífuga.....	30
<b>Figura 12</b> Bomba multietapas vertical y horizontal .....	31
<b>Figura 13</b> Formación de microchorros de burbuja .....	32
<b>Figura 14</b> Diagrama típico de instalación.....	33
<b>Figura 15</b> Formula del caudal volumétrico .....	34
<b>Figura 16</b> Definición de presión .....	35
<b>Figura 17</b> Secuencia de función hidroneumática del tanque .....	36
<b>Figura 18</b> Representación de bloques de un sistema de control.....	36
<b>Figura 19</b> Sistema de Control de Lazo Abierto .....	37

<b>Figura 20</b>	Sistema de Control de Lazo Cerrado .....	37
<b>Figura 21</b>	Variador de frecuencia Marca Delta Modelo C2000 .....	38
<b>Figura 22</b>	Información de la placa del variador.....	39
<b>Figura 23</b>	Esquema de conectividad del variador.....	39
<b>Figura 24</b>	PLC Schneider SR2B121BD .....	40
<b>Figura 25</b>	Descripción del panel frontal del módulo lógico .....	41
<b>Figura 26</b>	Descripción de la pantalla LCD .....	42
<b>Figura 27</b>	Proceso de incorporación del Bachiller en el proyecto.....	44
<b>Figura 28</b>	Involucrados en el sistema de presión constante .....	45
<b>Figura 29</b>	Diagrama Ishikawa .....	47
<b>Figura 30</b>	Gráfica de Pareto.....	49
<b>Figura 31</b>	Planificación y programación del sistema de presión constante.....	50
<b>Figura 32</b>	Metodología 5S.....	52
<b>Figura 33</b>	Curvas de rendimiento para la selección de modelo de electrobomba .....	55
<b>Figura 34</b>	Llegada de bomba multietapa EBARA.....	56
<b>Figura 35</b>	Instalación de electrobombas EBARA .....	57
<b>Figura 36</b>	Electrobombas instaladas con su tanque hidroneumático.....	58
<b>Figura 37</b>	Instalación de línea de succión.....	59
<b>Figura 38</b>	Instalación de línea de descarga.....	59
<b>Figura 39</b>	Flotador de nivel automático .....	60
<b>Figura 40</b>	Transmisor de presión MBS 3000 .....	61

<b>Figura 41</b> PLC Schneider SR2B121BD .....	63
<b>Figura 42</b> Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de presión constante .....	65
<b>Figura 43</b> Ingreso al software ZelioSoft 2 .....	66
<b>Figura 44</b> Selección del módulo a trabajar .....	66
<b>Figura 45</b> Características de la selección del módulo .....	67
<b>Figura 46</b> Forma de lenguaje de programación a trabajar .....	67
<b>Figura 47</b> Diagrama de fuerza del sistema de presión constante.....	68
<b>Figura 48</b> Proceso de lavado de fruta .....	70
<b>Figura 49</b> Programación del sistema de presión constante.....	74
<b>Figura 50</b> Implementación de tablero de control.....	75

## RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2021, las áreas de producción, calidad y mantenimiento de la empresa Inversiones Paem SAC perciben una problemática con la materia prima. La fruta, que desde su llegada hasta pasar por la línea de producción tiende a tener demora en el proceso de lavado debido a que la presión del agua que se origina de la conexión directa de la red de SEDAPAL no dispone de la cantidad adecuada de caudal para satisfacer las necesidades de toda la planta de manera presurizada debido a las siguientes variables: presión constante y velocidad variable. Ante tal situación es que surge la implementación de un sistema de presión constante con tres bombas centrífugas controladas por variadores y plc que permita reflejar las variables y obtener el caudal de agua deseado acuerdo a la lógica de programación manteniendo todas las áreas de la planta con constante agua. De esta manera el proceso de lavado será en menor tiempo y la fruta al estar limpia pasará al siguiente proceso. En la actualidad, se ha demostrado que este sistema ha traído una mejora notable y es reflejado el consumo de energía y en los tiempos del proceso de lavado. Durante los años 2022 y los 3 primeros meses del 2023 la empresa Inversiones Paem tiene ingreso de materia prima de 75 toneladas diarias y producto terminado de 66 toneladas.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Experiencia Profesional


Yo, Miguel Ángel Mendoza Solis comencé mis prácticas preprofesionales en la empresa Termoencogibles del Perú S.A.C. desde 01 de octubre del 2014 hasta el 17 de agosto del 2015 desempeñándome como mecánico de mantenimiento cumpliendo las funciones de reparación de motores y tableros eléctricos. En la empresa Gate Gourmet Perú S.R.L. realicé mis prácticas profesionales desde el 22 de setiembre del 2016 hasta el 31 de diciembre del 2017 como planificador de mantenimiento cumpliendo las funciones de programar los trabajos de infraestructura y flota vehicular. El 22 de enero del 2018 la empresa ADECCO Perú S.A. me contrata para un proyecto de implementación del SAP el cual finalizó el 01 de abril del 2018. En la empresa Pastipan S.A.C laboré desde el 01 de agosto del 2018 hasta el 15 de enero del 2019 con el cargo de asistente de mantenimiento y tenía como funciones el monitorear los trabajos de mantenimiento de maquinarias e infraestructura. Tuve una pequeña experiencia en la empresa SSAYS S.A.C. desde el 21 de marzo del 2019 hasta el 15 de mayo del 2015 ya que la empresa estaba pasando por auditorias en el área de mantenimiento. En año 2019 ingresé al grupo Paem. Desde el 17 de mayo del 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020 estuve en la empresa Agro Paem y desde el 01 de enero del 2021 hasta la actualidad en la empresa Inversiones Paem donde me desempeño como planificador de mantenimiento realizando funciones de: coordinar con el área técnica y jefaturas de la ejecución de los mantenimientos de equipos e infraestructura. Realizar indicadores de mantenimiento para presentarlo a la gerencia general mensualmente. Realizar el presupuesto de mantenimiento anual. Presentar proyectos de innovación la cual consiste en adquirir maquinarias para el proceso de producción. Dar soporte al área de logística para la compra de repuestos.

## 1.2. Descripción de la empresa

Inversiones Paem S.A.C., es una empresa peruana que pertenece al grupo Paem Group, corporación con más de 17 años brindando servicios a sectores agroindustriales en la elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas de nuestro país. Comenzó sus operaciones el 6 de febrero de 2020 al ser incorporada como una S.A.C dentro de las entidades mercantiles y de comercio. Se inscribió en SUNAT, con (RUC) número 20604057796.

### Figura 1

*Ficha RUC de la empresa*



**Reporte de Ficha RUC**  
 INVERSIONES PAEM S.A.C  
 20604057796

Lima, 04/09/2023

Información General del Contribuyente	
Código y descripción de Tipo de Contribuyente	39 SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Fecha de Inscripción	06/02/2020
Fecha de Inicio de Actividades	06/02/2020
Estado del Contribuyente	ACTIVO
Dependencia SUNAT	0021 - INTENDENCIA LIMA
Condición del Domicilio Fiscal	HABIDO
Emisor electrónico desde	07/05/2020
Comprobantes electrónicos	FACTURA (desde 07/05/2020),BOLETA (desde 07/05/2020)

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	-
Tipo de Representación	-
Actividad Económica Principal	1030 - ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS
Actividad Económica Secundaria 1	7030 - OTRAS ACTIVIDADES DE DOTACION DE RECURSOS HUMANOS
Actividad Económica Secundaria 2	- - -
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	MANUAL/COMPUTARIZADO
Sistema de Contabilidad	MANUAL/COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	IMPORTADOR/EXPORTADOR
Número Fax	-
Teléfono Fijo 1	1 - 7756250
Teléfono Fijo 2	-
Teléfono Móvil 1	1 - 987602335
Teléfono Móvil 2	-
Correo Electrónico 1	vstorres@paemgroup.pe
Correo Electrónico 2	-

Domicilio Fiscal	
Actividad Económica Principal	1030 - ELABORACION Y CONSERVACION DE FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS
Departamento	LIMA
Provincia	LIMA
Distrito	SANTIAGO DE SURCO
Tipo y Nombre Zona	URB. VISTA ALEGRE
Tipo y Nombre Vía	--- JUAN GERMAN LAPEYRE
Nro	305

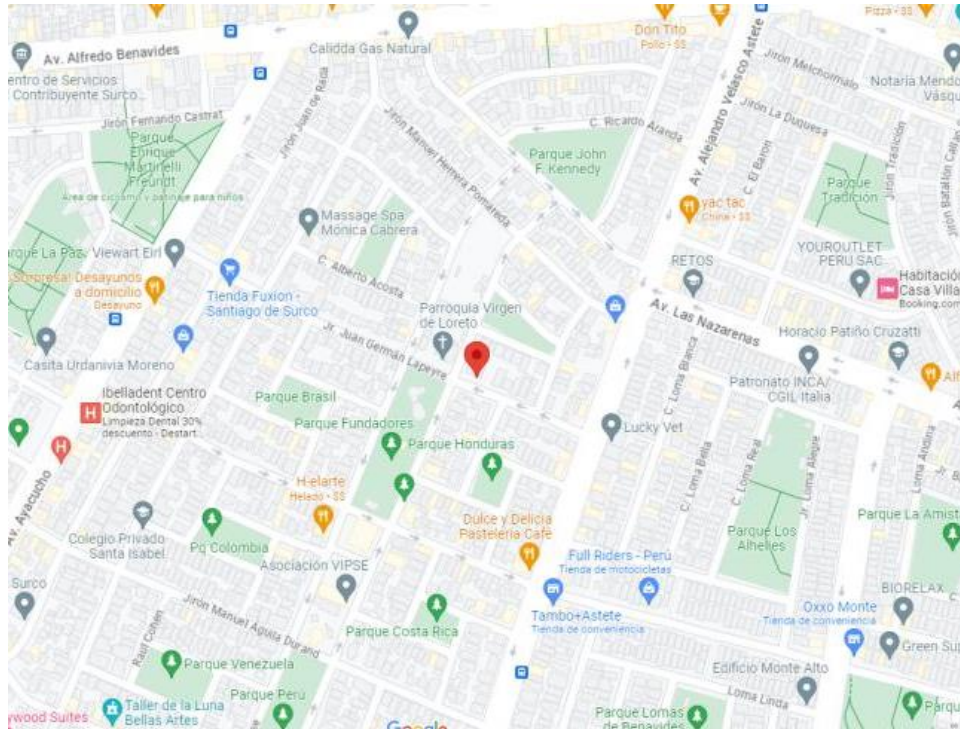
*Nota. Tomado de: SUNAT, 2023*



La compañía tiene una oficina en Jr. 305 Urb, Juan Germán Lapeyre. Santiago de Surco – Vista Alegre. La planta de producción está en Calle Las Exportaciones 151. Urb. Pro Industrial SMP - Lima.

**Figura 2**

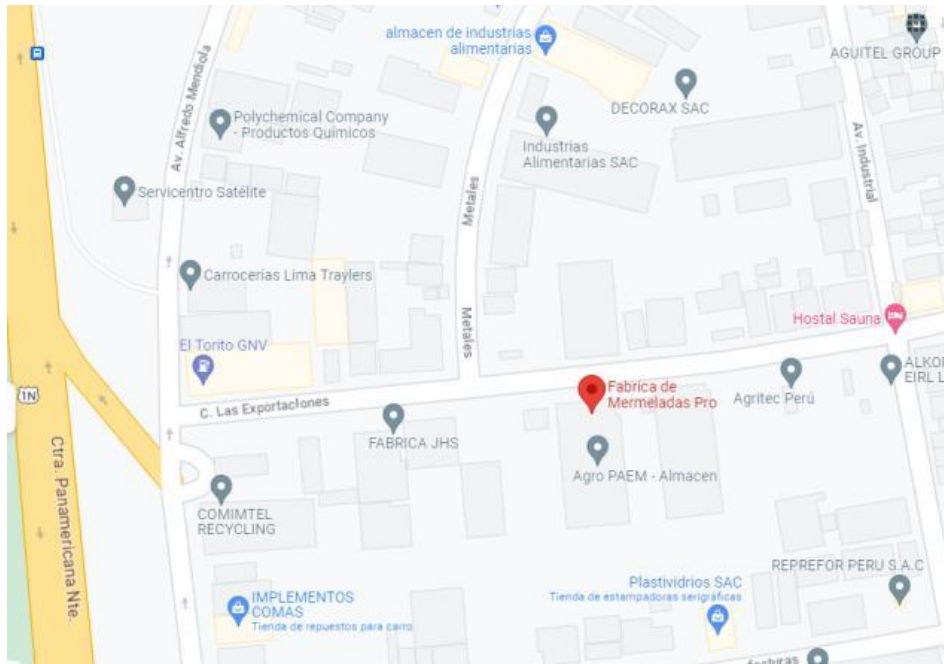
*Ubicación de la oficina Inversiones Paem S.A.C.*



*Nota. Tomado de: Google Maps*

**Figura 3**

*Ubicación de la planta de producción de Inversiones Paem S.A.C.*



*Nota. Tomado de: Google Maps*

### **1.3. Datos Generales**

#### **1.3.1 Misión**

- A corto plazo. Consolidarnos como la empresa líder en nuestras principales líneas de negocio (confitería y congelados) fortaleciendo nuestro portafolio actual y desarrollo nuevos tipos de productos que brinden bienestar y salud.

#### **1.3.2 Visión**

- En el futuro a largo plazo. Ser líder en todas nuestras áreas de negocio mediante el crecimiento constante, la innovación y la creación de productos saludables, funcionales, orgánicos y nutricionales para el mercado global.

#### **1.3.3 Objetivos de la empresa**

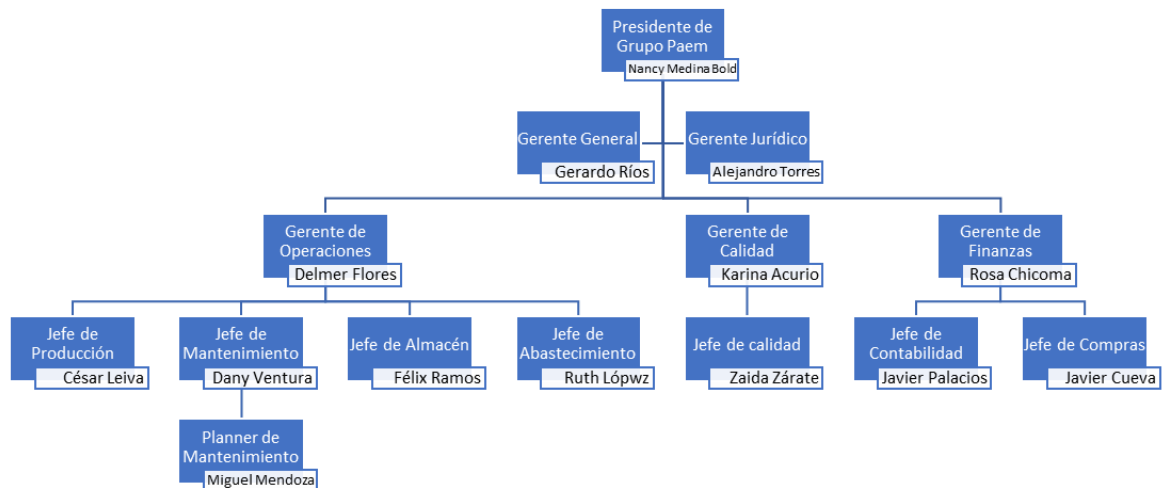
- Ser el líder en alimentos a nivel nacional.
- Cumplir al 100% con las expectativas de nuestros clientes.
- Aumentar las ganancias.

- Incrementar ganancias corporativas.

### 1.3.4 Organigrama

#### Figura

Organigrama de la empresa Inversiones Paem S.A.C.



*Nota. Información brindada por la empresa Inversiones Paem S.A.C. Elaboración propia.*

### 1.3.5 Servicios

La empresa Inversiones Paem SAC, empresa agroindustrial, ofrece sus productos al sector alimenticio de frutas incentivando relaciones comerciales de mutuo beneficio y a largo plazo ofreciéndoles soluciones integrales. Además, brinda atención especializada y enfocada en las necesidades de cada uno de nuestros clientes. También Monitorea constantemente la satisfacción de clientes y ofrece una gestión de reclamos enfocada en la mejora continua. Y cuenta con Certificaciones y emplea prácticas alineadas al correcto manejo de los negocios y la ética comercial.

### ***1.3.6 Principales proyectos ejecutados***

- Proyecto SITRAD: Consistió en instalar en las cámaras de congelamiento controladores SITRAD de temperatura e instalar en cada celular el software para visualizar la temperatura de las cámaras. El beneficio fue obtener un monitoreo inmediato mediante gráficas de la temperatura de cada cámara de congelamiento.

- Proyecto Variadores de Octofrost: Se realizó en cambio de 07 variadores marca Allen Bradley por la marca Delta esto debido al costo y tiempo de llegada del componente. La marca delta es comercial y bajo costo. Se realizó la programación para controlar los 07 motores ventiladores del túnel de congelamiento de la marca Octofrost.

- Proyecto Mejoramiento del flujo de aire en las cámaras de congelamiento: Para realizar la mejora del flujo de aire (frio) se evaluó las dimensiones de la cámara y la cantidad de producto que se congela. Debido a tener una cámara por dimensiones considerables y el aumento de producción se adicionó la compra de 01 compresor semi hermético, 02 evaporadores y 01 condensador. Al concluir con la instalación de tuberías de cobre, instalaciones eléctricas la temperatura de frio estuvo a -22°C obteniendo el resultado que se requería.

- Proyecto cambio de tensión de 10 KV A 20 KV: Debido a la implementación de nuevas líneas de proceso en la producción se compraron nuevos equipos. Adicional se alquilaron 50 reefers. Por lo tanto, se planteó en incrementar la tensión para no tener dificultades con la tensión.

- Proyecto Mejora de flujo de aire en túneles estáticos: Al tener gran cantidad de materia prima se requiere bajar la temperatura del producto en un corto plazo; por ende, se adquirió un equipo compresor con su evaporador y condensador adecuado para satisfacer las necesidades del usuario.

### 1.3.7 Principales clientes

**Figura 4**

*Cientes Nacionales*



*Nota. Principales clientes nacionales. Información brindada por la empresa Inversiones Paem S.A.C.*

**Figura 5**

*Cientes Internacionales*



*Nota. Principales clientes internacionales. Información brindada por la empresa Inversiones Paem S.A.C.*

**Tabla 1**

*Número de clientes de la empresa Inversiones Paem S.A.C.*

<i>Clientes</i>	<i>Cantidad</i>
-----------------	-----------------

Nacionales	14
Internacionales	18
<b>Total</b>	<b>32</b>

*Nota. Esta tabla muestra la cantidad de clientes nacionales e internacionales de la empresa.*

*Información brindada por la empresa Inversiones Paem S.A.C. Elaboración propia.*

### 1.3.8 Certificaciones

**Figura 6**

*Certificaciones de la empresa Inversiones Paem S.A.C.*



*Nota. Información brindada por la empresa Inversiones Paem S.A.C.*

### 1.4. Problema General

La agroindustria en la elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas es un sector que presenta mayor dinamismo y estrategia en la economía nacional, sobre todo porque las actividades que lo conforman están orientadas al procesamiento y elaboración de una gran cantidad de bienes destinado al consumo privado, ya sea hogar o empresa, por tal razón el motivo principal de Inversiones Paem S.A.C, es ofrecer el mejor servicio a todos sus clientes otorgando productos de buena calidad y que estén certificados bajo estándares de las buenas prácticas de manufactura (BPM). Y para alcanzar este

reconocimiento se necesita recursos como la mano de obra calificada, equipos y maquinarias en excelente estado y servicios públicos (agua, gas, electricidad). Estos tres últimos recursos son indispensables para el proceso de producción en todas las áreas de la planta debido al gran abastecimiento diario de materia prima empezó a surgir retardos en el proceso de lavado con la fruta, por ende, las áreas las áreas de producción, calidad y mantenimiento identificaron que la demora se debe a la presión insuficiente del agua proveniente de la conexión directa a la red de SEDAPAL, causada por la presión constante y velocidad variable.

El departamento de mantenimiento sugiere a la gerencia un sistema de presión constante con tres bombas centrífugas controladas por variadores y plc para aumentar el flujo de agua en la limpieza de frutas. Este sistema de presión constante también abastecerá a otras áreas como: servicios higiénicos, mantenimiento, comedor, lactario, tópico, etc.

De acuerdo a lo planteado cabe preguntarse: ¿De qué manera se implementaría un sistema de presión constante con 03 bombas centrífugas controladas por variadores y plc para el incremento del caudal de agua en el proceso de lavado de fruta de la empresa Inversiones Paem SAC?

### **1.5. Justificaciones**

El propósito de este estudio es alcanzar un avance tecnológico en relación con los sistemas hidroneumáticos convencionales. Esto se logra mediante la implementación de un sistema de presión constante que incorpora un variador independiente para cada electrobomba y un plc, los cuales desempeñan un papel fundamental en la resolución de los problemas de control en todo el sistema.

Desde una perspectiva teórica, este enfoque se basa en una extensa investigación científica previamente realizada en sistemas de presión constante, particularmente en su aplicación en combinación con variadores de velocidad controlados por PLC, así como en el cálculo de bombas de agua destinadas para su uso en viviendas, departamentos, espacios recreativos, entre otros.

A nivel empresarial, este estudio se justifica debido a los problemas experimentados por la empresa Inversiones Paem SAC, que incluyen el bajo caudal de agua. El desarrollo e implementación de este sistema son esenciales para que la empresa se mantenga competitiva y pueda optimizar su proceso de producción.

Las ventajas de la realización de este proyecto recaen directamente en Inversiones Paem SAC, ya que la adopción de este sistema conlleva una reducción significativa en los consumos de energía en comparación con los sistemas hidroneumáticos convencionales.

Este trabajo permite obtener un mayor control sobre el sistema de bombeo de agua potable, garantizando la selección precisa de los equipos necesarios, que van desde variadores y PLC hasta electrobombas de múltiples etapas. La toma de decisiones se basa en cálculos rigurosos y resultados relacionados con el caudal y los diámetros de tubería desde las primeras etapas del proyecto.

El enfoque de brindar soluciones se fundamenta en la creación de un procedimiento que mejora significativamente los sistemas hidroneumáticos convencionales a través de la automatización. La implementación de este nuevo sistema también se traduce en un uso reducido del consumo de energía eléctrica y en una prolongación de duración efectiva de las electrobombas elegidas, lo que contribuye a corregir las deficiencias observadas en el sistema de suministro de agua potable.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Conocimiento práctico de la experiencia laboral

Pahuara (2020) en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero mecatrónico, titulado: “Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en edificio Torres Paz”. El objetivo fue implementar un sistema automatizado en la sala de bombas para suministrar agua potable en el edificio Torres Paz y mantener la presurización mediante electrobombas de manera controlada y constante. En su investigación, realizó los cálculos, eligió las electrobombas, seleccionó los repuestos, desarrolló la lógica de control para el PLC e implementó el tablero de control en su investigación. Las electrobombas seleccionadas fueron elegidas por su eficiencia demostrada en el modelo de la marca, garantizando el cumplimiento de los criterios del sistema. Se aseguró el cumplimiento de las normas del Código Nacional de Electricidad al construir el tablero eléctrico usando componentes apropiados según los cálculos previos.

Pacheco (2015) en su estudio "Análisis de sistemas de control de bombas múltiples para instalaciones hoteleras utilizando energía modelo 'óptima'", se planteó como objetivo probar bombas múltiples de sistema de control mediante inversor CFW-08 con PLC integrado. El objetivo fue mejorar tanto el servicio hotelero como la eficiencia energética. Este estudio forma parte de una investigación descriptiva. Durante el análisis, se instaló un sistema de bombeo automático de acuerdo con los protocolos y estándares proporcionados por un organismo competente, siempre que se cuente con capacidad e infraestructura suficiente para la climatización de la sala de bombeo donde se instalará el sistema.

Bejarano & Herrera (2016), en su estudio sobre “Desarrollo e Implementación de un Sistema Automatizado de Control y Monitoreo para Optimizar el Desempeño del

Sistema de Bombeo de Agua en la Sala de Bombas de la Corte Superior de Justicia Trujillo – Natasha Alta”, tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema automatizado de control y monitoreo para mejorar la eficiencia del sistema de bombeo de agua en la Sala de Bombas del Tribunal Superior de Justicia (ubicada en Natasha Alta - Trujillo). Estudiaron sistemas de presión constante para desarrollar diseño adecuado y aplicar control automático apropiado. Los hallazgos de la investigación se tradujeron en la creación de un sistema de control y monitoreo que satisface las demandas del público, mejorando el sistema de bombeo de agua.

Argueta (2011) n su estudio busco desarrollar un sistema hidroneumático para mejorar la presión del agua y reducir los gastos en residencias de hasta tres niveles y diez personas. Antes de seleccionar el sistema adecuado, considero el caudal diario y determinar la bomba y la potencia requerida para garantizar el suministro constante de presión al depósito. El conocimiento del caudal es crucial para el correcto funcionamiento del sistema hidroneumático y la elección adecuada del tanque hidroneumático determina la presión constante en la tubería.

Paredes (2014) en su investigación utilizó un sistema de demostración con variadores de velocidad para controlar sistemas con múltiples bombas y presión constante. Se empleó el variador ABB modelo ACQ810, instalado lateralmente para un uso más eficiente del espacio en el panel de control. Se simplificó la creación de un nuevo perfil de programación al combinar dos macros de aplicación modificadas y utilizar la función de almacenamiento de datos en memoria como una macro de usuario.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo transporta y almacena fluidos para cumplir con las especificaciones de caudal y presión en sistemas y procesos (Chero, 2018).

La bomba interactúa con cada componente del sistema de bombeo. Esto incluye los mecanismos de control y activación de la bomba, así como los demás elementos por los que pasa el fluido, como válvulas e intercambiadores de calor. los elementos de un sistema de bombeo se conectan y interactúan con la bomba (EEI, 2018).

### Figura 7

*Componentes del sistema de bombeo*



*Nota. El gráfico muestra todas las partes del sistema de bombeo. La cita es del manual de Eficiencia Energética Industrial en Colombia sobre optimización de sistemas de bombeo (p.21), publicado en 2018. |*

### 2.2.2 Bomba de agua

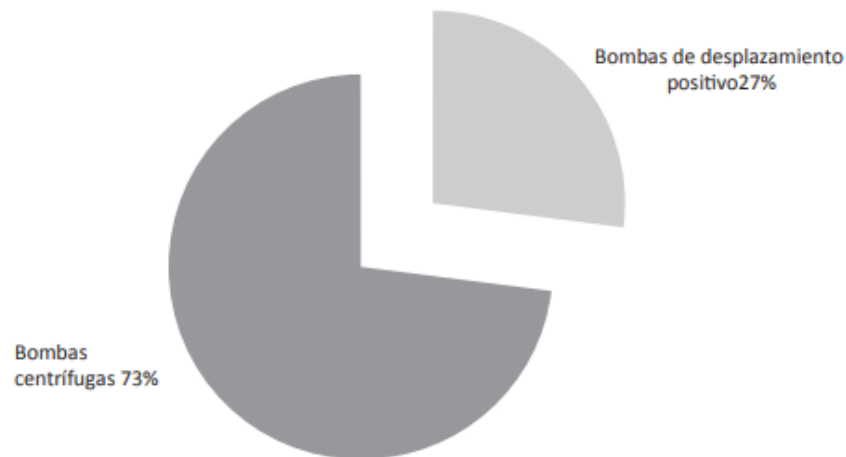
Convierte energía mecánica en hidráulica al impulsar el fluido que lo atraviesa (Mora, 2016)

### 2.2.2.1 Tipo de bombas

Existen dos categorías principales de bombas: las rotodinámicas y las de desplazamiento positivo. Estos términos se derivan de la forma en que estas bombas transfieren energía al medio que están bombeando, ya sea mediante un impulsor rotatorio que transfiere energía a través de un proceso dinámico o al desplazar un fluido por medios mecánicos (EEI, 2018).

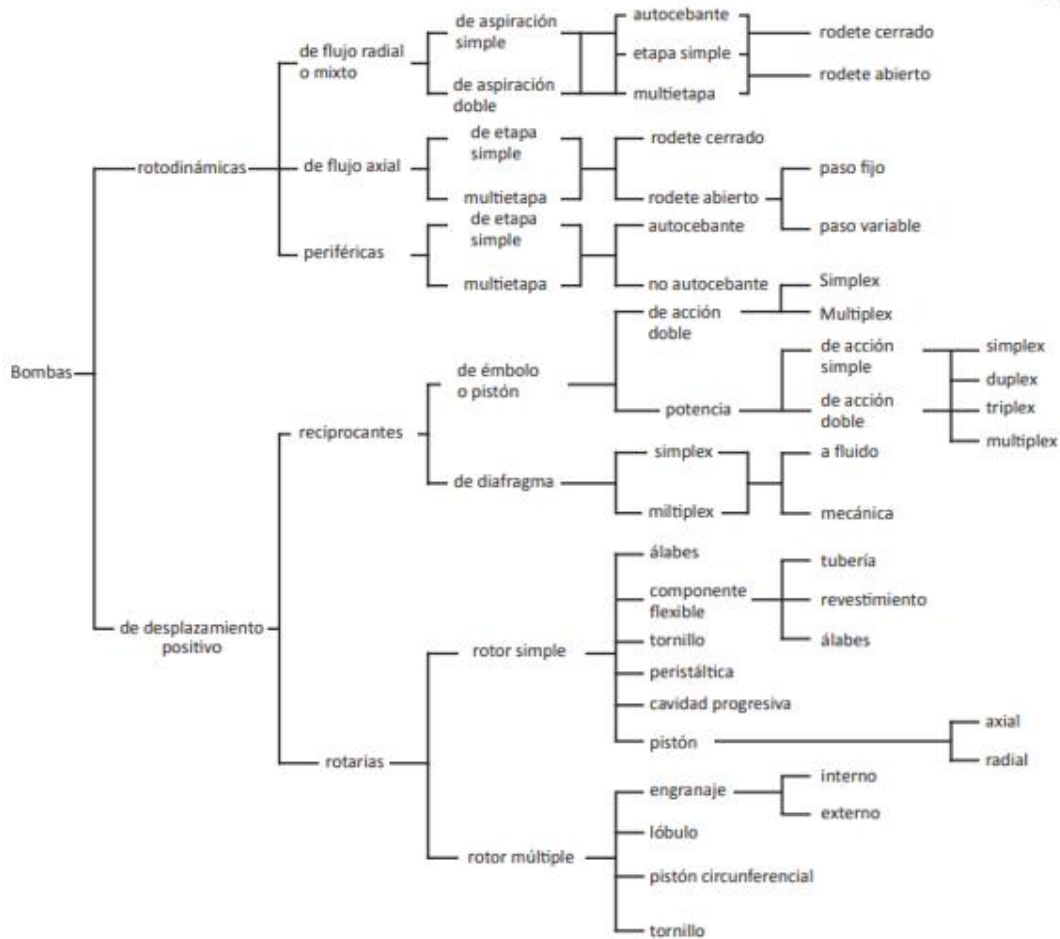
#### Figura 8

*Tipos de bomba que se usa en la industria*



*Nota. El porcentaje de uso de los diferentes tipos de bombas en la industria es representado en el gráfico. Tomado del Manual de optimización de sistema de bombeo (p.27) de Eficiencia Energética Industrial en Colombia, 2018.*

**Figura 9** Clasificación de bombas



*Nota. La gráfica presenta las bombas disponibles en el mercado hoy en día. Estas subdividen en grupos secundarios según aspectos mecánicos de la bomba. Quoted from Manual de optimización de sistema de bombeo (p.28) by Eficiencia Energética Industrial en Colombia, 2018.*

### 2.2.2.2 Bomba Centrífuga

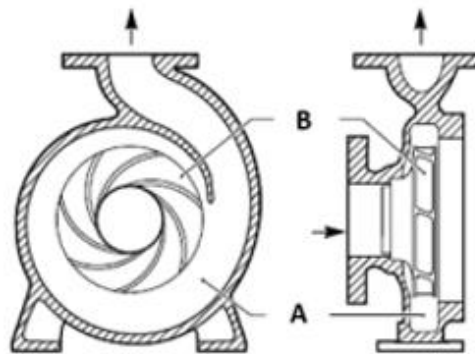
La bomba centrífuga, comúnmente conocida como bomba rotodinámica, representa en la actualidad el dispositivo más ampliamente empleado para la transferencia de una variada gama de líquidos. Estas bombas centrífugas son invariablemente de naturaleza rotativa y conforman una categoría de bomba hidráulica que convierte la energía mecánica

generada por un rotor impulsado típicamente por un motor eléctrico (Gualancañay & Jaguanco, 2017).

Una bomba centrífuga se compone de un conjunto de aspas rotatorias contenidas en una carcasa o cubierta. Estas bombas adquieren su nombre debido a que la presión que generan se debe principalmente a la acción centrífuga. Las aspas transfieren energía al fluido a través de esta fuerza. En su forma más básica, una bomba centrífuga consta de dos partes principales: un componente giratorio que incluye un impulsor y un eje. Y un componente estacionario compuesto por una carcasa, sellos y cojinetes (Lizarraga, 2017).

### Figura 10

*Partes principales de una bomba centrífuga*



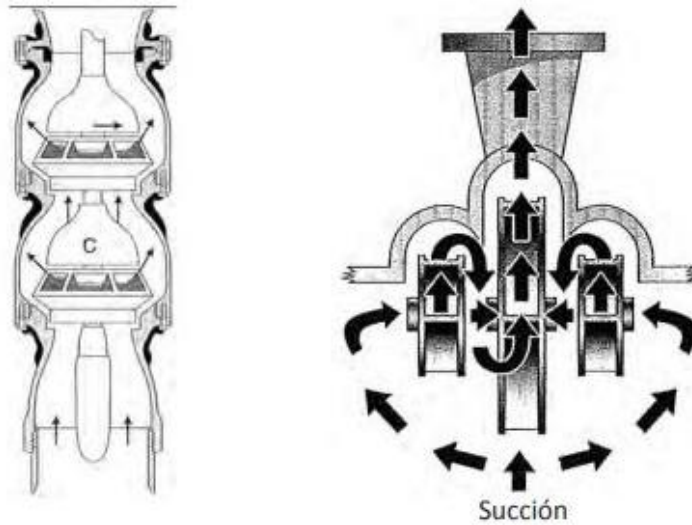
*Nota. Cuaderno Técnico 214. Ventajas de los variadores de velocidad en la eficiencia energética de la circulación de fluidos*

#### 2.2.2.3 Bombas Multietapicas

Una bomba multietapas genera altas presiones mediante múltiples rotores alineados en un eje. Estos rotores funcionan en orden, la primera etapa aspira el agua y eleva la presión a un nivel determinado. La segunda etapa recibe el agua de la primera etapa y la transfiere a la etapa siguiente, donde se incrementa la presión, y así sucesivamente se repite este proceso.(INDUCOM, 2023)

**Figura 11**

*Bomba multietapas vertical y horizontal*



*Nota. El gráfico muestra cómo las bombas multietapas dirigen el flujo desde la descarga de un impulsor hacia la succión del siguiente. Adaptado del Manual de Optimización de Sistemas de Bombeo (p.30), de Eficiencia Energética Industrial en Colombia, 2018.*

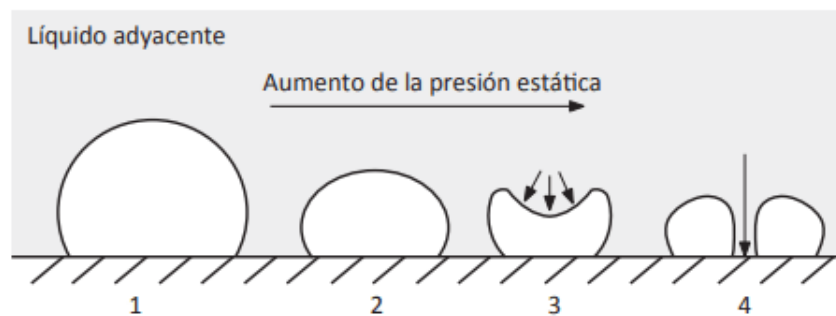
#### **2.2.2.4 Cavitación en bombas**

En sistemas de bombeo, la cavitación se manifiesta en la región donde el flujo del líquido se acelera en dirección al componente impulsor. Los resultados inmediatos comprenden la disminución de la eficiencia de la bomba y el desgaste del impulsor. La cavitación está intrínsecamente vinculada al tipo de bomba utilizada, siendo el riesgo de cavitación más pronunciado a medida que la velocidad específica de la bomba aumenta. Además, la cavitación está relacionada con el diseño y la instalación de la tubería de succión. Factores como la elevación estática, ubicación de puntos altos en la tubería, la presencia de juntas descentradas y reductores concéntricos en la entrada de la bomba contribuyen a la formación de bolsas de aire. Cuando el caudal de trabajo excede la capacidad de diseño, se incrementa el riesgo de cavitación en el sistema de bombeo. Los

indicadores de este fenómeno se evidencian mediante la producción de ruidos, vibraciones en la tubería y el deterioro de las palas del impulsor las bombas (Varela & Monroy, 2015)

## Figura 12

*Formación de microchorros de burbuja*



*Nota. El gráfico muestra microchorros intensos capaces de eliminar material de las tuberías. Con el tiempo y la exposición a la cavitación, las superficies se deterioran y se ven irregulares. Extraído de Manual de optimización de sistema de bombeo, Eficiencia Energética Industrial, Colombia, 2018 (p.51).*

### 2.2.3 Sistema de bombeo a presión constante

En un sistema de presión constante, la presión en la red de suministro de agua se mantiene constante. El sistema incluye electrobombas, tuberías de succión, panel de control, válvulas y punto de descarga (Pahuara, 2020)

Un sistema de presión constante es una alternativa de bombeo que consume menos energía eléctrica y facilita el suministro de agua a múltiples puntos de uso, sin importar cuántos de ellos estén en funcionamiento al mismo tiempo. Esto es especialmente útil en entornos como edificios residenciales, hoteles, hospitales o plantas industriales (Del Pozo, 2020).

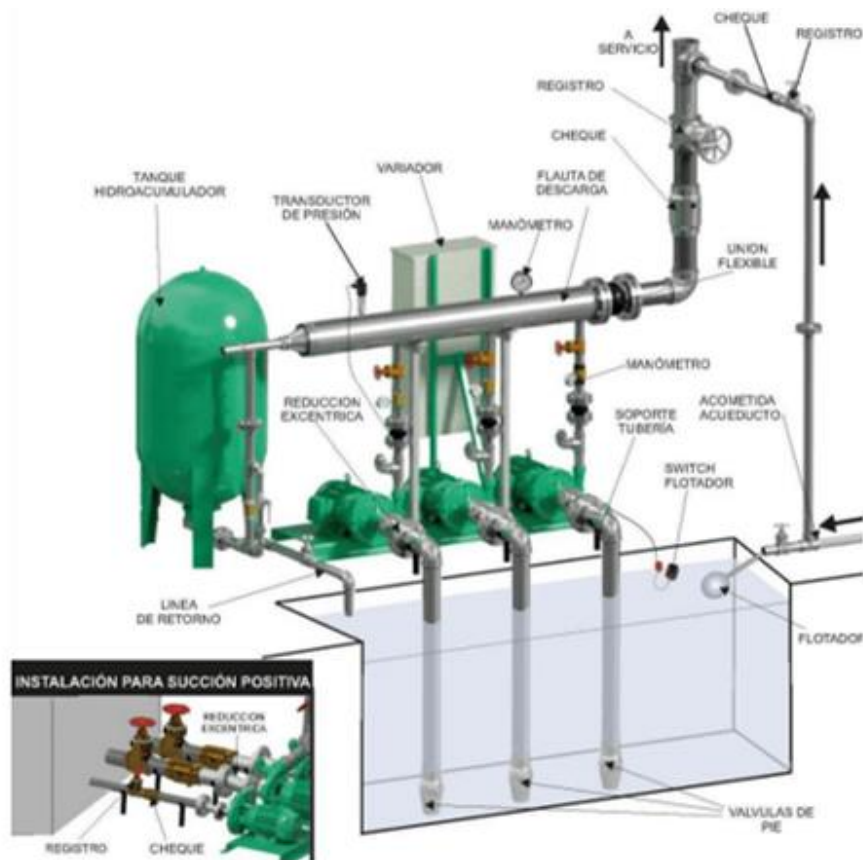
Los sistemas de presión constante mantienen una presión estable en toda la red de agua y consumen menos energía eléctrica en comparación con los sistemas



convencionales. El inconveniente es que su precio de compra tiende a ser más elevado que el de los sistemas convencionales. No obstante, estos gastos son compensados con ahorros en la estructura de la edificación y en la electricidad a lo largo de la vida útil del sistema (Del Pozo, 2020).

### Figura 13

Diagrama típico de instalación



*Nota. En esta imagen se ve la representación de un sistema de presión constante. Tomado de Barnes Colombia, 2018.*

Una opción adicional sería usar varias bombas controladas por un sistema de control. El sistema mantiene automáticamente la presión constante. Se usan variadores de velocidad, un controlador, contactores y un transductor de presión para ello. En algunas situaciones, el controlador está incorporado en el variador (Abrigó, 2003).

El sistema de múltiples bombas es una solución innovadora que simplifica la administración de cualquiera de las bombas instaladas a través de la utilización de un variador de frecuencia. Esto permite regular de manera efectiva la presión y el caudal del sistema (Pacheco, 2015)

### 2.2.3.1 Caudal

El término de caudal hace referencia a la cantidad de agua que fluye a través de la sección transversal de un curso de agua en un intervalo de tiempo específico. Normalmente, se representa en unidades de litros por segundo (l/s) cuando se trata de tuberías, tomas y canales de menor tamaño, o en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s) en el caso de canales de tamaño mediano o grande (Ortega-Gaucín, 2012).

#### Figura 14

*Formula del caudal volumétrico*

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q → caudal volumétrico  
 V → volumen  
 t → tiempo

Las unidades más utilizadas son: m<sup>3</sup>/h; l/s; m<sup>3</sup>/s; GPM (galones por minuto).

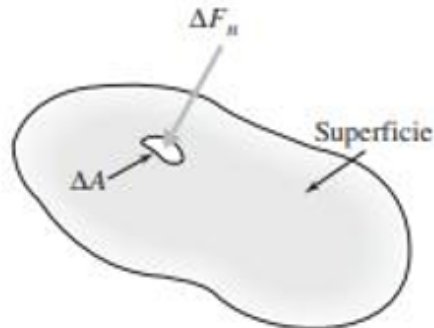
*Nota. Manual de entrenamiento. Selección y aplicación de bombas centrífugas, 2002, pág.24*

### 2.2.3.2 Presión

La presión es la medida de la fuerza normal por unidad de superficie. La presión es escalar, sin dirección. Nadar bajo el agua ejerce presión en todas las direcciones sobre nuestro cuerpo. La presión es un escalar, a pesar de que puede ser causada por una fuerza vectorial (Resnick, Halliday, & S. Krane, 1977).

**Figura 15**

*Definición de presión*



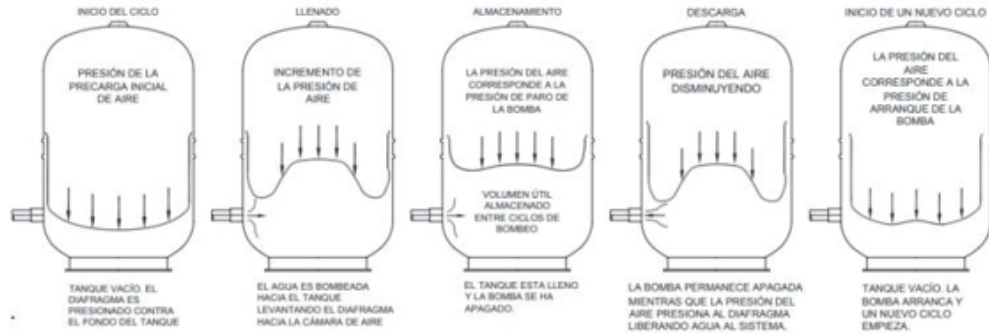
*Nota. La presión en la mecánica de fluidos se origina de una fuerza normal compresiva ejercida en un área. Referenciado en Mecánica de fluidos, 4ª edición (p.11), por C. Potter, C. Cengage Learning. Wiggert y Ramón, 2012./*

### 2.2.3.2 Tanque hidroneumático

Un tanque hidroneumático es un recipiente diseñado específicamente para contener agua y aire bajo presión. Su función principal es mantener un suministro de agua eficiente al regular las presiones, lo que permite satisfacer rápidamente las demandas de agua. Estos tanques encuentran utilidad en una amplia variedad de aplicaciones (Cinthya, 2022).

**Figura 16**

*Secuencia de función hidroneumática del tanque*



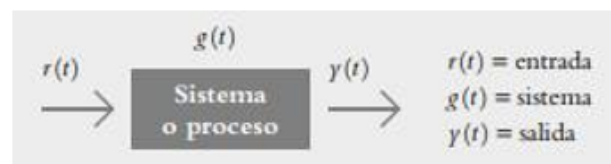
*Nota. El gráfico explica que el sistema de tanque hidroneumático se basa en la compresibilidad como el principio volumétrico del aire cuando se le ejerce presión. Tomado de Manual Equipo Hidroneumático (p.2), por Hidrostral, 2018, LÍNEA I – VERSIÓN: K – CÓDIGO: LL8C0023.*

### 2.2.4 Sistema de control

Un mecanismo de regulación automática implica la conexión de elementos que se estructuran en una disposición denominada sistema, lo que posibilita que dicho conjunto tenga la capacidad de ajustarse de manera independiente. Un elemento o parte dentro de este sistema, que está sujeto a regulación y recibe una señal de entrada  $r(t)$  para obtener una respuesta o salida  $y(t)$ , puede ser representado mediante la utilización de bloques. (Hernández, 2010).

**Figura 17**

*Representación de bloques de un sistema de control*



*Nota. El gráfico explica que la salida del sistema de debe a la interacción de la entrada con el proceso. Tomado de Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB (p.2), por Hernández, 2010, PEARSON EDUCACIÓN.*

### 2.2.4.1 Control de lazo abierto

En un sistema abierto, no se compara la señal de salida y la señal de entrada. No hay retroalimentación en los sistemas de control de lazo abierto. (Perez, Perez, & Perez, 2007).

#### Figura 18

*Sistema de Control de Lazo Abierto*



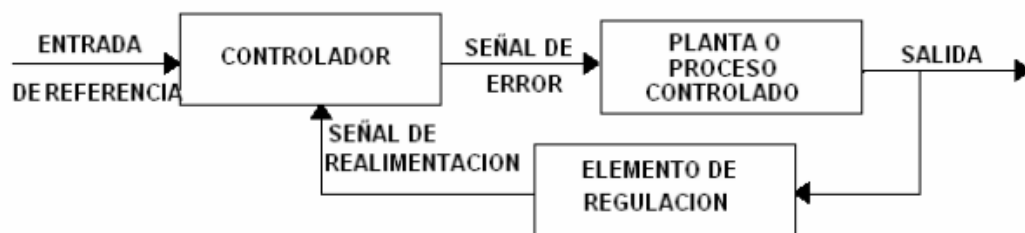
*Nota. El gráfico representa un sistema de control de lazo cerrado. Tomado de Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo (p.10), Perez, Perez & Perez, 2007, Universidad Nacional de San Juan.*

### 2.2.4.2 Control de lazo cerrado

La señal de salida tiene un impacto directo en la acción de control en un sistema de retroalimentación o lazo cerrado. En los sistemas de control de lazo cerrado, la señal de salida regresa al sistema. El sistema utiliza la señal de error para ajustar la salida y lograr el valor deseado, considerando la discrepancia entre las señales de entrada y salida. El feedback negativo en una configuración de bucle cerrado reduce el error del sistema. (Perez, Perez, & Perez, 2007).

#### Figura 19

*Sistema de Control de Lazo Cerrado*



*Nota. El gráfico muestra un sistema de control feedback. Tomado del libro "Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo (p.11), por Perez, Perez & Perez, 2007, Universidad Nacional de San Juan.*

### 2.2.4.3 Variador de frecuencia

Un convertidor de frecuencia cambia la frecuencia y la velocidad de un motor asíncrono. Esto implica generar la corriente y voltaje necesarios para activar el motor de corriente alterna. El convertidor de frecuencia permite variar la frecuencia del motor, independientemente de la frecuencia de la fuente de alimentación. (Álvarez, 2000).

#### Figura 20

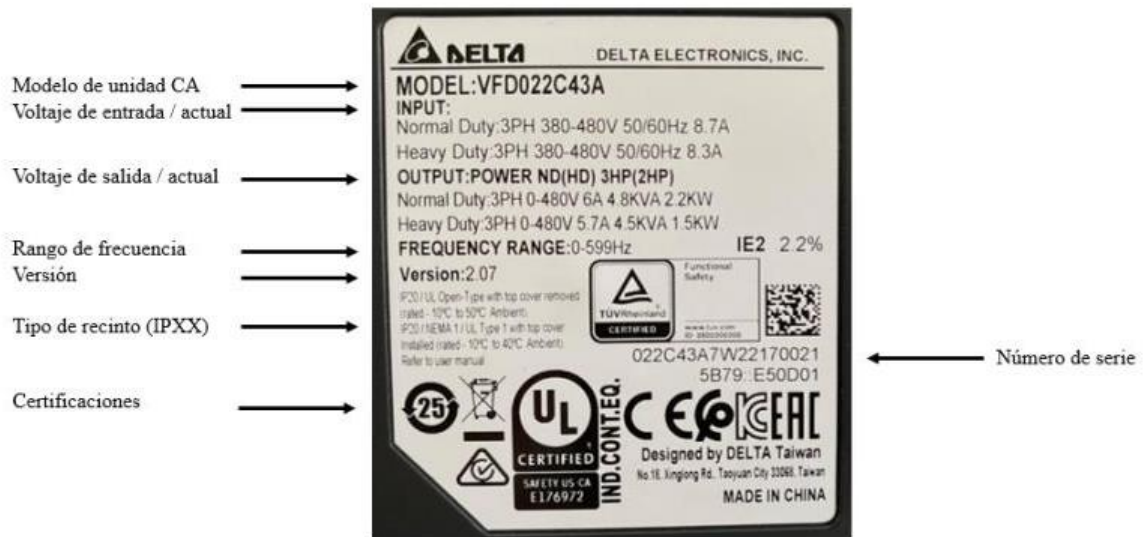
*Variador de frecuencia Marca Delta Modelo C2000*



*Nota. La imagen muestra el variador marca Delta modelo C2000 de 440V 3HP. Elaboración propia.*

**Figura 21**

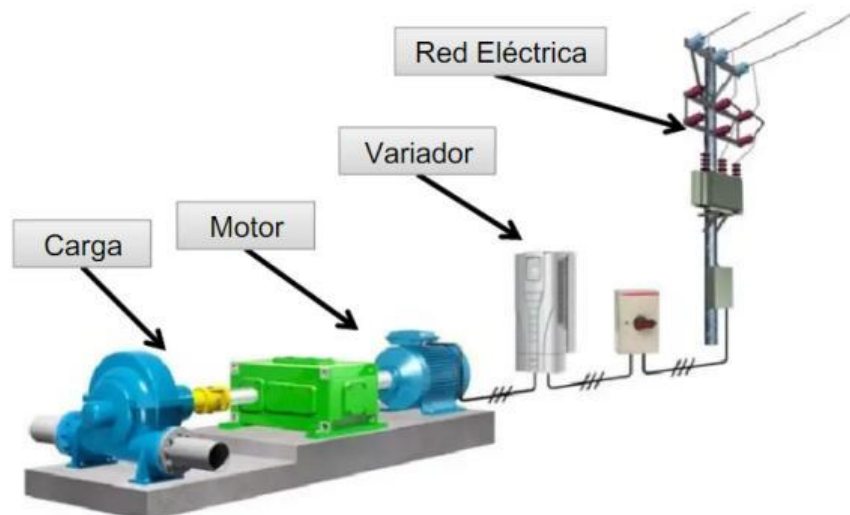
*Información de la placa del variador.*



*Nota. La imagen muestra la información de la placa del variador marca Delta modelo C2000. Elaboración propia.*

**Figura 22**

*Esquema de conectividad del variador.*



*Nota. En la siguiente imagen se observa el esquema de conectividad del variador. Tomado de Teoría de variadores de velocidad ABB, por Bonifaz, 2012, ABB.*

#### 2.2.4.4 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC es un dispositivo programable con memoria que almacena instrucciones del usuario. Estas instrucciones se emplean para ejecutar soluciones concretas, como lógica, secuencia, tiempo, conteo y operaciones matemáticas. Un PLC controla máquinas y procesos industriales mediante el manejo de entradas y salidas analógicas y digitales. Un PLC incluye CPU, memoria, fuente de alimentación, reloj en tiempo real, puerto de entradas y puerto de salidas (Molina, y otros, 2109).

#### Figura 23

*PLC Schneider SR2B121BD*



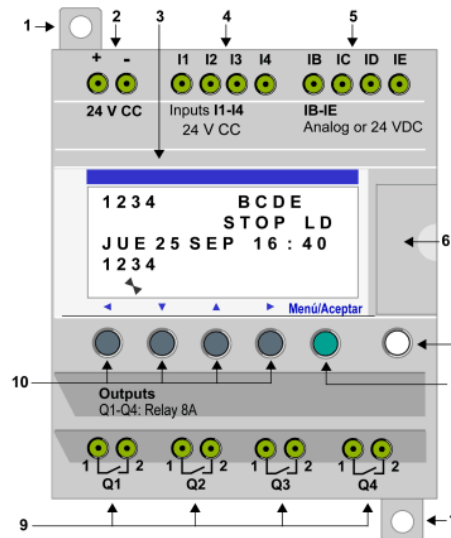
*Nota. En la imagen se aprecia el PLC Zelio Schneider modelo SR2B121BD. Elaboración Propia.*

Los módulos lógicos se han desarrollado con el propósito de simplificar la conexión eléctrica de sistemas inteligentes. La implementación de un módulo lógico es fácil y directa, y su capacidad de adaptación y rendimiento no solo facilitarán su uso, sino que también le permitirán reducir tanto el tiempo como los costos involucrados (Schneider, 2017)



**Figura 24**

*Descripción del panel frontal del módulo lógico*



*Nota. El gráfico muestra el panel frontal del módulo. Tomado de Zelio Logic Módulo lógico Manual del usuario (p.22), por Schneider Electric, 2017.*

**Tabla 2**

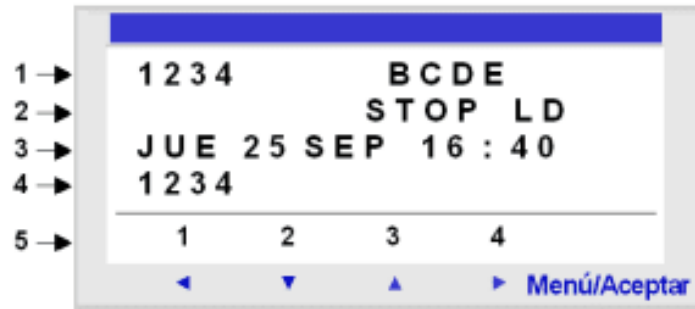
*Descripción del panel frontal del módulo lógico*

<i>Indicador</i>	<i>Elemento</i>
1	Pies de montaje retráctiles
2	Bloque terminal de alimentación
3	Pantalla LCD, 4 líneas, 18 caracteres
4	Bloque terminal de entradas DIG
5	Bloque termina de entradas analógicas.
6	Alojamiento de la memoria de copia de seguridad o cable conexión para PC
7	Tecla <b>Mayús</b> (blanca)
8	Tecla <b>Menu/OK</b> (verde) que permite seleccionar y confirmar
9	Bloque terminal de salida para relé
10	Teclas de navegación (grises) o, como alternativa, se pueden configurar como teclas Z

*Nota. Esta tabla muestra la descripción del panel frontal del módulo lógico. Elaboración propia.*

**Figura 25**

*Descripción de la pantalla LCD*



*Nota. El gráfico muestra los elementos de la pantalla LCD. Tomado de Zelio Logic Módulo lógico Manual del usuario (p.23), por Schneider Electric, 2017.*

**Tabla 3**

*Descripción de la pantalla LCD Descripción de la pantalla LCD*

<i>Indicador</i>	<i>Elemento</i>
1	Visualización del estado de la entrada (B-E representan las entradas analógicas).
2	Visualización del modo de funcionamiento (RUN/STOP) y del tipo de programación (LD/BDF)
3	Visualización de la fecha (día y hora para los productos con reloj)
4	Visualización del estado de las salidas
5	Menús contextuales / botones pulsadores / íconos indicativos del modo de funcionamiento

*Nota. (P.23)*

### **2.2.4.5 Transmisor de presión**

La conversión de la presión de una línea de aire comprimido en una señal eléctrica es una función común a todos los transductores y transmisores de presión. Los sensores de presión están diseñados para aplicaciones tanto industriales como especializadas, abarcando áreas como la refrigeración, sistemas de aire acondicionado, la industria alimentaria, maquinaria móvil, gases medicinales y la industria de semiconductores, entre otras. Estos dispositivos se caracterizan por su precisión, que puede ser tan alta como

0,05%, y cubren un amplio rango de medidas desde 0,05 bares hasta 15.000 bares (WIKA, 2023)

### **2.3 Limitaciones**

Es cierto que un sistema de presión constante no requiere de un tanque elevado y gastos adicionales de infraestructura; no obstante, la inversión inicial de un sistema de presión constante es más costosa en comparación con el sistema de bombeo convencional debido a los activos que se deben adquirir y teniendo como principal activo a las electrobombas multietapas ya que deben alcanzar la capacidad de bombeo adecuada, por ello estos equipos sofisticados tienden a tener un costo considerable en la instalación, consumo y mantenimiento. Otros componentes le suman como son los variadores de frecuencia, tanque hidroneumático, plc, transductores de presión, tuberías, llaves, codos, etc.

### CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

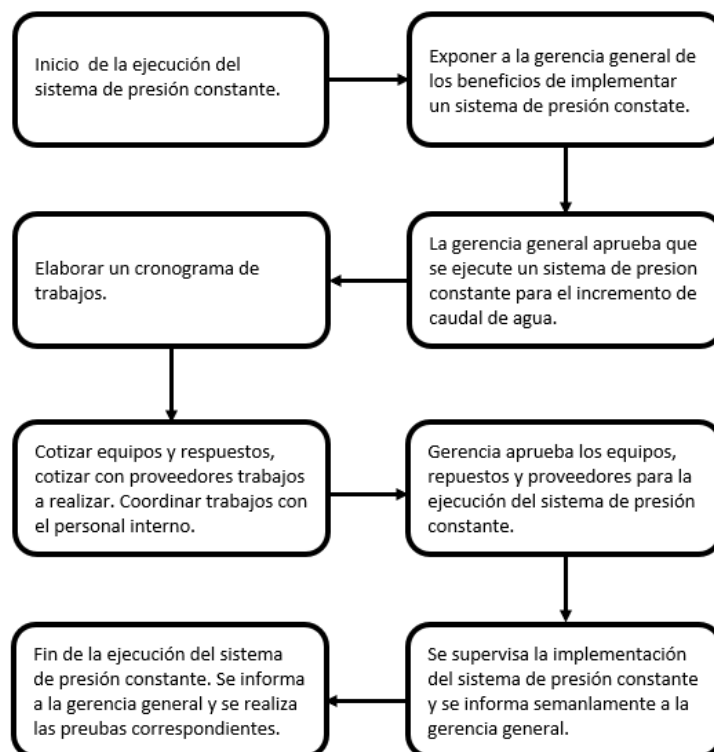
#### 3.1 Describir el proceso de integración del Bachiller en el proyecto.

La implementación de un sistema de presión constante para el incremento del caudal de agua fue aprobada por la gerencia general para que el departamento de mantenimiento la ponga en ejecución debido a que el proceso de lavado de fruta empezaba a ser lento y el inmenso abastecimiento diario de fruta era constante.

Mis aportes desde el inicio y fin de la ejecución del sistema de presión constante fue dar a conocer a la gerencia general los beneficios que sería implementar este tipo de sistema detallando cada componente a implementar, dando seguimiento a los trabajos a realizar y demostrado en la práctica el incremento de caudal para lavado de fruta. La incorporación del bachiller se muestra a continuación:

**Figura 26**

*Proceso de incorporación del Bachiller en el proyecto*

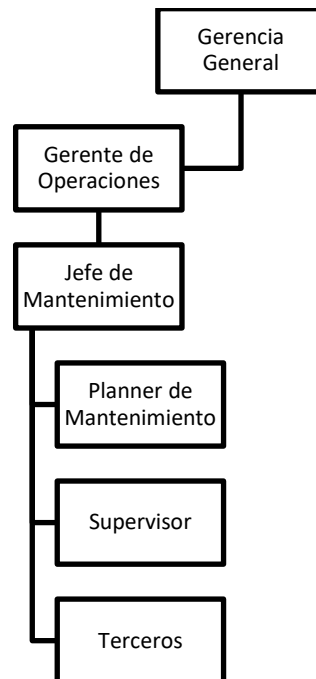


*Nota. En la imagen se muestra el proceso de incorporación en el proyecto desde el inicio hasta la finalización del sistema de presión constante. Elaboración Propia.*

### 3.2 Matriz de involucrados del proyecto laboral

**Figura 27**

*Involucrados en el sistema de presión constante*



*Nota. La imagen se visualiza los involucrados en la participación del proyecto del sistema de presión constante. Elaboración Propia.*

### 3.3 Funciones que desempeño en el proyecto y descripción de la experiencia.

- Idear un sistema de presión constante para el incremento del caudal de agua.
- Presentar el sistema de presión constante a la gerencia general.
- Cotizar los equipos y repuestos.
- Planificar los trabajos a realizar los equipos y repuestos.
- Gestionar la compra de equipos y repuestos.
- Coordinar los trabajos con el personal interno y proveedores.

- Hacer seguimiento a la ejecución de trabajos.
- Presentar avances semanalmente.

### 3.4 Proceso como se llevó a cabo el proyecto

#### 3.4.1 Identificación del problema

**Tabla 4**

*Identificación del problema*

Etapa	Procedimiento
Diagnostico	Aquí se desarrollan las siguientes herramientas:
Solución Propuesta	Diagrama Ishikawa: Matriz de Priorización

*Nota. Esta tabla muestra las etapas de identificación del problema y las herramientas a desarrollar para poder resolverlos. Elaboración Propia.*

#### 3.4.2 Objetivos del sistema de presión constante de agua en Inversiones Paem S.A.C.

- Calcular la potencia y el caudal del sistema de presión constante.
- Elija bombas eléctricas adecuadas para el sistema de presión constante.
- Seleccionar los variadores adecuados para el sistema de presión constante.
- Realizar pruebas de funcionamientos mecánicas y eléctricas a electrobombas.
- Obtener la programación para el correcto funcionamiento del sistema de presión constante.

- Implementar el tablero eléctrico para el control del sistema de presión constante.

### 3.4.3 Diagnóstico del sistema de presión constante

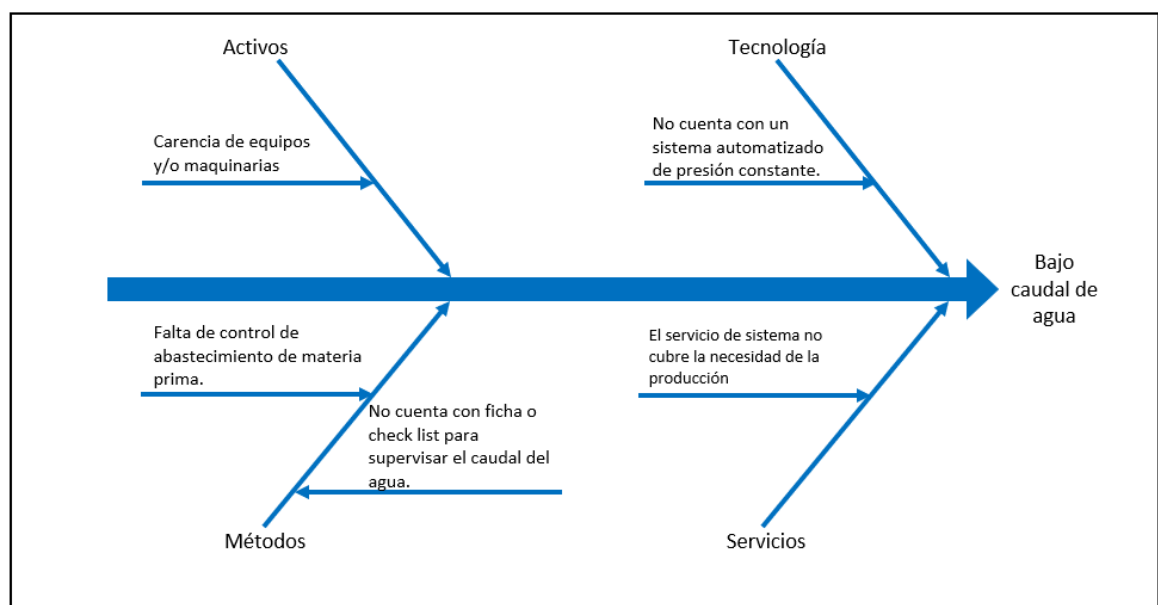
En el ámbito comprendido por la empresa Inversiones Paem SAC se ha detectado diversos puntos frágiles en casi todas las áreas de proceso. Una de ellos es la presión de agua ya que al no ser constante ha ocasionado que no se alcance a las metas de la producción. Y no solo en el área de producción sino también en los servicios higiénicos, mantenimiento, comedor, lactario, tópico, generando diversas quejas por el personal de trabajo.

Para realizar el siguiente diagnóstico, se consideró utilizar herramientas para identificar la causa raíz y evaluarlas en una gráfica de Pareto.

A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa:

**Figura 28**

*Diagrama Ishikawa*



*Nota. El gráfico representa la elaboración del diagrama de Ishikawa donde de manera metodológica se aprecian los problemas de no contar con un sistema de presión constante.*

*Elaboración Propia.*

Dada la problemática explicada con el diagrama de Ishikawa, se aprecia que los problemas se basan en los siguientes 4 puntos: activos, tecnología, métodos y servicio. En cada una de ellas se encuentra la causa hallada como la carencia de equipos y/o maquinarias, no contar con un sistema automatizado de presión constante, falta de control de abastecimiento de materia prima y un servicio que no cubre la necesidad de la producción.

#### **3.4.4 Matriz de priorización**

La siguiente tabla presenta los resultados de encuestas a 60 personas de la empresa, buscando los factores que causan el bajo caudal de agua.

**Tabla 5**

*Matriz de priorización*

Factores	Descripción	Calificación			
		Malo	%	Acumulado	% Acumulado
<b>F2</b>	Carencia de sistema de presión constante	21	35%	21	35%
<b>F1</b>	Carencia de activos	19	32%	40	67%
<b>F4</b>	Servicio público deficiente	11	18%	51	85%
<b>F3</b>	Excesivo ingreso de materia prima	9	15%	60	100%
		60	100%		

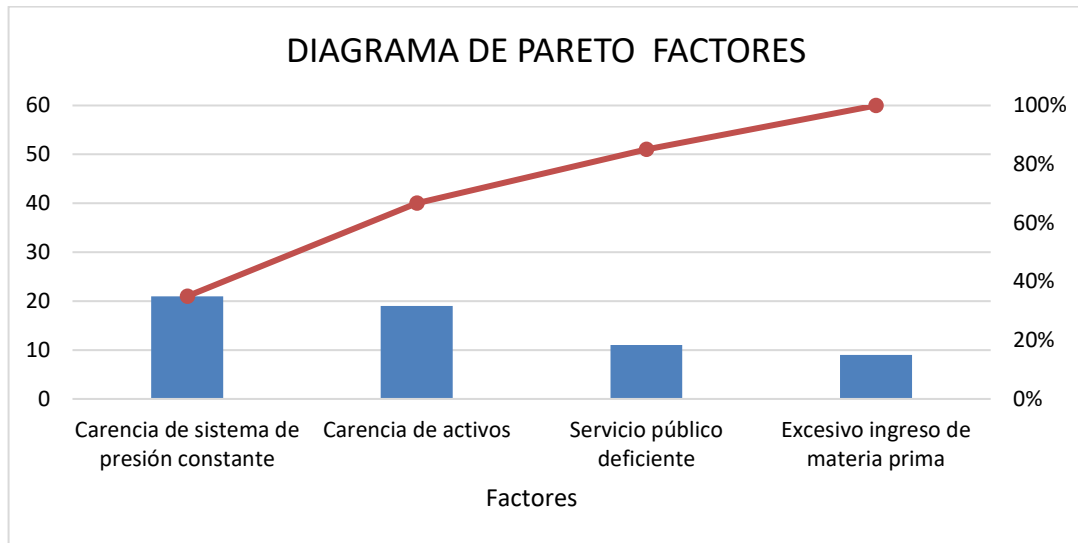
*Nota. Esta tabla muestra la elaboración de una matriz de priorización debido a una encuesta realizada para determinar los factores de un bajo caudal de agua. Elaboración Propia.*

Obteniendo los resultados de la encuesta se procede a realizar la gráfica de Pareto.



**Figura 29**

*Gráfica de Pareto*



*Nota. El gráfico de Pareto tiene como objetivo reducir las pérdidas ocasionadas por productos defectuosos mediante la aplicación del principio 80-20: el 20% de las causas es responsable del 80% de las consecuencias. Elaboración Propia.*

Al realizar el análisis se determinó que los 2 factores: carencia de presión constante y carencia de activos representan el 67% de la causa raíz del problema de caudal de agua.

Con el diagnóstico realizado se procede a la implementación del sistema de presión constante con tres bombas centrífugas controladas por variadores y plc para el incremento del caudal de agua en el proceso de lavado de fruta en la empresa Inversiones Paem S.A.C.

### **3.5 Planificación y programación del sistema de presión constante**

La planificación se destaca como una de las actividades más importantes en las organizaciones. Esta actividad tiene muchos alcances, desde la planificación lógica, estratégica y financiera. En la siguiente gráfica se demuestra las operaciones de planificación y programación de las actividades a realizar utilizando herramientas clásicas como diagramas de Gantt.

**Figura 30**

*Planificación y programación del sistema de presión constante*

INVERSIONES PAEM S.A.C.		PROGRAMACION DE PROYECTO			
Proyecto	Sistema de presión constante	Tipo	Implementación		
Planta	Lima	Ubicación	Calle Las exportaciones 151. Urb. Pro Industrial SMP		
Encargado	Miguel Mendoza Solis	Cargo	Planner de mantenimiento		
Correo	<a href="mailto:mmendoza@paemgroup.pe">mmendoza@paemgroup.pe</a>	Teléfono	982845999		

Descripción de trabajos		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
GENERAL	Formalizar trámites administrativos						
	Logística (compra de equipos, materiales, movilización de equipos)						
SISTEMA DE PRESION CONSTANTE	Instalación de línea succión						
	Suministro e instalación de electrobombas.						
	Suministro e instalación de tablero eléctrico.						
	Instalación hidráulica y mecánica de sistema de presión constante						
	Instalación eléctrica de sistema de presión constante.						
	Programación de plc y variadores.						
OTROS	Trabajos de pintura (infraestructura)						
	Levantamiento de observaciones, inspecciones						
ENTREGA DE TRABAJOS	Pruebas y puesta en marcha.						
	Entrega de trabajo.						
	Entrega de factura al 100%.						
	Entrega de informe.						

*Nota. El gráfico se observa un formato de programación para la implementación del sistema de presión constante. Elaboración Propia.*

### 3.6 Técnicas, herramientas y modelos utilizados para el proyecto

#### 3.6.1 Encuesta

La encuesta busca obtener datos de un grupo específico de personas. Se puede realizar de manera oral o escrita. En una encuesta escrita, se emplea un cuestionario; en una encuesta oral se usan guías de entrevista o grabaciones (Camacho, 2022)

#### 3.6.2 Observación

La observación desempeña un papel esencial en cualquier proceso de investigación, ya que proporciona al investigador la base para recopilar una gran cantidad de datos. Una parte significativa del cuerpo de conocimiento que conforma la ciencia ha sido adquirida a través de la práctica de la observación (Díaz, 2011)

### ***3.6.3 Diagrama de Ishikawa***

El Diagrama de Ishikawa, como una de las herramientas de calidad más efectivas y eficientes para abordar la reducción de un problema central, se convierte en un componente esencial. Facilita el análisis de los elementos que influyen en la calidad del producto o servicio a través de la identificación de relaciones causa-efecto, lo que permite revelar las razones detrás de la variabilidad. Además, ayuda a estructurar la conexión entre las causas en un contexto que puede abarcar diversos ámbitos, como en el caso de esta investigación centrada en la educación (Burgasí, Cobo, Pérez, Pilacuan, & Rocha, 2021)

### ***3.6.4 Gráfica de Pareto***

El diagrama de Pareto identifica los problemas más importantes y los que son menos relevantes. El objetivo principal es minimizar pérdidas por productos defectuosos mediante el principio 80-20 o principio de Pareto: el 20% de las causas causa el 80% de las consecuencias. Aunque no precisas, estas cifras se derivan de observaciones empíricas de Vilfredo Pareto y se respaldan por expertos en diferentes áreas (Castaño, Del Valle, Giraldo, Martínez, & Muñoz, 2020)

### ***3.6.5 Diagrama de flujo***

Un diagrama de flujo organiza y representa de manera sistemática las tareas o actividades de una organización. Estas tareas colaboran y enfocan hacia un fin común, lo que mejora la eficacia laboral (Fernández & Quintanar, 2015)

### ***3.6.6 Metodología 5S***

Las fases de la metodología 5's son eliminar, organizar, limpiar, estandarizar y disciplinar. Estos pasos se han diseñado en un orden específico para mejorar la organización, seguridad y calidad del trabajo, impulsando la productividad y competitividad mediante la mejora continua (Pérez, 2017)

**Figura 31**

*Metodología 5S*



*Nota. Fotografía de las fases de las 5S. Tomada del libro "Lean Manufacturing: paso a paso", por Socconini. 2019, p.131.*

### 3.7 Ejecución del sistema de presión constante

#### 3.7.1 Selección de electrobombas

Para la selección correcta de las electrobombas se tiene que realizar el cálculo de presión y caudal la cual se determina de la siguiente manera:

La cisterna se abastece 3 veces al día y posee las siguientes dimensiones el cual se observa en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Dimensiones de la cisterna*

Dimensiones	Metro
Ancho	5.5 m
Largo	11 m
Altura	4 m
Total	242 m <sup>3</sup>

*Nota. En la tabla se muestra las dimensiones de la cisterna. Elaboración Propia.*

El consumo aproximado por día es:

$$\text{Consumo de agua: } (5.5 \text{ m} \times 11 \text{ m} \times 4 \text{ m}) \times 3 = 726 \text{ m}^3$$

En litros es: 726 000 litros

En la tabla 7 se observa el consumo de agua con respecto a los horarios de trabajo en planta.

### **Tabla 7**

*Consumo de agua con respecto a los horarios de trabajo en planta*

Turno	Horas
Mañana	11
Noche	11
Total	22 horas

*Nota. En la table se aprecia el consumo de agua por los turnos de trabajo en la planta.*

*Elaboración Propia.*

El consumo de agua con respecto a los horarios de trabajo es de 22 horas, realizando la conversión en segundos es 79 200 s

$$\text{Entonces el caudal será determina entre } Q = \frac{726000}{79200} = 9.17 \text{ l/s}$$

Para poder determinar la presión se tomó en cuenta la altura, gravedad y el peso específico del agua. La presión se determina de la siguiente formula:

$$P = h \times g \times \rho_e$$

Donde:

$$h = 41.5 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_e = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$1\text{N} = \text{Kg m/s}^2$$

La presión de agua es:

$$P_{h_2o} = 41.5 \text{ m} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{h_2o} = 406\,700 \text{ N/m}^2$$

$$P_{h_2o} = 406\,700 \text{ Pascal} \left( \frac{145.04 \times 10^{-6}}{1 \text{ Pascal}} \right)$$

$$P_{h_2o} = 58.88 \text{ psi}$$

Obteniendo el caudal y la presión, se define que se usará 03 bombas multietapas.

En el mercado existen distintas marcas de electrobombas como Bonnet, Pedrollo Pentax, Berkeley, Hasa, Ebara, Leo Pumps, etc. En este proyecto y acorde a los requisitos solicitados se empleará la marca Ebara modelo EVMS15 6.N6Q1BEGE/11 con potencia de 15 HP a una tensión de 440 V / 60 Hz.

## Tabla 8

### Selección de bombas

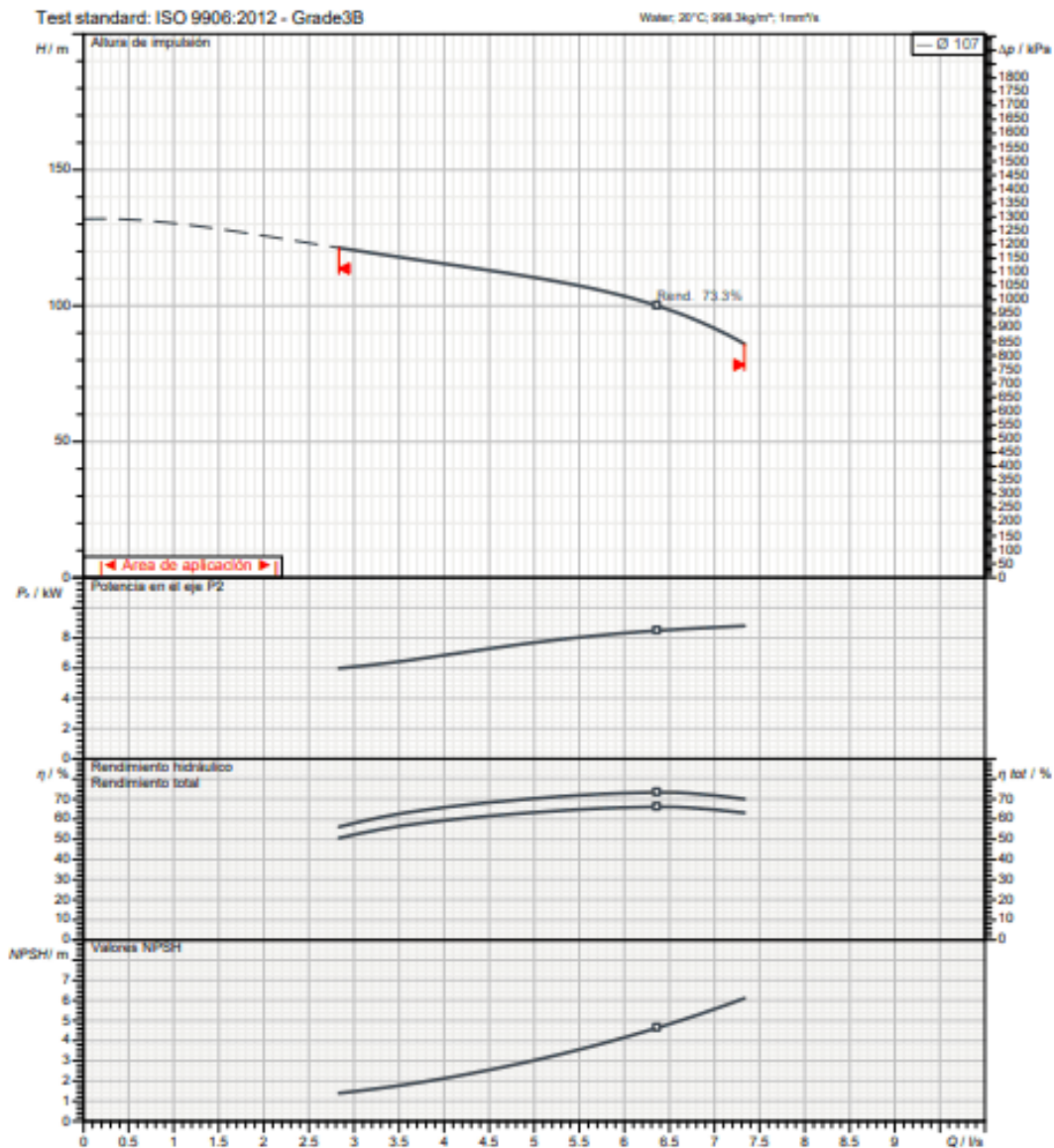
Características	Electrobombas en el mercado		
Marca	EBARA	BERKELEY	HASA
Modelo	EVMS15 6.N6Q1BEGE/11	BVM16-80- 703D	VS 42 - 3
Caudal	15 m <sup>3</sup> /h	15 m <sup>3</sup> /h	15 m <sup>3</sup> /h
Presión	16 Bar	16 Bar	16 Bar
Potencia	11 Kw / 15 HP	11 Kw / 15 HP	11 Kw / 15 HP
Tensión	440 V	440 V	440 V
Tipo	Vertical multietapa	Vertical multietapa	Vertical multietapa
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Motor	IE3	IE3	IE3
Grado de protección	IP 55	IP 55	IP 55
Clase de aislamiento	F	F	F
Costo	\$ 3,750.00	\$ 3,800.00	\$ 3,450.00

Nota. En la tabla se observa la comparativa de tres marcas de electrobombas y se seleccionó la bomba marca EBARA modelo 6.N6Q1BEGE/11. Elaboración Propia.

### 3.7.2 Curvas de rendimiento para elegir modelo de electrobomba

Para obtener el modelo preciso, se requieren las curvas de rendimiento de las electrobombas Ebara 6.N6Q1BEGE/11. Se llevará a cabo la identificación de los puntos de rendimiento. Para un buen rendimiento de bombeo, es crucial que estos puntos se alineen de forma centrada con el caudal, estando por debajo de las curvas de presión.

Figura 32 Curvas de rendimiento para electrobomba modelo.



*Nota. El gráfico presenta la curva de rendimiento de la electrobomba. Tomado de Ficha técnica de EVMS15 6.N6Q1BEGE/11. (p.2), EBARA.*

### Figura 33

*Llegada de bomba multietapa EBARA*



*Nota. En la imagen se aprecia la bomba EBARA lista para ser instalada. Elaboración propia.*

### Tabla 9

*Dimensiones de electrobomba EBARA*

Dimensiones	mm
A	∅ 350
B	259
C	180
H2	684
H3	440
Peso	[100].2 Kg

*Nota. En la siguiente tabla se aprecia las dimensiones y peso de la bomba multietapa EBARA. Elaboración propia.*



### ***3.7.3 Instalación de electrobombas en campo***

El montaje de las electrobombas se lleva a cabo en un podio de concreto de forma paralela en la sala de máquinas junto con los otros equipos como compresores, tanque de aire comprimido. Las líneas de succión de agua de la red se originan de la cisterna de almacenamiento por ende se instalarán a nivel de esta. Cabe adicionar que, al instalar las electrobombas en la sala de máquinas, estas contemplarán manifolds de succión y descarga con válvulas que servirán para la distribución del agua hacia la red.

### **Figura 34**

#### *Instalación de electrobombas EBARA*



*Nota. El gráfico se observa las electrobombas instaladas. Elaboración propia.*

### ***3.7.4 Instalación de tanque hidroneumático***

Una vez instaladas las electrobombas, se procede al montaje del tanque hidroneumático. La altura total "H", en metros de columna de agua "m.c.a.", es un dato esencial para la selección.

Conforme a lo señalado en el cálculo de la demanda, la altura es de  $H = 60$  m.c.a.

Es necesario convertir la altura dinámica total a PSI para seleccionar la capacidad adecuada del tanque hidroneumático.

1 m.c.a. = 1.42 PSI, entonces 60 m.c.a. = 85.3 PSI

Al obtener esta conversión, se concluye que la capacidad mínima necesaria es de 85.3 PSI. Se adquirirá un tanque hidroneumático de 100 PSI y 100 litros por esa razón .

### **Figura 35**

*Electrobombas instaladas con su tanque hidroneumático*



*Nota. "El gráfico presenta las electrobombas y el tanque hidroneumático instalados".*

*Elaboración propia.*

#### **3.7.5 Instalación de línea de succión**

Usar tuberías de PVC de  $\text{Ø}3''$ , válvulas de pie de  $\text{Ø}3''$  y válvulas esféricas de bronce de  $\text{Ø}3''$  para implementar la línea de succión y la entrada de agua a las electrobombas”.

**Figura 36**

*Instalación de línea de succión*



*Nota. En la imagen se aprecia la línea de succión instalada. Elaboración propia.*

### **3.7.6 Instalación de línea de descarga**

El dispositivo de medición de presión y el regulador de flujo de agua, con válvulas esféricas de Ø3” y válvulas check de Ø3” para cada electrobomba, se instala en esta línea. También se coloca el tanque hidroneumático en la línea de descarga con una tubería de Ø1”.

Después de instalar la línea de descarga, se conectará el sistema a los tubos de PVC de Ø3”.

**Figura 37**

*Instalación de línea de descarga*



*Nota. En la imagen se aprecia la línea de descarga instalada. Elaboración propia.*

### **3.7.7 Selección del sensor de control**

Para la elección del dispositivo de detección en el sistema es necesario tener en cuenta los transmisores de presión y los flotadores de nivel automáticos. Estos sensores son importantes al momento de inicio del sistema.

Durante la colocación de los sensores se tiene que supervisar el proceso de llenado de la cisterna donde se almacena el agua potable, para ello se instalará un nivel automático cuya función es indicar el nivel de agua disponible en la cisterna (ya sea nivel bajo o nivel alto). Este sensor cuenta con un contacto eléctrico el cual permite prender o apagar una bomba de agua.

#### **Figura 38**

*Flotador de nivel automático*



*Nota. La imagen muestra el flotador de nivel formado por un interruptor de plástico encapsulado que funciona como flotador, un cable eléctrico. Posee un contrapeso el cual se encarga de mantenerlo hundido y es la referencia de nivel. Elaboración propia.*

**Tabla 10**

*Características del flotador de nivel automático*

Características	Especificaciones
Longitud de cable	5 m
Grado de protección	IP 68
Temperatura de fluido máx.	50 °C
Tiempo de vida útil	máximo posible

*Nota. Esta tabla muestra las características del flotador de nivel automático. Elaboración propia.*

### **3.7.8 Selección del transmisor de presión**

Del catálogo de Danfoss 2022, se seleccionó el transmisor de presión MBS 3000. A continuación, se indican sus especificaciones técnicas:

**Figura 39**

*Transmisor de presión MBS 3000*



*Nota. El MBS 3000 es mostrado en el gráfico. Distribuidor peruano INPROCESS se especializa en procesos industriales. Su folleto técnico incluye información sobre los transmisores de presión MBS 3000 y MBS 3050 para aplicaciones industriales generales. (pág.1)*

### **Tabla 11**

*Especificaciones técnicas del transmisor de presión MBS 3000*

Especificaciones Técnicas	
Marca	Danfoss
Diseño	Compacto
Salida analógica	4...20mA
Rango ajustable	0-10bar
Tensión de alimentación	0...10Vdc
Conexión	NPT
Temperatura del fluido de control	Agua (-40 a 85°C)

*Nota. Las especificaciones técnicas del modelo MBS 3000 se presentan en esta tabla. Elaboración propia.*

#### **3.7.9 Selección del PLC**

En el mercado existen diferentes marcas, modelos y gamas de PLCs, como Siemens, Allen Bradley, Schneider. El PLC adecuado fue un módulo lógico de Schneider Electric. Controlador inteligente que dispone de ocho canales de entrada para la detección de señal de sensores y transductores y cuatro puertos de salida para varios dispositivos como luces y arrancadores de motor al mismo tiempo. También dispone de una pantalla LCD con retroiluminación LED para facilitar la configuración y el control.

**Figura 40**

*PLC Schneider SR2B121BD*



*Nota. El gráfico muestra el PLC seleccionado para el sistema de control del sistema de presión constante. Elaboración propia.*

### **3.7.10 Selección de variadores**

Los variadores de frecuencia DELTA modelo MS300 fueron elegidos por su eficiente control intuitivo, su practicidad de uso, claridad de parámetros según el manual, y tamaño compacto en los paneles eléctricos. Para comparar con otras marcas, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 12**

*Selección de variadores*

Características	Variadores		
Marca	DELTA	SCHNEIDER	ALLEN BRADLEY
Modelo	MS300	ATV320	POWER FLEX 525
Potencia	11 Kw / 15 HP	11 Kw / 15 HP	11 Kw / 15 HP
Corriente	34 A	34 A	34 A
Tensión	440 V	440 V	440 V

Margen de tensión	+/-10%	+/-10%	+/-10%
Frecuencia	60 Hz	61 Hz	62 Hz
Margen de frecuencia	+/-5%	+/-5%	+/-5%
Protección	IP20	IP20	IP20
Certificación UL	SI	SI	SI
Control PDI	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Aplicación presión cte.	SI	SI	SI
Protección sobretensión	SI	SI	SI
Protección baja tensión	SI	SI	SI
Protección sobrecorriente	SI	SI	SI
Protección fallo a tierra	SI	SI	SI
Fallo de hardware	SI	SI	SI
Fallo de ventilador	SI	SI	SI
Costo	S/ 2,761.33	S/ 1,684.82	S/ 8,081.47

*Nota. En la tabla se observa la comparativa de tres marcas de variadores y se seleccionó la marca DELTA modelo MS300. Elaboración Propia*

### **3.7.11 Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de presión constante**

A continuación, se indica el funcionamiento del sistema de presión constante mediante el diagrama de flujo:

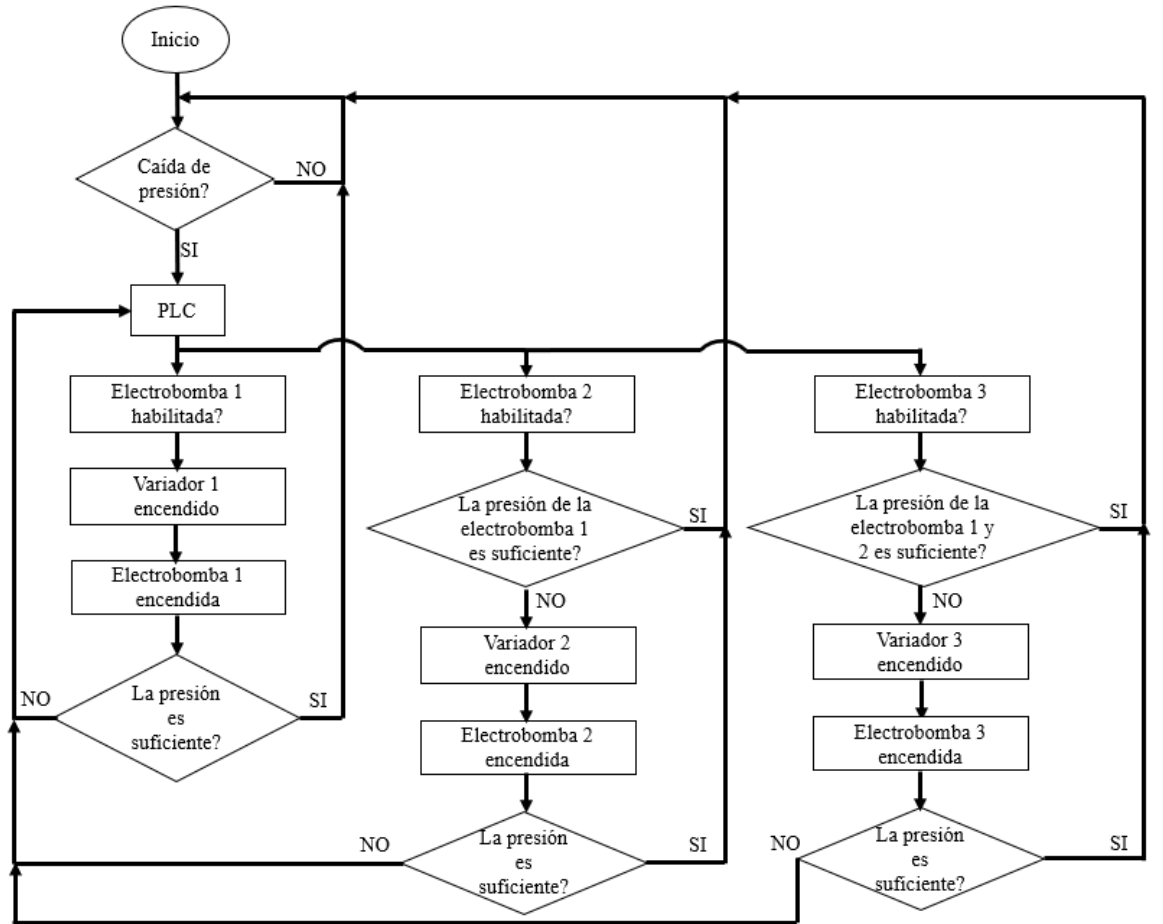
- Mantener la presión constante de agua en todo momento.
- En caso de mayor demanda, se activará la segunda bomba de agua. Se activará la tercera bomba cuando todos los puntos de agua estén abiertos.
- Las electrobombas serán controladas por los variadores para modular la velocidad respecto a la demanda en determinados momentos.
- Monitorear las horas de funcionamiento de las electrobombas con el propósito de planificar los mantenimientos preventivos.



- Supervisar y anotar todos los datos posibles del sistema como estado de las bombas, tiempo de funcionamiento de las bombas, ajustes.
- En caso de sobre presión sobre corriente, apagar el sistema.

**Figura 41**

*Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de presión constante*



*Nota. La imagen muestra el funcionamiento del sistema de presión constante mediante un diagrama de flujo el cual será llevado al software para realizar la programación.*

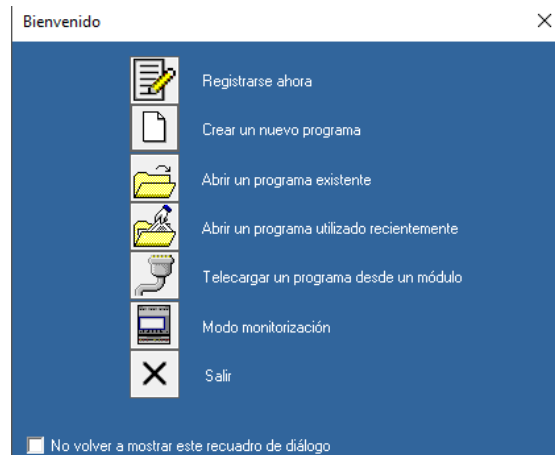
*Elaboración propia.*

### **3.7.12 Programación del sistema de presión constante**

Para el funcionamiento del sistema de presión constante se utilizó el software ZelioSoft 2, el cual nos permitirá realizar la programación y configuración del plc.

**Figura 42**

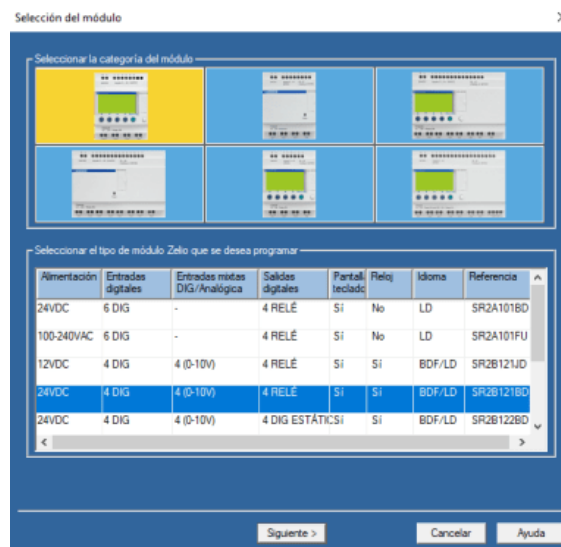
*Ingreso al software ZelioSoft 2*



*Nota. En la imagen se muestra el ingreso al programa ZelioSoft 2 donde se ira a la opción crear un nuevo programa. Elaboración propia.*

**Figura 43**

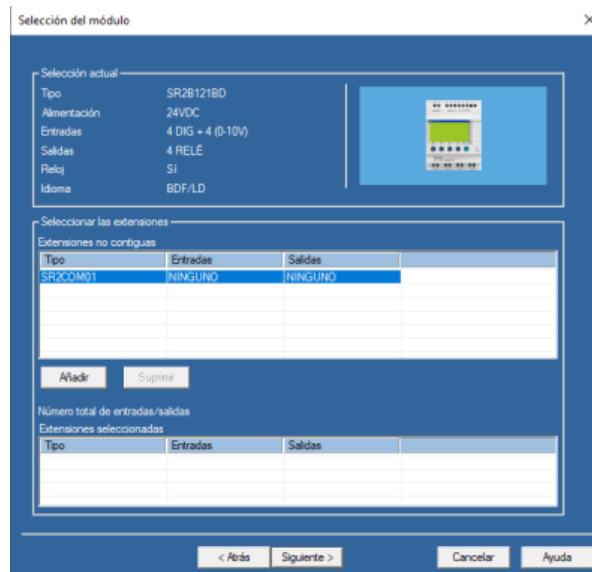
*Selección del módulo a trabajar*



*Nota. En la imagen se muestra la selección del módulo a configurar. Elaboración propia.*

**Figura 44**

*Características de la selección del módulo*



*Nota. La imagen muestra las características del módulo seleccionado a configurar.*

*Elaboración propia.*

**Figura 45** *Forma de lenguaje de programación a trabajar*



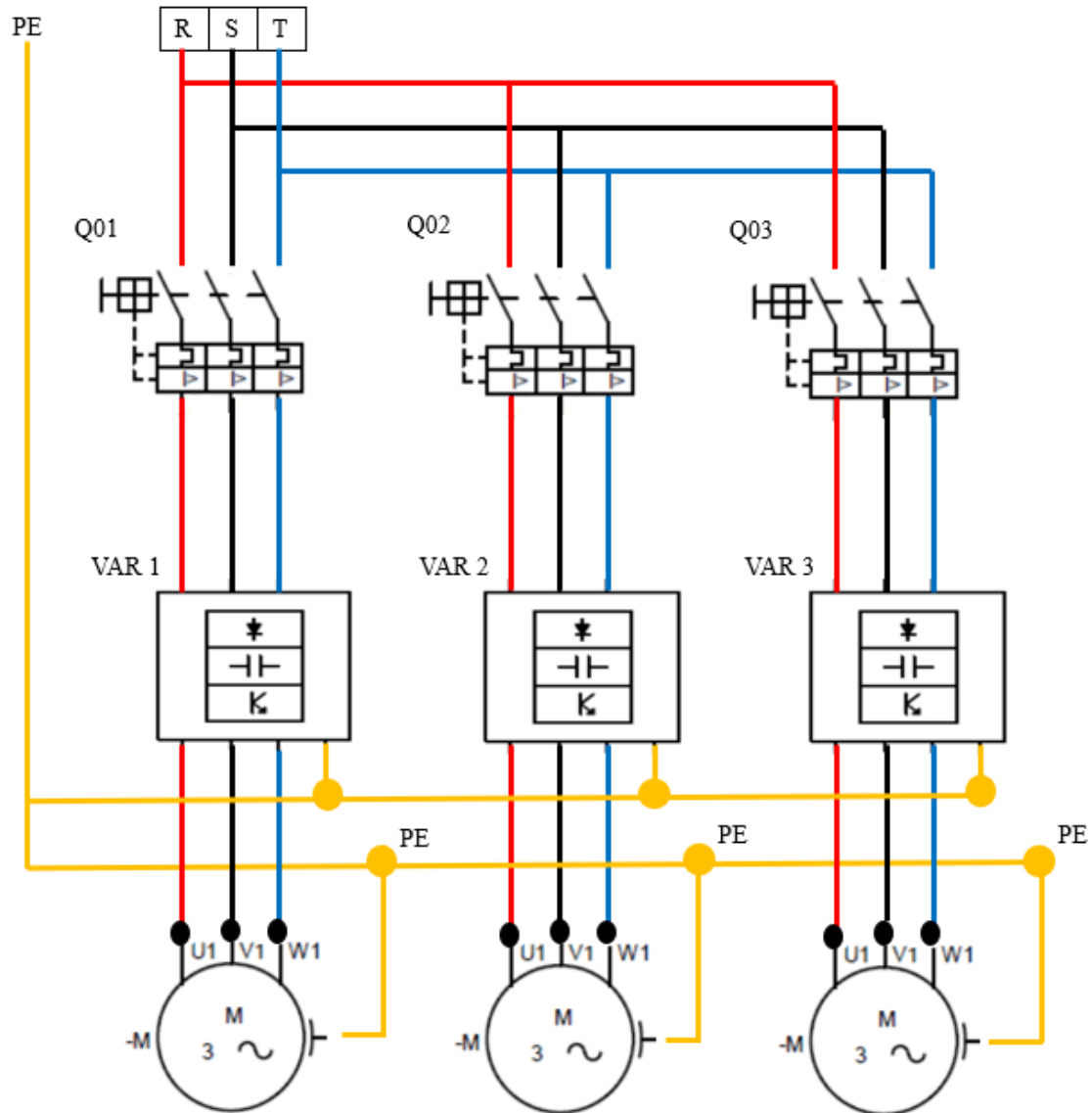
*Nota. La imagen muestra la forma del lenguaje de programación a trabajar: Ladder o BDF.*

*Elaboración propia.*

### 3.7.13 Diagrama de fuerza

**Figura 46**

Diagrama de fuerza del sistema de presión constante



*Nota. El gráfico representa el diagrama de fuerza del sistema de presión constante el cual será implementado en el tablero de fuerza. Elaboración propia.*

### 3.7.14 Selección de entradas y salidas del PLC

El plc Zelio SR2B121BD de 24 V cuenta con 2 entradas digitales, 4 entradas analógicas y 4 salidas al relé, las cuales en la tabla 12 se observa la selección de entradas y salidas.

**Tabla 13**

*Selección de entradas y salidas del PLC*

Requerimiento para la Implementación	Especificaciones
+	24 VDC
-	
I1	Salida de selector 1
I2	Salida de selector 2
I3	Salida de selector 3
IB	Transductor
IC	
ID	Contactador de variadores
Q1	Entrada de selector 1
Q2	Entrada de selector 2
Q3	Entrada de selector 3

*Nota. Esta tabla muestra las entradas y salidas del PLC Zelio. Elaboración propia.*

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Potencia y Caudal del sistema de presión constante

De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvo que la potencia en los 30 puntos de salida de agua en la planta debe ser de 60 PSI. Y el caudal de 10 l/s.

**Tabla 14**

*Cálculos obtenidos de potencia y caudal*

Resultados	Cálculos obtenidos
Potencia	60 PSI
Caudal	10 l/s

*Nota. En la siguiente tabla se muestra los resultados de los cálculos obtenidos de la potencia y el caudal para el sistema de presión constante. Elaboración Propia.*

**Figura 47**

*Proceso de lavado de fruta*



*Nota. En la siguiente figura se observa la presión de agua en el lavado de la fresa. Elaboración Propia.*

## 4.2 Electrobombas seleccionadas

De acuerdo a las necesidades de la producción se optó por las electrobombas de la marca EBARA modelo EVMS15 de 15 HP, ya que son utilizadas en distintas empresas agroindustriales.

**Tabla 15**

*Electrobombas seleccionadas*

Electrobombas seleccionadas	Especificaciones
Cantidad	3
Marca	EBARA
Modelo	EVMS15
Potencia	15 HP
Tensión	Trifásico 440 V
Caudal	15 m <sup>3</sup> /h
Presión	16 Bar

*Nota. Esta tabla muestra la elección de la marca y modelo de las tres electrobombas multietapas. Elaboración Propia.*

## 4.3 Variador seleccionado

Se escogieron los variadores de frecuencia en la marca DELTA modelo MS300, ya que es de fácil manipulación para los usuarios, la claridad de sus parámetros es evidente como se detalla en su ficha. No ocupa mucho espacio dentro del tablero eléctrico y su precio en el mercado es cómodo a comparación de otros variadores.

**Tabla 16**

*Variadores seleccionados*

Variadores seleccionados	Especificaciones
Cantidad	3
Marca	DELTA
Modelo	MS300

Potencia	15 HP
Tensión	Trifásico 440 V
Frecuencia	60 Hz
Controlador PDI	incorporado

*Nota. Esta tabla muestra la elección de la marca y modelo de los tres variadores de frecuencia. Elaboración Propia.*

#### 4.4 Datos alcanzados en las pruebas de medición

##### 4.4.1 Prueba Hidrostática

La tabla 17 presenta los resultados satisfactorios de la prueba hidrostática para validar la instalación de tuberías y accesorios sin observaciones.

**Tabla 17**

*Resultado de la prueba hidrostática*

Detalle	Presión (PSI)	Tiempo (Horas)
Tuberías y accesorios	60 PSI	4 horas

*Nota. Elaboración Propia.*

##### 4.4.2 Prueba de motores de electrobombas

En la tabla 18 se muestra las mediciones a los tres motores de las electrobombas durante la prueba de operatividad para verificar el correcto funcionamiento.

**Tabla 18**

*Resultado de la prueba de operatividad de las electrobombas*

Electrobombas	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Tensión (V)	438 V	437 V	435 V
Corriente automática (A)	21.3 A	21.1 A	21.4 A
Frecuencia (Hz)	55 Hz	55 Hz	55 Hz
Corriente manual (A)	26.6 A	26.4 A	26.8 A

*Nota. "Prueba de operatividad en las tres electrobombas EBARA"*

*Elaboración Propia.*



#### 4.4.3 Inspección eléctrica

**Tabla 19**

*Resultado de inspección eléctrica*

Detalle	Electrobombas	Tablero
Estado de conexiones eléctricas	ok	ok

*Nota. Esta tabla muestra los resultados favorables de la inspección eléctrica de las electrobombas y el tablero de control. Elaboración Propia.*

#### 4.4.4 Inspección mecánica

**Tabla 20**

*Resultado de inspección mecánica*

Detalle	Electrobomba
Estado de partes mecánicas	ok

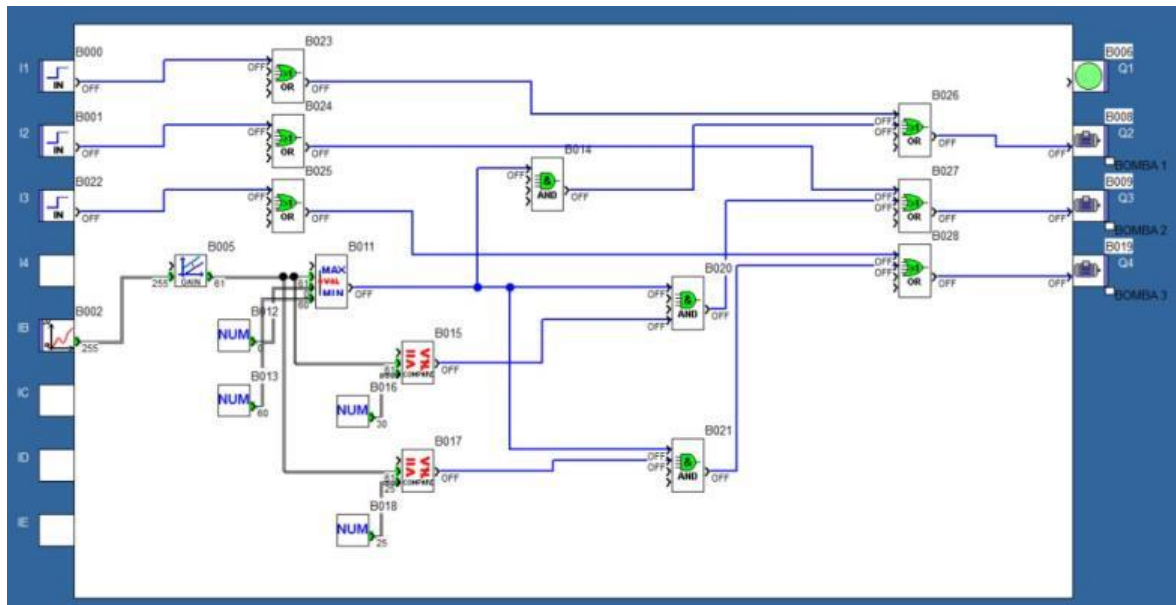
*Nota. Esta tabla muestra los resultados favorables de la inspección mecánica del estado de las tres electrobombas. Elaboración Propia.*

### 4.5 Programación del sistema en ZelioSoft 2

La programación en el software ZelioSoft 2 se realizó de manera efectiva y las pruebas respectivas no tuvieron ninguna observación, dejando satisfechos a los usuarios de cada área.

**Figura 48**

*Programación del sistema de presión constante*



*Nota. La imagen muestra la programación del sistema de presión constante para aumentar el caudal de agua en el lavado de la empresa Inversiones Paem S.A.C. Elaboración Propia.*

#### **4.6 Implementación del tablero de control**

Tras obtener los resultados positivos de las pruebas a las tres electrobombas se procede a instalar el tablero de control para dar marcha y realizar las pruebas respectivas para poder dejar operativo el sistema.

**Figura 49**

*Implementación de tablero de control*



*Nota. En la imagen se observa el tablero ya terminado con todos sus componentes eléctricos.*

*Elaboración Propia.*

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se logró determinar el cálculo del caudal y potencia para la adquisición de las electrobombas que serán implementadas el sistema de presión.

- La obtención de electrobombas que se implementaron fueron las adecuadas ya que cumplen a las curvas de rendimiento en los puntos de operación de la planta de la empresa Inversiones Paem S.A.C.

- Los variadores contribuyen en una técnica útil y eficiente de realizar variaciones a la velocidad de la electrobomba. Siendo específico, esta técnica involucra la variación de tensión y frecuencia al estator del motor logrando velocidades variables con una fuerza constante.

- Se realizó prueba hidrostática, prueba de operatividad a las electrobombas e inspecciones mecánicas y eléctricas para el correcto funcionamiento del sistema de presión constante.

- El diseño de la programación en el PLC Zelio Schneider es el adecuado ya que cumple con el funcionamiento deseado. Además, el uso del plc ofrece eficiencia y confiabilidad teniendo en cuenta la cantidad de equipos a controlar en el sistema de presión constante.

- Se implementó el tablero de fuerza con todos sus componentes eléctricos instalados obteniendo el correcto funcionamiento.

## 5.2 Recomendaciones

- Las electrobombas verticales deben estar fijadas con pernos y tuercas al piso de concreto. Para evitar las vibraciones se recomienda instalar antivibratorios entre la base de las electrobombas y el piso.

- Usar una tubería con diámetro igual o mayor al del orificio de succión de la bomba para evitar pérdida de fricción, cavitación y reducción de rendimiento.

- Realizar un análisis termográfico de los componentes eléctricos que se encuentran en el tablero eléctrico ya que se podrá detectar sobrecalentamientos anticipando posibles fallas evitando el mal funcionamiento del sistema de presión constante.

- Recomendamos hacer un plan de mantenimiento para evaluar las electrobombas, tuberías, llaves, válvulas y componentes del tablero eléctrico del sistema de presión constante. .

## Referencias

- Abri g , J. C. (Diciembre de 2003). *Control Industrial Sistema de control: Controlador en cascada*. Obtenido de Revista Electro Instrustria:  
<https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=106&ni=sistema-de-control-de-bombas-controlador-en-cascada>
-  lvarez, M. (2000). *CONVERTIDORES DE FRECUENCIA, CONTROLADORES DE MOTORES Y SSR*. Bacerlona (España): Marcombo, S.A.
- Burgas , D., Cobo, D., Pérez, K., Pilacuan, R., & Rocha, M. (2021). EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACION: UNA REVISION DE LOS ULTIMOS 7 AÑOS. *Revista electrónica TAMBARA*, ISSN 2588-0977. Edición 14, No. 84, 1213.
- Camacho, N. (2022). *IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN LOGÍSTICA Y SU INFLUENCIA EN EL NIVEL DE SERVICIO AL CLIENTE EN LA EMPRESA UNIMAQ*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Privada del Norte.
- Castaño, J., Del Valle, T., Giraldo, J., Martínez, M., & Muñoz, B. (2020). *Diagrama de Pareto*. Santiago de Cali: Tecnología e Informática Institución Educativa Licco Departamental.
- Chero, A. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad de Piura.
- Cinthy , O. (27 de enero de 2022). * Qu  es un tanque hidroneumático y como funciona?* Obtenido de Carbotecnia 2022 FiltraShop - Tienda en línea de filtros de agua y purificadores: <https://filtrashop.com/que-es-un-tanque-hidroneumatico-y-como-funciona/>

Del Pozo, G. (25 de setiembre de 2020). *Sistema de presión constante: ¿Cómo funciona y qué ventajas tiene?* Obtenido de MASTERSI:

<https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/113-sistema-de-presion-constante-como-funciona-y-que-ventajas-tiene>

Díaz, L. (2011). *Textos de apoyo didáctico*. México: Departamento de Publicaciones FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

EEL. (2018). *Manual de optimización de sistema de bombeo*. Eficiencia Energética Industrial en Colombia.

Fernández, C., & Quintanar, J. (2015). *Reducciones temporales para convertir la sintaxis abstracta del diagrama de flujo de tareas no estructurado al álgebra de tareas*. Guadalajara, México: ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica, núm.4.

Gualancañay, D., & Jaguanco, H. (2017). *Diseño de un sistema de bombeo para almacenamiento de agua de riego en los sectores de Chan Chico y Tiobamba de la parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Hernández, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicación y simulación con MATLAB Primera Edición*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

INDUCOM. (2023). *Funcionamiento y aplicaciones de las bombas multietapas*. INDUCOM Soluciones Industriales.

Lizarraga, J. (2017). *Mejora tecnológica para el aumento de vida útil en bombas centrífugas*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- Molina, D., Cedeño, J., Marcillo, K., Mero, E., Ortiz, M., & Merchán, F. (2109). *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza-aprendizaje de electrónica (Primera Edición)*. Manabí, Ecuador: 3Ciencias Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Mora, M. (2016). *Selección de bombas para la extracción de aguas subterráneas en pozos profundos*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Ortega-Gaucín, D. (2012). *Hidrometría Básica: Aplicada a la Operación de Distritos y Unidades de Riego*. Mexico: México: Instituto del Agua del Estado de Nuevo León.  
Obtenido de  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RWCUCTNeOYAC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Hidrometr%C3%ADa+b%C3%A1sica+aplicada+a+la+operaci%C3%B3n+de+distritos+y+unidades+de+riego&ots=RDil7eq4de&sig=i3WO896jlpYEFoT4wOTMO- aukXY#v=onepage&q&f=false>
- Pacheco, J. (2015). *Estudio de un sistema de control multibombas para un hotel utilizando un modelo de optimización energética*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Pahuara, F. (2020). *Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para el suministro de agua potable en edificio Torres Paz*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Tecnológica del Perú.
- Pahuara, F. (2020). *Diseño e implementación de sistema automatizado en cuarto de bombas para suministro de agua potable en edificio Torres Paz*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Tecnológica del Perú.



- Perez, M., Perez, A., & Perez, E. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo*. [Tesis de Licenciatura]: Universidad Nacional de San Juan.
- Pérez, V. (2017). Metodología dinámica para la implementación de 5's en el área de producción de las organizaciones. *Revista Ciencias Estratégicas*, 414.
- Resnick, R., Halliday, D., & S. Krane, K. (1977). *Física Vol.1 Cuarta Edición (Tercera en Español)*. USA: Continental.
- Schneider. (2017). *Zelio Logic Módulo Lógico Manual de Usuario*.
- Varela, A., & Monroy, M. (2015). Cavitación en los sistemas de bombeo. *Letas ConCiencia TecnoLógica*, 56.
- WIKA. (2023). *Sensores de presión*. Obtenido de WIKA CHILE S.P.A.:  
<https://www.wika.cl/>

## ANEXOS

### ANEXO N° 1. Ficha técnica del PLC

## Ficha técnica del producto

Especificaciones



**Relé inteligente compacto Zelio Logic - 12 E S - 24 V CC – 8 entradas - 4 salidas - con reloj -- visor**

SR2B121BD

Principal	
Gama de producto	Zelio Logic
Tipo de producto o componente	Relés inteligente compacto
Complementario	
Visualización local	Donde
Número de líneas de esquema de control	0...240 con capacidad de sujeción: Ladder programac 0...500 con capacidad de sujeción: FBD programac
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de backup	10 años en 25 °C
Deriv. reloj	12 min/año en 0...55 °C 6 síms en 25 °C
Comprobaciones	Memoria de programa en cada inicialización
[Us] tensión de alimentación nominal	24 V CC
Limites tensión alimentación	19.2...30 V
Corriente de alimentación	100 mA - tipo de cable: sin extensión)
Potencia disipada en W	3 W sin extensión
Protección contra inversión de polaridad	Con
De pie conducto	8 acordes a ENIEC 61131-2 tipo 1
Tipo de entrada digital	Resistivo
Voltaje entrada	24 V CC
Corriente de entrada discreta	4 mA
Frecuencia de contaje	1 kHz para entrada digital
Estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR >= 15 V para IB...IG usado como circuito de entrada digital
Estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR <= 5 V para IB...IG usado como circuito de entrada digital
Corriente estado 1 garantizada	>= 1,2 mA - tipo de cable: IB...IG usado como circuito de entrada digital >= 2,2 mA - tipo de cable: circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR)
Corriente estado 0 granatizada	<= 0,5 mA - tipo de cable: IB...IG usado como circuito de entrada digital <= 0,75 mA - tipo de cable: circuito de entrada digital I1...IA y IH...IR)
Fase marcador	PIIP de sensores de proximidad de 3 hilos para entrada digital

06/07/2022
UNIVERSIDAD Previda del Norte
1

*Nota. Obtenido de Ficha técnica del producto Relé inteligente compacto Zelio Logic – 12 E S - 24 V CC – 8 entradas - 4 salidad - con reloj - - visor SR2B121BD, 2022, Schneider Electric.*

Número de entrada analógica	4
Tipo de entrada analógica	Modo común
Rango de entrada analógica	0...10 V 0...0,24 V
Tipo de sonda de temperatura	NTC 10k en 25 °C NTC 1000k en 25 °C KTY81 210/220/221/222/250 Pt 500
Tensión máxima admisible	30 V para circuito entrada analógica
Resolución de entrada analógica	8 bits
Clip-en las cubiertas	39 mV para circuito entrada analógica
Tiempo conversión	Tempo de ciclo de relés inteligente para circuito entrada analógica
Error de conversión	+/- 5 % en 25 °C para circuito entrada analógica +/- 6,2 % en 55 °C para circuito entrada analógica
Precisión de repetición	+/- 2 % en 55 °C para circuito entrada analógica
Distancia de funcionamiento	10 m entre estaciones, con cable blindado (sensores no aislado) para circuito entrada analógica
Tapa de conexiones trasero	12 kOhm para IB...IG usado como circuito de entrada analógica 12 kOhm para IB...IG usado como circuito de entrada digital 7,4 kOhm para circuito de entrada digital IH...IA y IH...IR
Número de salidas	4 relé
Límites de tensión de salida	24...0,250 V AC - tipo de cable: salida del relé) 5...0,30 V CC - tipo de cable: salida del relé)
Tipo de contactos y composición	NA para salida del relé
Corriente térmica de salida	8 A para as 4 salidas para salida del relé
Durabilidad eléctrica	AC-12, estado 1 500000 ciclos en 230 V, 1,5 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 AC-15, estado 1 500000 ciclos en 230 V, 0,9 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 DC-12, estado 1 500000 ciclos en 24 V, 1,5 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1 DC-13, estado 1 500000 ciclos en 24 V, 0,6 A para salida del relé acorde a EN/IEC 60947-5-1
Capacidad de conmutación en mA	>= 10 mA en 12 V - tipo de cable: salida del relé)
Rango de operación en hz	0,1 Hz - tipo de cable: a lo) para salida del relé 10 Hz - tipo de cable: sin carga) para salida del relé
Durabilidad mecánica	10000000 ciclos para salida del relé
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV acorde a EN/IEC 60947-1 y EN/IEC 60664-1
Reloj	Donde
Tiempo respuesta	10 ms - tipo de cable: de estado 0 a estado 1) para salida del relé 5 ms - tipo de cable: de estado 1 a estado 0) para salida del relé
Conexiones - terminales	Terminales de tornillo, 1 x 0,2...1 x 2,5 mm <sup>2</sup> - tipo de cable: AWG 25...AWG 14) semi-sólido Terminales de tornillo, 1 x 0,2...1 x 2,5 mm <sup>2</sup> - tipo de cable: AWG 25...AWG 14) sólido Terminales de tornillo, 1 x 0,25...1 x 2,5 mm <sup>2</sup> - tipo de cable: AWG 24...AWG 14) Flexible con terminal Terminales de tornillo, 2 x 0,2...2 x 1,5 mm <sup>2</sup> - tipo de cable: AWG 24...AWG 16) sólido Terminales de tornillo, 2 x 0,25...2 x 0,75 mm <sup>2</sup> - tipo de cable: AWG 24...AWG 19) Flexible con terminal
Par de apriete	0,5 N.m
Categoría de sobretensión	III acorde a EN/IEC 60664-1
Peso del producto	0,25 kg
<b>Entorno</b>	
Inmunizado a microcortes	1 ms
Certificaciones de producto	GL CSA UL GOST C-Tick
Normas	EN/IEC 61000-4-12

Nota. Obtenido de Ficha técnica del producto Relé inteligente compacto Zelio Logic – 12 ES - 24 V CC – 8 entradas - 4 salidas - con reloj - - visor SR2B121BD, 2022, Schneider Electric.

ENIEC 61000-4-4 nivel 3  
ENIEC 61000-4-5  
ENIEC 61000-4-11  
ENIEC 61000-4-2 nivel 3  
ENIEC 60068-2-6 Fc  
ENIEC 61000-4-6 nivel 3  
ENIEC 60068-2-27 Ea  
ENIEC 61000-4-3

<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a IEC 60529 - tipo de cable: bloque de terminales) IP40 acorde a IEC 60529 - tipo de cable: panel frontal)
<b>Características ambientales</b>	Directiva EMC acorde a ENIEC 61000-6-2 Directiva EMC acorde a ENIEC 61000-6-3 Directiva EMC acorde a ENIEC 61000-6-4 Directiva EMC acorde a ENIEC 61131-2 zona B Directiva bajo voltaje acorde a ENIEC 61131-2
<b>6 mm inserto cuadrado hembra</b>	Clase B acorde a EN 55022-11 grupo 1
<b>Grado de contaminación</b>	2 acorde a ENIEC 61131-2
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-20... 40 °C em involucro no ventilado acorde a IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2 -20... 55 °C acorde a IEC 60068-2-1 y IEC 60068-2-2
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40... 70 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	2000 m
<b>Maximum altitude transport</b>	3048 m
<b>Humedad relativa</b>	95 % sin condensación o goteo de agua

#### Unidades de embalaje

<b>Tipo de Unidad de Paquete 1</b>	PCE
<b>Número de Unidades en el Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Peso</b>	239.0 g
<b>Paquete 1 Altura</b>	6.8 cm
<b>Paquete 1 ancho</b>	8.8 cm
<b>Paquete 1 Largo</b>	10 cm
<b>Tipo de Unidad de Paquete 2</b>	S03
<b>Número de Unidades en el Paquete 2</b>	30
<b>Paquete 2 Peso</b>	7.685 kg
<b>Paquete 2 Altura</b>	30 cm
<b>Paquete 2 Ancho</b>	30 cm
<b>Paquete 2 Largo</b>	40 cm

#### Sostenibilidad de la oferta

<b>Estado de oferta sostenible</b>	Producto Green Premium
<b>Reglamento REACH</b>	<a href="#">Declaración de REACH</a>
<b>Directiva RoHS UE</b>	Cumplimiento proactivo (producto fuera del alcance de la normativa RoHS UE) <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
<b>Sin mercurio</b>	Sí
<b>Información sobre exenciones de RoHS</b>	Sí
<b>Normativa de RoHS China</b>	<a href="#">Declaración RoHS China</a>
<b>Comunicación ambiental</b>	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
<b>Perfil de circularidad</b>	<a href="#">Información de fin de vida útil</a>

06/07/2022

Live On 

3

*Nota. Obtenido de Ficha técnica del producto Relé inteligente compacto Zelio Logic – 12  
E S - 24 V CC – 8 entradas - 4 salidad - con reloj - - visor SR2B121BD, 2022, Schneider  
Electric.*

RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Sin PVC	Si
<b>Garantía contractual</b>	
Periodo de garantía	18 months



*Nota. Obtenido de Ficha técnica del producto Relé inteligente compacto Zelio Logic – 12  
E S - 24 V CC – 8 entradas - 4 salidas - con reloj - - visor SR2B121BD, 2022, Schneider  
Electric.*

ANEXO N° 2. *Ficha técnica del variador*

## Specifications

### Product Specifications

Single-phase 115V		Models w/o Built-in EMC Filter		
Frame		A		C
Applicable Motor Output (kW)		0.2		0.75
Applicable Motor Output (HP)		1/4		1
Inverter Output	Heavy Duty	Rated Output Current (A)		4.8
	Normal Duty	Rated Output Current (A)		5.5
Input	Rated Voltage/Frequency		1-Phase AC 100V~120V (-15%~+10%), 50/60Hz	
	Mains Input Voltage Range		85~132V	
	Mains Frequency Range		47~63Hz	
Carrier Frequency (kHz)		2~15 (default 4)		
Brake Chopper		Built-in		
DC Reactor		Optional		
AC Reactor		Optional		
Cooling Method		Natural air cooling		Fan cooling
Size: WxH (mm)		68x128		87x157
Size: D (mm)		96	125	152

Single-phase 230V		Models with Built-in EMC Filter				
Frame		B			C	
Applicable Motor Output (kW)		0.2	0.4	0.75	1.5	2.2
Applicable Motor Output (HP)		1/4	1/2	1	2	3
Inverter Output	Heavy Duty	Rated Output Current (A)		4.8	7.5	11
	Normal Duty	Rated Output Current (A)		5	8.5	12.5
Input	Rated Voltage/Frequency		1-Phase AC 200V~240V (-15%~+10%), 50/60Hz			
	Mains Input Voltage Range		170~265V			
	Mains Frequency Range		47~63Hz			
Carrier Frequency (kHz)		2~15 (default 4)				
Brake Chopper		Built-in				
DC Reactor		Optional				
AC Reactor		Optional				
Cooling Method		Natural air cooling	Fan cooling			
Size: WxH (mm)		72x142			87x157	
Size: D (mm)		159			179	
		Models w/o an EMC Filter				
Frame		A		B	C	
Cooling Method		Natural air cooling			Fan cooling	
Size: WxH (mm)		68x128	68x128	72x142	87x157	
Size: D (mm)		96	125	143	152	

*Nota. Obtenido de Automation for a Changing World Standard Compact Drive MS300 Series, DELTA.*

3-phase 230 V		Models w/o Built-in EMC Filter											
Frame		A		B		C		D		E		F	
Applicable Motor Output (kW)		0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7/4	5.5	7.5	11	15		
Applicable Motor Output (HP)		1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20		
Inverter Output	Heavy Duty	Rated Output Current (A)											
	Normal Duty	1.6	2.8	4.8	7.5	11	17	25	33	49	65		
Input	Rated Voltage/Frequency		3-Phase AC 200 V ~ 240 V (-15% ~ +10%), 50/60 Hz										
	Mains Input Voltage Range		170 ~ 265 V										
	Mains Frequency Range		47 ~ 63 Hz										
Carrier Frequency (kHz)		2 ~ 15 (default 4)											
Brake Chopper		Built-in											
DC Reactor		Optional											
AC Reactor		Optional											
Cooling Method		Natural air cooling				Fan cooling							
Size: W x H (mm)		68x128		72x142		87x157		109x207		130x250		175x300	
Size: D (mm)		96	110	143	143	152	154	185	192				

3-phase 460 V		Models with Built-in EMC Filter											
Frame		B		C		D		E		F			
Applicable Motor Output (kW)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7/4	5.5	7.5	11	15	18.5	22	
Applicable Motor Output (HP)		1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	25	30	
Inverter Output	Heavy Duty	Rated Output Current (A)											
	Normal Duty	1.5	2.7	4.2	5.5	9	13	17	25	32	38	45	
Input	Rated Voltage/Frequency		3-Phase AC 380 V ~ 480 V (-15% ~ +10%), 50/60 Hz										
	Mains Input Voltage Range		323 ~ 528 V										
	Mains Frequency Range		47 ~ 63 Hz										
Carrier Frequency (kHz)		2 ~ 15 (default 4)											
Brake Chopper		Built-in											
DC Reactor		Optional											
AC Reactor		Optional											
Cooling Method		Fan cooling											
Size: W x H (mm)		72x142		87x157		109x207		130x250		175x300			
Size: D (mm)		159		179		187		219		244			
Frame		A		B		C		D		E		F	
Cooling Method		Natural air cooling				Fan cooling							
Size: W x H (mm)		68x128		72x142		87x157		109x207		130x250		175x300	
Size: D (mm)		129	143	143	152	154	185	192					

Nota. Obtenido de Automation for a Changing World Standard Compact Drive MS300 Series, DELTA.

## General Specifications and Accessories

Control Functions	Control Methods	V/F, SVC, FOC Sensorless
	Applicant Motors	Induction motors (IM), interior permanent magnet (IPM) motors, and surface permanent magnet (SPM) motors
	Max. Output Frequency	Standard model: 599.00Hz/High speed model: 1500.0Hz (with derating, V/F control only)
	Starting Torque*	150%/3Hz (V/f, SVC control for IM, heavy duty) 100%/(1/20 of motor rated frequency) (SVC control for PM, heavy duty) 200%/0.5Hz (FOC Sensorless control for IM, heavy duty)
	Speed Control Range*	1:50 (V/f, SVC control for IM, heavy duty) 1:20 (SVC control for PM, heavy duty) 1:100 (FOC Sensorless control for IM, heavy duty)
	Overload Tolerance	Normal Duty (ND): 120% of rated output current for 60 seconds; 150% of rated output current for 3 seconds Heavy Duty (HD): 150% of rated output current for 60 seconds; 200% of rated output current for 3 seconds
	Frequency Setting Signal	0~+10V/-10V~+10V, 4~20mA/0~+10V, 1 pulse input (33kHz), 1 pulse output (33kHz)
Protection Functions	Main Control Functions	Multiple motor switches (max. 4 independent motor parameter settings), fast run, Deceleration Energy Back (DEB) function, wobble frequency function, fast deceleration function, master and auxiliary frequency source selectable, momentary power loss ride thru, speed search, over-torque detection, 16-step speed (max.), accel/decel time switch, S-curve accel/decel, 3-wire sequence, JOG frequency, upper/lower limits for frequency reference, DC injection braking at start and stop, PID control, built-in PLC (2k steps), simple positioning function, Modbus integrated as standard
	Motor Protection	Overcurrent protection, overvoltage protection, over-temperature protection, phase failure protection
Accessories	Stall Prevention	Stall prevention during acceleration, deceleration and running independently
	Communication Cards	PROFIBUS DP, DeviceNet, Modbus TCP, EtherNet/IP, CANopen, EtherCAT
	External DC power supply	EMM-BPS01 (DC 24V power supply card)
Digital Controller		A removable keypad as standard
Certifications		UL, CE, RoHS, RCM, TUV, REACH

\*Control accuracy may vary depending on the environment, application conditions, different motors or encoder. For details, please contact our company or your local distributor.

## MS300 Operating Environment

Operating Environment	Installation Location	IEC60364-1/IEC60664-1 Pollution degree 2, Indoor use only		
	Ambient Temperature (°C)	Operation	IP20/UL Open Type	-20 to 50 -20 to 60 (needs derating)
			IP40/NEMA 1/UL Type 1	-20 to 40
			Zero stacking Installation	-20 to 50 (needs derating)
		Storage	-40 to 85	
	Rated Humidity	Transportation	-20 to 70	
		Operation	Max. 90%	
	Air Pressure (kPa)	Storage/Transportation	Max. 95%	
		Operation	86 ~ 106	
	Pollution Level	Storage/Transportation	70 ~ 106	
Altitude		Compliance to IEC60721-3-3, 3C2		
Altitude		An altitude of 0 ~ 1000m for normal operation (derating is required for installation at an altitude above 1000m)		
Vibration		Compliance to IEC 60068-2-6		
Shock		Compliance to IEC/EN 60068-2-27		

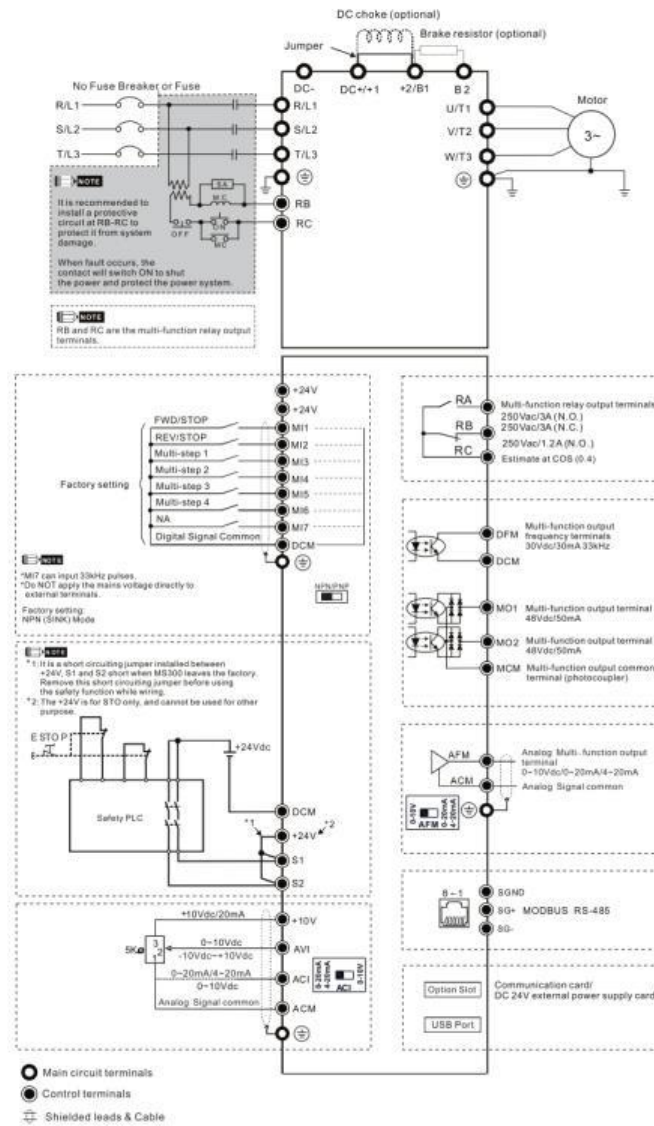
Please refer to MS300 user manual for more details.

*Nota. Obtenido de Automation for a Changing World Standard Compact Drive MS300 Series, DELTA.*



## Wiring

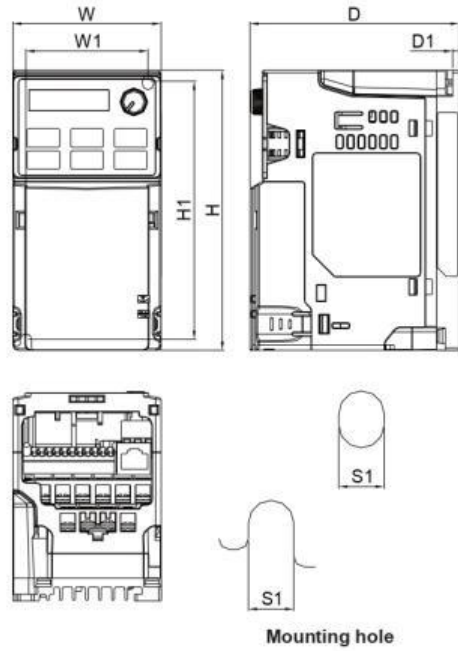
Input: Single-phase/3-phase power



Nota. Obtenido de Automation for a Changing World Standard Compact Drive MS300 Series, DELTA.

## Dimensions

Frame A



Mounting hole

MODEL	FRAME A2	FRAME A3	FRAME A4	FRAME A5
FRAME A1				
VFD1A6MS11ANSAA	VFD2A8MS23ANSAA	VFD2A5MS11ANSAA	VFD1A5MS43ANSAA	VFD4A8MS23ANSAA
VFD1A6MS11ENSAA	VFD2A8MS23ENSAA	VFD2A5MS11ENSAA	VFD1A5MS43ENSAA	VFD4A8MS23ENSAA
VFD1A6MS21ANSAA		VFD2A8MS21ANSAA		VFD2A7MS43ANSAA
VFD1A6MS21ENSAA		VFD2A8MS21ENSAA		VFD2A7MS43ENSAA
VFD1A6MS23ANSAA				
VFD1A6MS23ENSAA				

Frame	W	H	D	W1	H1	D1	S1	
A1	mm	68.0	128.0	96.0	56.0	118.0	3.0	5.2
	inch	2.68	5.04	3.78	2.20	4.65	0.12	0.20
A2	mm	68.0	128.0	110.0	56.0	118.0	3.0	5.2
	inch	2.68	5.04	4.33	2.20	4.65	0.12	0.20
A3	mm	68.0	128.0	125.0	56.0	118.0	3.0	5.2
	inch	2.68	5.04	4.92	2.20	4.65	0.12	0.20

Frame	W	H	D	W1	H1	D1	S1	
A4	mm	68.0	128.0	129.0	56.0	118.0	3.0	5.2
	inch	2.68	5.04	5.08	2.20	4.65	0.12	0.20
A5	mm	68.0	128.0	143.0	56.0	118.0	3.0	5.2
	inch	2.68	5.04	5.63	2.20	4.65	0.12	0.20

Nota. Obtenido de Automation for a Changing World Standard Compact Drive MS300

Series, DELTA.

ANEXO N° 3. Ficha técnica de bomba centrífuga

**Technical Data**

Pump Name

EVMS15 6.N6Q1BEGE/11

Cilente	Fecha 16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.	Issued by
Teléfono	Proyecto	Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto	Correo electrónico

**Datos solicitados**

1	Tipo	BOMBA VERTICAL MULTI ETAPAS	Fluido	Water
2	Número de bombas / Reserva	1 / 0	Temperatura del fluido	°C 20
3	Caudal	l/s	Viscosidad cinemática	mm²/s 1.005
4	Altura de impulsión	m	Presión de vapor	kPa 2.34
5	Altura geodésica	m	Valor PH	
6	Presión de entrada (pin)	kPa 0	Densidad	kg/m³ 998.3
7	NPSH - valor de la instalación		Sólidos	Weight % 0
8	Temperatura ambiente	°C 20		

**Bomba**

9	Pump Name	EVMS15 6 N6Q1BEGE/11	Frecuencia	Hz 60
10	Diseño	BOMBA VERTICAL MULTI ETAPAS	Instalación	Oval flange (STANDARD)
11	Fabricante	EBARA	Rodete	Máx. mm 107
12	Velocidad	1/min 3515	Diámetro	Diseñado mm 107
13	No. of Stage	6		Mín. mm 107
14	Conexión Lado aspiración		Caudal	Operating l/s
15	Conexión Lado impulsión			Max- l/s 7.33
16	Max. Working Pressure	kPa 1600		Min- l/s 2.83
17	Shut-off head	kPa 1292.17	Altura de impulsión	Operating m
18	Peso total	kg See the table of "Dimensiones".		-(Qmax.) m 85.9
19	Potencia absorbida	kW		-(Qmin.) m 121.3
20			Potencia del eje a máx.	kW 8.80
21	NPSH requerido (bomba)	m	Efficiency	%

**Materiales**

22	Impeller	AISI 304		
23	Intermediate casing	AISI 304		
24	Bottom casing	AISI 304		
25	Shaft	AISI 304		
26	O-ring	EPDM		
27				

**Motor**

28	Fabricante	ETM	Clase de aislamiento	F
29	Tipo	TEFC_EVMS15 6/116_380_Three Phase	Fases	3~
30	Ejecución	IE3 / 60 Hz / Pares de polos 1	Tamaño de construcción	160
31	Potencia	kW 11	Peso	kg 62.5
32	N° de polos	2	Tensión eléctrica	V 380
33	Velocidad	1/min 3535	Corriente eléctrica	A 20.3
34	Grado de protección	IP 55		
35				

**Remarks**



Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

## Performance Curve

Pump Name

EVMS15 6.N6Q1BEGE/11

Cliente	Fecha 16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.	Issued by
Teléfono	Proyecto	Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto	Correo electrónico

### Datos solicitados

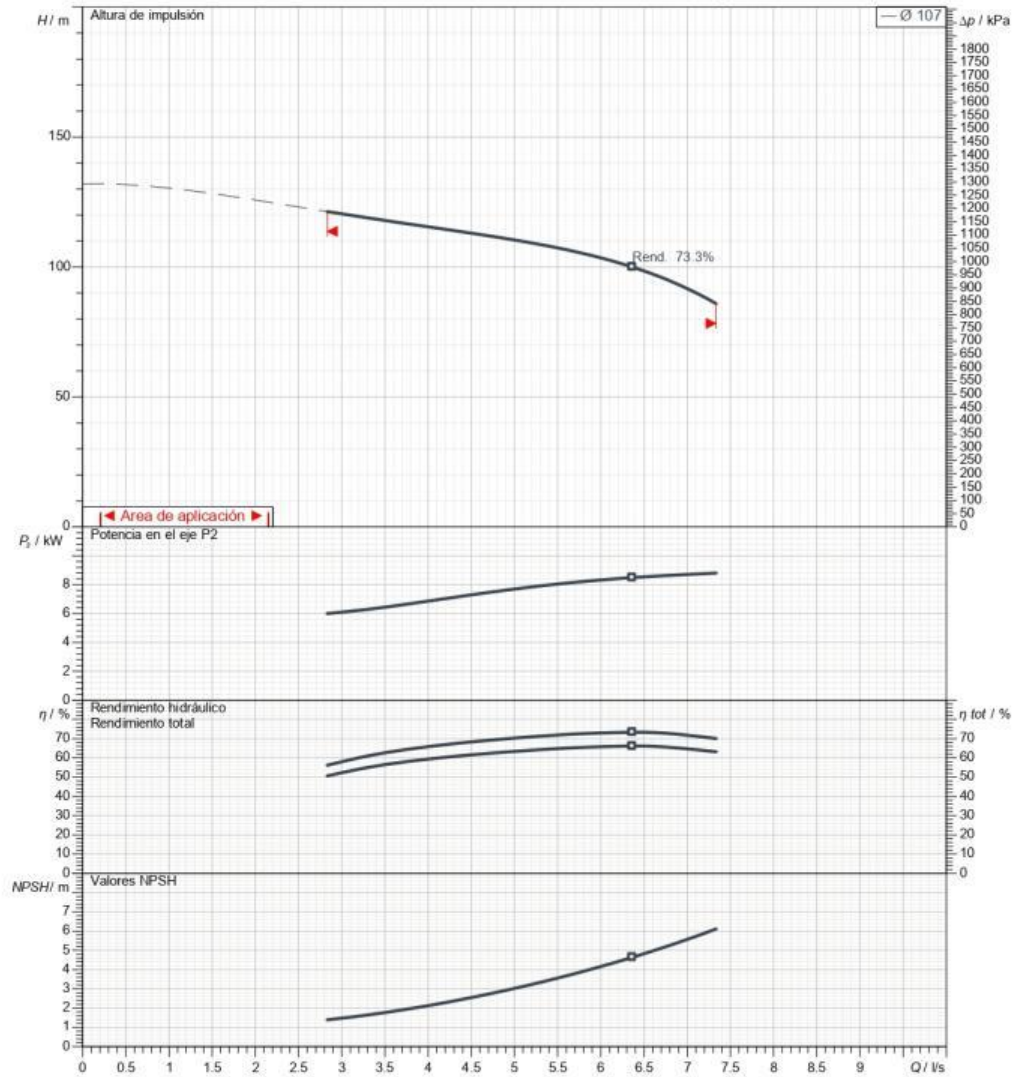
1	Caudal	l/s	
2	Altura de impulsión	m	
3	Altura geodésica	m	

### Bomba

Operating Flow	l/s	Frecuencia	Hz	60
Operating Head	m	N° de pobs		2
Díámetro del impulsor diseñado	mm	Velocidad	1/min	3515

Test standard: ISO 9906:2012 - Grade3B

Water; 20°C; 998.3kg/m³; 1mm²/s

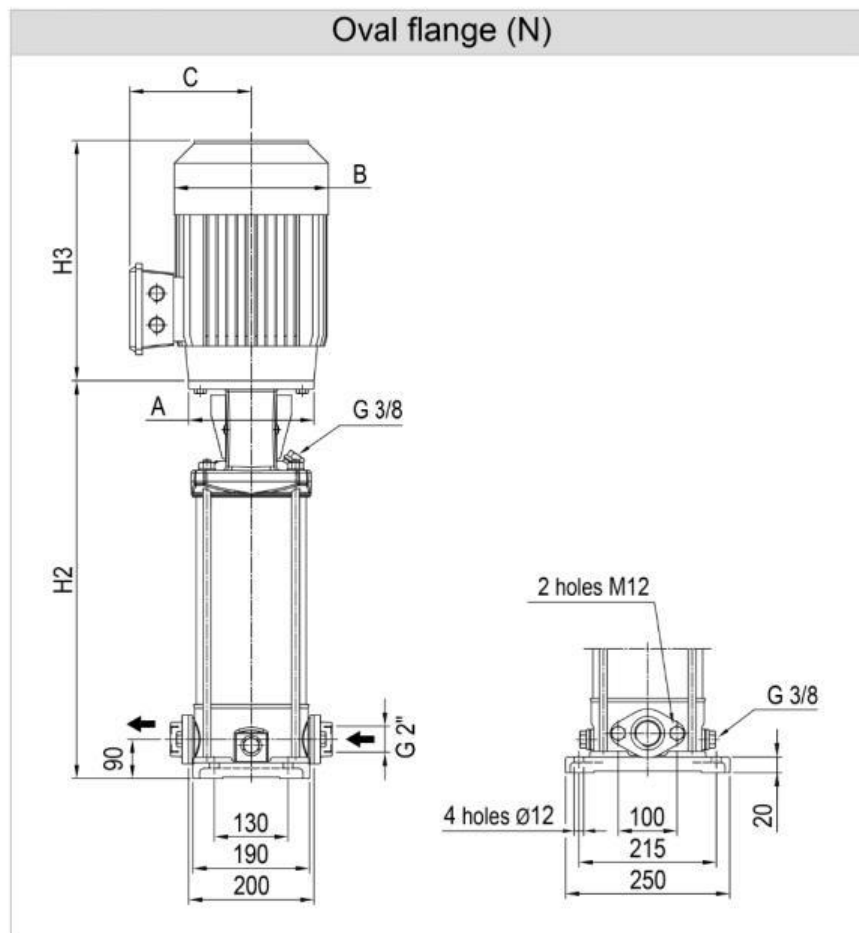


Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

## Dimensiones

Nombre de la bomba: EVMS15 6.N6Q1BEGE/11

Cliente	Fecha	16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.		Issued by
Teléfono	Proyecto		Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto		Correo electrónico



Dimensiones	mm						
1	A	Dia 350					
2	B	259					
3	C	180					
4	H2	684					
5	H3	440					
6	Weight P&M	[100] 2 kg					
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



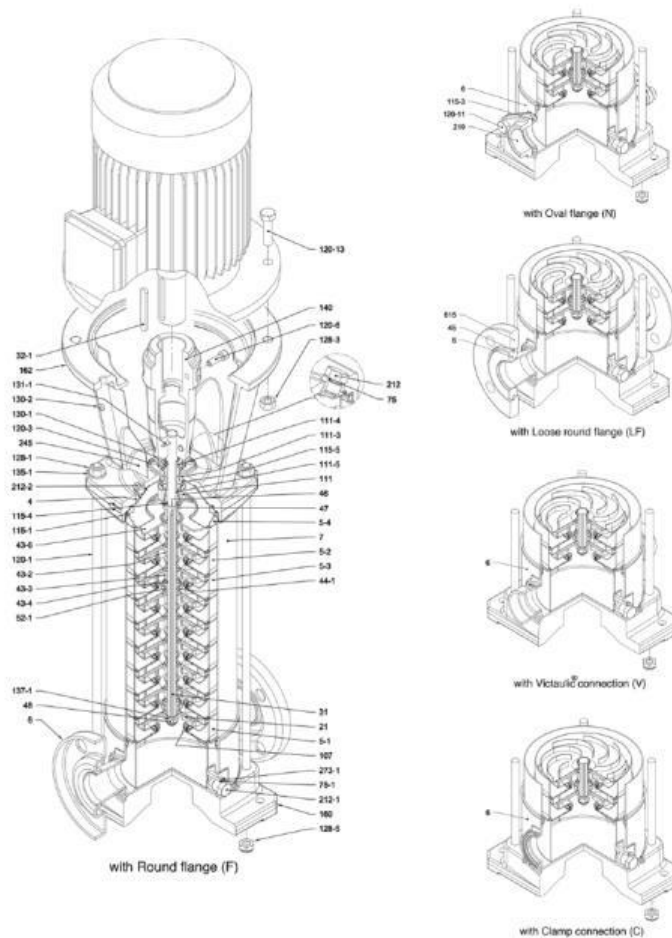
Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

(1/4)

**Construcción**

Nombre de la bomba: **EVMS15 6.N6Q1BEGE/11**

Cliente	Fecha 16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.	Issued by
Teléfono	Proyecto	Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto	Correo electrónico



Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

(2/4)

## Construcción

Nombre de la bomba EVMS15 6.N6Q1BEGE/11

Cliente	Fecha	16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.		Issued by
Teléfono	Proyecto		Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto		Correo electrónico

N°	PART NAME	MATERIAL		DIMENSIONS	STANDARD
		EVMS	EVMSL		
4	Casing cover	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
5-1	Suction casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
5-2	Intermediate casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
5-3	Intermediate casing with bearing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
5-4	Discharge casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
6	Bottom casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
7	Outer casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
21	Impeller	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
31	Shaft	EN 1.4301 (AISI 304) - EN 1.4462 (AISI 329A)	EN 1.4404 (AISI 316L) - EN 1.4462 (AISI 329A)		
32-1	Adjuster key	EN 1.4301 (AISI 304)			
43-2	Shaft sleeve (intermediate)	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
43-3	Shaft sleeve (bearing)	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
43-4	Shaft sleeve (adjustment)	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
43-6	Washer	EN 1.4404 (AISI 316L)		Ø26x2.5	
44-1	Shaft sleeve bearing	Tungsten carbide			
45	Flange holder	EN 1.4301 (AISI 304)			
46	Ring (mechanical seal)	EN 1.4404 (AISI 316L)			
47	Ring holder	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
48	Impeller nut	EN 1.4301 (AISI 304) with inox insert	EN 1.4401 (AISI 316) with inox insert	M10	
52-1	Sleeve bearing	Tungsten carbide			
76	O-Ring (priming plug)	EPDM / FPM *		Ø12.37x2.62	OR 3050
75-1	O-Ring (drainage plug)	EPDM / FPM *			
107	Liner ring	EN 1.4301 (AISI 304) + PPS	EN 1.4404 (AISI 316L) + PPS		
111	Mechanical seal	... **			
111-3	Mechanical seal seal	EN 1.4308 (ASTM CF8)	EN 1.4408 (ASTM CF8M)		
111-4	Seal holder	EN 1.4301 (AISI 304)			
111-5	Mechanical seal cartridge sleeve	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
115-1	O-Ring (outer casing)	EPDM / FPM *		Ø164.46x5.34	OR 6945
115-3	O-Ring	EPDM / FPM *			
115-4	O-Ring (cartridge sleeve)	EPDM / FPM *		Ø15.89x2.62	OR 4063
115-5	O-Ring (seal flange)	EPDM / FPM *		Ø37.77x2.62	OR 4175
120-1	Tie-rod	EN 1.4057 (AISI 431)		M12	
120-3	Screw (seal flange)	A2-70		M5x12	ISO 4762
120-6	Screw (pump coupling)	up to 4.0 kW	Galvanized steel	M6x25	ISO 4762
		from 5.5 kW to 7.5 kW		M8x20	ISO 4762
		above 11 kW		M10x30	ISO 4762
120-11	Screw (counterflange)	A2-70			
120-13	Screw for motor	MEC 80	Galvanized steel B 8 strength class ISO 898/1	M6x20	ISO 4017
		MEC 90-100-112		M8x20	ISO 4017
		MEC 132		M12x40	ISO 4017
		MEC 160		M16x50	ISO 4017
128-1	Nut (tie rod)	A2-70		M12	ISO 4032
128-3	Nut (motor)	MEC 132	Galvanized steel	M12	ISO 4032
				MEC 160	M16
128-5	Nut (tie rod)	A2-70		M12	UNI 7474
128-6	Nut (aluminum coupling)	MEC 71-80-90-100-112	Galvanized steel	M6	ISO 4032
130-1	Set screw	EN 1.4301 (AISI 304)		M5x8	ISO 4026
130-2	Screw for coupling guard	A2-70		M5x6	UNI 7887
131-1	Pin for shaft	Carbon Steel		Ø5x35	ISO 2338
135-1	Washer (tie rod)	EN 1.4301 (AISI 304)		Ø13x24x2.5	ISO 7089
135-6	Washer (aluminum coupling)	Carbon Steel		Ø6	
137-1	Impeller spacer	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
140	Coupling	Die cast Aluminum EN AB-AISI11 Cu2 (Fe)			
160	Base	Cast Iron			
162	Motor bracket	Die cast Aluminum EN AB-AISI11 Cu2 (Fe)			
212	Motor bracket	Cast iron EN-GJL-250			
212	Priming plug	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)	G 3/8	
212-1	Drainage plug	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)	G 3/8	
212-2	Venting plug	EN 1.4404 (AISI 316L)			
219	Counter flange	flange type: N	EN 1.4308 (ASTM CF8)	EN 1.4408 (ASTM CF8M)	
		flange type: LF-F-V-C	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)	
245	Coupling guard	EN 1.4301 (AISI 304)			
273-1	Washer (drainage plug)	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)		
Ø15	Flange	Carbon Steel			

\* EPDM (standard)  
FPM (option)

\*\* see CONSTRUCTION 4/4



Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

(3/4)

**Construcción**

Nombre de la bomba: **EVMS15 6.N6Q1BEGE/11**

Cliente	Fecha	16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.		Issued by
Teléfono	Proyecto		Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto		Correo electrónico

Pump Type	N°																															
	4	5-1	52	53	54	6	7	21	31**	32-1	402	433	434	436	441	46*	47	48	52-1	75	75-1	107	111	113	114	115	115-1	115-2	115-3	115-4	115-5	
EVMS(L)15 1/1.1	1	1	/	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 2/2.2	1	1	/	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 3/3.0	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 4/4.0	1	1	2	1	1	1	1	4	1	1	5	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 5/5.5	1	1	3	1	1	1	1	5	1	1	7	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	5	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 6/5.5	1	1	4	1	1	1	1	6	1	1	9	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	1	2	6	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 7/7.5	1	1	4	2	1	1	1	7	1	1	9	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	7	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 8/7.5	1	1	5	2	1	1	1	8	1	1	11	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	8	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 9/11	1	1	6	2	1	1	1	9	1	1	13	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	9	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 10/11	1	1	7	2	1	1	1	10	1	1	15	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	10	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 11/11	1	1	8	2	1	1	1	11	1	1	17	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	11	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 12/11	1	1	9	2	1	1	1	12	1	1	19	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	12	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 13/11	1	1	10	2	1	1	1	13	1	1	21	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	13	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 15/15	1	1	12	2	1	1	1	15	1	1	25	2	2	2	2	2	4	2	1	1	2	1	2	15	1	1	1	1	2	2	1	1
EVMS(L)15 17/15	1	1	13	3	1	1	1	17	1	1	27	2	3	3	3	3	4	2	1	1	3	1	2	17	1	1	1	1	2	2	1	1

Pump Type	N°																									
	120-1	120-3	120-6	120-11*	120-13	128-1	128-3	128-5	128-6	130-1	130-2	131-1	135-1	135-6	137-1	140	160	162	212	212-1	212-2	219*	265	273-1	615**	
EVMS(L)15 1/1.1	4	4	4	4	4	4	/	4	4	3	4	1	4	4	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2
EVMS(L)15 2/2.2	4	4	4	4	4	4	/	4	4	3	4	1	4	4	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	
EVMS(L)15 3/3.0	4	4	4	4	4	4	/	4	4	3	4	1	4	4	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	
EVMS(L)15 4/4.0	4	4	4	4	4	4	/	4	4	3	4	1	4	4	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	
EVMS(L)15 5/5.5	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 6/5.5	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 7/7.5	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 8/7.5	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 9/11	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 10/11	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 11/11	4	4	4	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2		
EVMS(L)15 12/11	4	4	4	/	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	2	1	/	2	2	2		
EVMS(L)15 13/11	4	4	4	/	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	2	1	/	2	2	2		
EVMS(L)15 15/15	4	4	4	/	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	2	1	/	2	2	2		
EVMS(L)15 17/15	4	4	4	/	4	4	4	/	3	4	1	4	/	1	2	1	1	1	2	1	/	2	2	2		

\* only for Oval flange (N)  
 \*\* only for Loose round flange (LF)  
 \*\* shaft in EN 1.4462 (AISI 329A)  
 128-6 / 135-6: with Aluminium coupling



Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

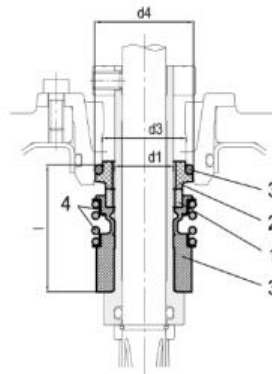


(4/4)

## Construcción

Nombre de la bomba: EVMS15 6.N6Q1BEGE/11

Cliente	Fecha	16/02/2022	Empresa
Contacto	Ref.		Issued by
Teléfono	Proyecto		Teléfono
Correo electrónico	ID proyecto		Correo electrónico



● : Standard

Pump model	Max operating pressure	Max operating temperature	Shaft seal type		Shaft seal material					Type key			
			Cartridge		1		2		3		4		
			Unbalanced	Balanced	Rotating Part	Code	Stationary Part	Code	Elastomers		Code	Compression spring	Collar
up to 16 bar	-30°C to +120°C	●			SiC	(Q1)	Carbon	(B)	EPDM	(E)	ANSI 316	(G)	Q1BEG

Max operating pressure	d1 [mm]	d2 [mm]	d3 [mm]	d4 [mm]	l [mm]
16 bar	20	-	29	35	37.5



Nota. Ficha técnica EVMS15 6.N6Q1BEGE/11, EBARA.

ANEXO N° 4. *Ficha técnica del transmisor de presión MBS 300*



El transmisor de presión compacto MBS 3000 ha sido diseñado para el uso en casi todas las aplicaciones industriales, y proporciona una medida de la presión fiable incluso en las condiciones ambientales más severas.

El transmisor de presión compacto de alto rendimiento MBS 3050 cuenta con amortiguador de pulsos integrado, ha sido diseñado para el uso en aplicaciones hidráulicas en las que el medio causa efectos severos, como cavitación, golpes de ariete o picos de presión, y proporciona una medida de la presión fiable incluso en las condiciones ambientales más severas.

Esta flexible gama de transmisores de presión cubre diferentes señales de salida e incluye versiones con referencia de presión absoluta y relativa y rangos de medida comprendidos entre 0 – 1 y 0 – 600 bar. Ponemos a su disposición una amplia variedad de conexiones de presión y eléctricas.

Su excelente estabilidad ante vibraciones, estructura robusta y alto nivel de protección EMC/EMI permiten a este transmisor de presión cumplir los requisitos industriales más exigentes.

**Características**

- Diseño específico para el uso en entornos industriales e hidráulicos severos
- Resistente a efectos de cavitación, golpe de ariete y picos de presión (MBS 3050)
- Carcasa y partes en contacto con el medio fabricadas en acero inoxidable resistente a los ácidos (AISI 316L)
- Rangos de presión con referencia relativa o absoluta (de 0 a 600 bar)
- Todas las señales de salida estándar:  
4 – 20 mA, 0 – 5 V, 1 – 5 V, 1 – 6 V,  
0 – 10 V y 1 – 10 V
- Gran variedad de conexiones de presión y eléctricas disponibles
- Compensación de temperatura y calibración por láser
- Apto para el uso en atmósferas explosivas pertenecientes a la Zona 2

Distribuidor del Perú  
**INPROCESS**  
Especialistas en procesos industriales

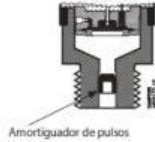
Industrial Process / Jr. Van Gogh N° 237 San Borja, Lima - Perú  
Central: 640-1666 / ventas@inprocess.com.pe/ www.inprocess.com.pe

*Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.*



Folleto técnico | Transmisor de presión para aplicaciones industriales generales, MBS 3000 y MBS 3050

Condiciones ambientales y del medio para MBS 3050



Aplicación

Los sistemas hidráulicos que experimentan cambios en la velocidad de caudal (como los que tienen lugar al cerrar rápidamente una válvula o cuando una bomba arranca o se detiene) sufren efectos de cavitación, golpe de ariete y picos de presión. Son problemas que pueden tener lugar a la entrada o a la salida, incluso con presiones de trabajo muy reducidas.

Condiciones del medio

Los líquidos que contienen partículas pueden obstruir la boquilla. Instalar el transmisor en posición vertical minimiza el riesgo de obstrucción, ya que el paso a través de la boquilla se limita al periodo de tiempo comprendido entre el arranque y el momento en que se llena el volumen muerto situado tras el orificio de la boquilla. La viscosidad del medio apenas afecta al tiempo de respuesta. Incluso con viscosidades de hasta 100 cSt, el tiempo de respuesta no supera los 4 ms.

Datos técnicos

Rendimiento (EN 60770)

Precisión (considerando no linealidad, histéresis y repetibilidad)	$\leq \pm 0,5\%$ FS (tip.)
	$\leq \pm 1\%$ FS (máx.)
No linealidad, BFSI (conformidad)	$\leq \pm 0,2\%$ FS
Histéresis y repetibilidad	$\leq \pm 0,1\%$ FS
Desplazamiento del punto cero térmico	$\leq \pm 0,1\%$ FS/10 K (tip.)
	$\leq \pm 0,2\%$ FS/10 K (máx.)
Desplazamiento de la sensibilidad térmica (intervalo)	$\leq \pm 0,1\%$ FS/10 K (tip.)
	$\leq \pm 0,2\%$ FS/10 K (máx.)
Tiempo de respuesta	Líquidos con viscosidad < 100 cSt
	Aire y gases (MBS 3050)
	< 4 ms
	< 35 ms
Presión de sobrecarga (estática)	6 x FS (1500 bar, máx.)
Presión de rotura	6 x FS (2000 bar, máx.)
Durabilidad, P: 10 – 90 % FS	> 10 x 10 <sup>6</sup> ciclos

Especificaciones eléctricas

Señal de salida nom. (con protección contra cortocircuito)	4 – 20 mA	0 – 5, 1 – 5 y 1 – 6 V	0 – 10 V y 1 – 10 V
Tensión de alimentación (U <sub>s</sub> ), con protección de polaridad	9 – 32 V	9 – 30 V	15 – 30 V
Alimentación (consumo de corriente)	–	$\leq 5$ mA	$\leq 8$ mA
Dependencia de la tensión de alimentación	–	$\leq \pm 0,1\%$ FS/10 V	
Límite de corriente	28 mA (tip.)	–	
Impedancia de salida	–	< 25 k $\Omega$	
Carga (R <sub>L</sub> ) (carga conectada a 0 V)	R <sub>L</sub> $\leq$ (U <sub>s</sub> - 9 V)/0,02 A	R <sub>L</sub> $\geq$ 10 k $\Omega$	R <sub>L</sub> $\geq$ 15 k $\Omega$

Distribuidor del Perú  
**INPROCESS**  
 Especialistas en procesos industriales

Industrial Process / Jr. Van Gogh N° 237 San Borja, Lima - Perú  
 Central: 640-1666 / ventas@inprocess.com.pe/ www.inprocess.com.pe

Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.



Folleto técnico | Transmisor de presión para aplicaciones industriales generales, MBS 3000 y MBS 3050

**Datos técnicos**  
(continuación)

**Condiciones ambientales**

Rango de temperatura del sensor		Normal ATEX Zona 2	-40 – 85 °C -10 – 85 °C
Rango de temperatura del medio			115 – (0,35 x temp. ambiente)
Rango de temperatura ambiente (dependiendo de la conexión eléctrica)			Consulte la página 6
Rango de compensación de temperatura			0 – 80 °C
Rango de temperatura de transporte/almacenamiento			-50 – 85 °C
EMC (emisión)			EN 61000-6-3
EMC (inmunidad)			EN 61000-6-2
Resistencia de aislamiento			> 100 MΩ a 100 V
Prueba de frecuencia de red			Según SBN 361503
Estabilidad ante vibraciones	Sinusoidal	15,9 mm-pp, 5 Hz – 25 Hz 20 g, 25 Hz – 2 kHz	IEC 60068-2-6
	Aleatoria	7,5 g <sub>rms</sub> , 5 Hz – 1 kHz	IEC 60068-2-64
Resistencia a impactos	Impacto	500 g/1 ms	IEC 60068-2-27
	Caida libre	1 m	IEC 60068-2-32
Protección (dependiendo de la conexión eléctrica)			Consulte la página 6

**Atmósferas explosivas**

Aplicaciones en Zona 2		EN 60079-0 y EN 60079-15
------------------------	---	--------------------------

Cuando se usa en áreas ATEX zona 2, a temperaturas <-10 °C, el cable y conector deben protegerse contra impactos.

**Características mecánicas**

Materiales	Piezas en contacto con el medio	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316L)
	Carcasa	EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316L)
	Conexiones eléctricas	Consulte la página 6
Peso neto (dependiendo de la conexión de presión y la conexión eléctrica)		0,2 – 0,3 kg

Distribuidor del Perú  
**INPROCESS**  
Especialistas en procesos industriales

Industrial Process / Jr. Van Gogh N° 237 San Borja, Lima - Perú  
Central: 640-1666 / ventas@inprocess.com.pe/ www.inprocess.com.pe

*Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.*



Folleto técnico | Transmisor de presión para aplicaciones industriales generales, MBS 3000 y MBS 3050

Pedidos

MBS 30..

Estándar	0 0
Con amortiguador de pulsos	5 0

**Measuring range**

0 - 1 bar	10
0 - 1,6 bar	12
0 - 2,5 bar	14
0 - 4 bar	16
0 - 6 bar	18
0 - 10 bar	20
0 - 16 bar	22
0 - 25 bar	24
0 - 40 bar	26
0 - 60 bar	28
0 - 100 bar	30
0 - 160 bar	32
0 - 250 bar	34
0 - 400 bar	36
0 - 600 bar	38

**Referencia de presión**

Relativa	1	1
Absoluta	2	2

**Material de junta / junta tórica**

0	Sin junta de estanqueidad
2	Junta de estanqueidad, NBR -40 - 85 °C
4	Junta tórica, NBR -40 - 85 °C

**Conexión de presión**

AB04	G 1/4 A (EN 837) (sólo MBS 3000)
AB06	G 3/8 A (EN 837) (sólo MBS 3000)
AB08	G 1/2 A (EN 837)
AC04	1/4 - 18 NPT
AC08	1/2 - 14 NPT (sólo MBS 3000)
GB04	DIN 3852-E-G 1/4, junta: DIN 3869-14 NBR
FA09	DIN 3852-E-M14 x 1,5, Junta: DIN3869-14-NBR (sólo MBS 3050)

**Conexión eléctrica**

Las cifras hacen referencia al conector y la configuración estándar de los terminales (consulte la página 5)

A1	Conector Pg 9 (EN 175 301-803-A)
A2	* Conector, AMP Econoseal, serie J, macho, sin conector hembra
A3	Cable apantallado, 2 m
E3	* Conector, EN 60947-5-2, M12 x 1,4 terminales macho, sin conector hembra
A8	* Conector, AMP Superseal, serie 1,5, macho, sin conector hembra

**Señal de salida**

1	4 - 20 mA
2	0 - 5 V
3	1 - 5 V
4	1 - 6 V
5	0 - 10 V
7	1 - 10 V

Versiones preferidas

\*) Las versiones con referencia de presión relativa sólo están disponibles con versión sellada (manométrica)

Pueden elegirse combinaciones no estándar como resultado de esta tabla de especificaciones. No obstante, puede que el pedido deba cumplir un número mínimo de unidades. Póngase en contacto con su distribuidor de Danfoss si desea obtener más información.

Distribuidor del Perú

Especialistas en procesos industriales

Industrial Process / Jr. Van Gogh N° 237 San Borja, Lima - Perú  
 Central: 640-1666 / ventas@inprocess.com.pe/ www.inprocess.com.pe

Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.

Dimensiones/combinaciones

Código	A1	A2	A3	E3	A8		
	EN 175301-803-A, Pg 9	AMP Econoseal	Cable apartallado de 2 m	EN 60947-5-2 M12 x 1,4 terminales	AMP Superseal		
	G 1/4 A (EN 837)	G 3/8 A (EN 837)	G 1/2 A (EN 837)	1/4 - 18 NPT	1/2 - 14 NPT	DIN 3852-E-G 1/4 Junta: DIN 3869-14-NBR	DIN 3852-E-M14 x 1,5 Junta: DIN 3869-14-NBR
Código	AB04	AB06	AB08	AC04	AC08	GB04	FA09
Par recomendado *)	30 - 35 N·m	30 - 35 N·m	30 - 35 N·m	2 - 3 vueltas después de apretar manualmente	2 - 3 vueltas después de apretar manualmente	30 - 35 N·m	30 - 35 N·m

\*) Depende de diferentes parámetros, como el material de la junta, el material de contacto, la lubricación de la rosca y el nivel de presión

*Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.*

**Conexiones eléctricas**

Código	A1	A2	A3	E3	A8
	EN 175301-803-A, Pg 9	AMP Econoseal, serie J (macho)	Cable apantallado de 2 m	EN 60947-5-2 M12 x 1, 4 terminales	AMP Superseal, serie 1,5 (macho)
Temperatura ambiente	-40 – 85 °C	-40 – 85 °C	-30 – 85 °C	-25 – 85 °C	-40 – 85 °C
Protección (grado de protección IP satisfecho en conjunto con el conector correspondiente)	IP65	IP67	IP67	IP67	IP67
Material	Poliamida rellena de vidrio, PA 6,6	Poliamida rellena de vidrio, PA 6,6 <sup>1)</sup>	Cable de poliolefina con tubo de compresión de PE	Latón chapado en níquel, CuZn/Ni	Poliamida rellena de vidrio, PA 6,6 <sup>1)</sup>
Conexión eléctrica, salida de 4 – 20 mA (2 cables)	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación Terminal 3: no se usa  Tierra: conectada a la carcasa del transmisor de presión MBS	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación Terminal 3: no se usa	Cable marrón: + alimentación Cable negro: + alimentación Cable rojo: no se usa Naranja: no se usa Pantalla: no conectada a la carcasa del transmisor de presión MBS	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: no se usa Terminal 3: no se usa Terminal 4: + alimentación	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación Terminal 3: no se usa
Conexión eléctrica, salida de 0 – 5 V, 1 – 5 V, 1 – 6 V, 0 – 10 V o 1 – 10 V	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación/común Terminal 3: + salida  Tierra: conectada a la carcasa del transmisor de presión MBS	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación/común Terminal 3: + salida	Cable marrón: + salida Cable negro: + alimentación Cable rojo: + alimentación Naranja: no se usa Pantalla: no conectada a la carcasa del transmisor de presión MBS	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: no se usa Terminal 3: + salida Terminal 4: + alimentación/común	Terminal 1: + alimentación Terminal 2: + alimentación/común Terminal 3: + salida

<sup>1)</sup> Conector hembra: poliéster relleno de vidrio, PBT

<sup>2)</sup> Cable: PTFE (teflón); funda de protección: malla de PBT (poliéster)

Distribuidor del Perú

**INPROCESS**  
Especialistas en procesos industriales

Industrial Process / Jr. Van Gogh N° 237 San Borja, Lima - Perú  
Central: 640-1666 / ventas@inprocess.com.pe/ www.inprocess.com.pe

*Nota. Obtenido de Folleto técnico Transmisor de presión para aplicaciones generales industriales MBS 3000 Y MBS 3050, Distribuidor del Perú INPROCESS Especialistas en procesos Industriales.*

ANEXO N° 5. *Encuesta*

<b>ENCUESTA</b>						
<b>AREA</b>	Mantenimiento					
<b>PROBLEMA</b>	Bajo caudal de agua					
Factor	Preguntas respecto a que se debe el bajo caudal de agua	Calificación				
		1	2	3	4	5
F1	Carencia de activos					
F2	Carencia de sistema de presión constante					
F3	Excesivo ingreso de materia prima					
F4	Servicio público deficiente					

Puntaje	Descripción
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy Bueno
5	Excelente

*Leyenda: Marca con una X*

*Nota. Elaboración propia*



## ANEXO N° 6. Costo de ejecución de la implementación del sistema de presión en la empresa

Categoría	Item	Sistema de presión constante con tres bombas centrífugas controladas por variadores y plc para el incremento del caudal de agua en el proceso de lavado de fruta	UM	CANT.	P. Unit. USD	P. Total USD
Activos	1	Electrobomba multietápica vertical de acero inox. Marca EBARA. Modelo Motor EBARA. Potencia: 15 HP. Amperaje: 18.5. Velocidad: 3535 rpm. Eficiencia de Bomba: 71%	Und.	3	4650	13950
	2	Tablero Eléctrico Marca: HAC-18 Potencia/Voltaje 15HP/440V. IP:55. 03 Variadores ABB Modelo ACS 310. 01 PLC SCHNEIDER SR2B121B	Und.	1	3400	3400
	3	Tanque Hidroneumático. Capacidad: 100 L	Und.	1	250	250
	4	Transmisión de presión marca Danfoss Modelo MBS 300 Rango: 0 a 10 Bar Salida 4 a 20 ma conexión NPT	Und.	1	125	125
Repuestos	5	Válvulas de pie	Und.	3	75	225
	6	Válvula esférica	Und.	3	120	360
	7	Válvula esférica	Und.	3	125	375
	8	Válvula check	Und.	1	150	150
	9	Manifold de descarga	Und.	1	400	400
	10	Automático de nivel	Und.	1	15	15
Mano de obra	11	Instalación hidráulica, mecánica y eléctrica de electrobombas. Mano de obra y puesta en marcha.	Serv.	1	1500	1500
<i>Importe</i>						\$ 20,750.00
<i>IGV 18%</i>						\$ 3,735.00
<i>Total</i>						\$ 24,485.00

*Nota. Gastos realizados para la implementación del sistema de presión constante en la empresa Inversiones PAEM S.A.C. Elaboración Propia.*