

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA OSMOTIZADA DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**CORBERA LÓPEZ, JUNIOR JESÚS**  
**QUISPE CABRERA, JORGE LUIS**

**Callao, 2019**  
**PERÚ**

## HOJA DE REFERENCIA DE JURADO

Dr. Jaime Gregorio Flores Sánchez	Presidente
Dr. Juan Manuel Lara Márquez	Secretario
Dr. Rubén Francisco Pérez Bolívar	Vocal
Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro	2do Vocal ( Suplente)

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a nuestros padres por su incansable y constante apoyo en el proceso de nuestra formación profesional y por su guía en nuestras vidas. A Dios por la salud brindada durante la elaboración de nuestra investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a los profesores que fueron nuestros guías durante nuestra estadía en la universidad, que nos enseñaron los conocimientos necesarios para elaborar la tesis y a nuestro asesor por los consejos brindados para poder lograr nuestra investigación.

## INDICE

<b>INDICE</b> .....	1
INDICE DE FIGURAS.....	4
INDICE DE TABLAS.....	6
INDICE DE ANEXOS.....	8
Resumen .....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema .....	13
1.3. Objetivos de la investigación .....	14
1.4. Limitantes de la investigación .....	14
II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1 Antecedentes del estudio.....	15
2.2 Bases teóricas .....	17
2.3 Definición de términos básicos .....	36
III. VARIABLE E HIPÓTESIS.....	37
3.1 Hipótesis general, específicas .....	37
3.2 Definición conceptual de variables .....	38

3.3	Operacionalización de variables .....	38
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
4.1	Tipo y diseño de investigación.....	39
4.2	Método de la investigación .....	39
4.3	Población y muestra .....	40
4.4	Lugar de estudio .....	40
4.5	Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	40
4.6	Análisis y procesamiento de datos .....	41
4.6.1	Concepto de solución .....	44
4.6.2	Comprensión de la solicitud .....	44
4.6.3	Concepción de solución .....	46
4.6.3.1	Abstracción .....	47
4.6.3.2	Estructura de funciones.....	47
a.	Función principal.....	47
b.	Funciones parciales .....	48
4.6.3.3	Conceptos de solución.....	50
4.6.3.3.1	Matriz morfológica.....	51
4.6.3.3.2	Disposición básica .....	52
4.6.3.3.3	Evaluación del concepto de solución .....	56
V.	RESULTADOS.....	75
5.1	Caudal y conductividad del agua .....	75

5.2	Equipos de purificación.....	76
5.3	Tanque de almacenamiento.....	77
5.4	Sistema de tuberías .....	77
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
VII.	CONCLUSIONES .....	81
VIII.	RECOMENDACIONES.....	82
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
	ANEXOS:.....	86

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 2. 1 VISTA GENERAL DEL NIVEL DE SEPARACIÓN PARA CADA PROCESO.....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 2. 2 ENVASES TIPO DOYPACK .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 2. 3 MORDAZAS DE ENFRIAMIENTO- MÁQUINA ENVASADORA</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 2. 4 MOLDE DE INYECTORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 2. 5 COMPONENTES DE FILTROS DE MICROFILTRACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 2. 6 CARTUCHOS DE FILTROS PARA ULTRAFILTRACIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 2. 7 FLUJO OSMÓTICO .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 2. 8 SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA COMPUESTA DE PELÍCULA DELGADA.....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 2. 9 EQUILIBRIO OSMÓTICO .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 2. 10 ÓSMOSIS INVERSA.....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 2. 11 RECIPIENTE A PRESIÓN DE MEMBRANA .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 2. 12 EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA .....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 2. 13 RESISTENCIA A PASO DE FLUIDO DE CONEXIONES Y ACCESORIOS .....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 2. 14 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE PVC EN CEDULAS 40,80 Y 120.....</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 4. 1 PROCESO GENERALIZADO DE DESARROLLO Y DISEÑO VDI 2221 .....</b>	<b>42</b>

<b>FIGURA 4. 2 CAJA NEGRA.....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 4. 3 MATRIZ DE FUNCIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 4. 4 MATRIZ MORFOLÓGICA.....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 4. 5 SOLUCIÓN 1.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 4. 6 SOLUCIÓN 2.....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 4. 7 DIAGRAMA DE EVALUACIÓN .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 4. 8 ESQUEMA DE EQUIPOS .....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 4. 9 PARÁMETROS DE AGUA A TRATAR WINFLOWS .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 4. 10 CAUDAL DE AGUA PURIFICADA. WINFLOWS .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 4. 11 ANÁLISIS DE IMPUREZAS ARGO. WINFLOWS .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 4. 12 PARÁMETROS EQUIPO ÓSMOSIS INVERSA.....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 4. 13 RESULTADO FINAL DE SELECCIÓN .....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 4. 14 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS. VISTA DE PLANTA .....</b>	<b>68</b>
<b>FIGURA 4. 15 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS PRINCIPALES .</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 4. 16 CURVA DE BOMBA UF .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURA 4. 17 CURVA ÓSMOSIS INVERSA .....</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 4. 18 CURVA RETROLAVADO .....</b>	<b>73</b>
<b>FIGURA 4. 19 CURVA BOMBA CIP .....</b>	<b>74</b>
<b>FIGURA 4. 20 SOLUCIONES TÍPICAS DE LIMPIEZA QUÍMICA.....</b>	<b>75</b>
<b>FIGURA 5. 1 RESUMEN DE RESULTADO .....</b>	<b>75</b>

## INDICE DE TABLAS

TABLA 3. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	38
TABLA 4. 1 MATRIZ DE EXIGENCIAS .....	46
TABLA 4. 2 EVALUACIÓN DE VALORES TÉCNICOS.....	57
TABLA 4. 3 EVALUACIÓN DE CRITERIOS ECONÓMICOS .....	57
TABLA 4. 4 TABLA DE VALORES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS .....	58
TABLA 4. 5 HORARIO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN .....	60
TABLA 4. 6 LONGITUDES EQUIVALENTES TUBERÍA UF .....	70
TABLA 4. 7 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA ÓSMOSIS INVERSA ....	72
TABLA 4. 8 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA DE RETROLAVADO ....	73
TABLA 4. 9 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA CIP .....	74
TABLA 5. 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO DE ÓSMOSIS INVERSA .....	76
TABLA 5. 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO DE ULTRA FILTRADO.....	76
TABLA 5. 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TANQUES DE PVC .....	77
TABLA 5. 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE ULTRAFILTRADO.....	77
TABLA 5. 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE ÓSMOSIS INVERSA .....	78
TABLA 5. 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE RETROLAVADO .....	78

**TABLA 5. 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA CIP ..... 78**

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b> .....	86
<b>ANEXO 2: INFORME FINAL DE ANÁLISIS DE AGUA DE POZO</b> .....	87
<b>ANEXO 3: REPORTE WINFLOWS</b> .....	92
<b>ANEXO 4: FICHA TÉCNICA EQUIPO DE OSMOSIS SELECCIONADO</b> .....	96
<b>ANEXO 5: FICHA TÉCNICA MEMBRANA OSMOSIS INVERSA</b> .....	98
<b>ANEXO 6: FICHA TÉCNICA MEMBRANA UF</b> .....	100
<b>ANEXO 7: TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA OSMOTIZADA</b> .....	102
<b>ANEXO 8: TANQUE AGUA ULTRA FILTRADA</b> .....	103
<b>ANEXO 9: ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS DE PVC</b> .....	104
<b>ANEXO 10: BOMBA CENTRÍFUGA DE ULTRA FILTRADO</b> .....	106
<b>ANEXO 11: BOMBA CENTRÍFUGA OSMOSIS INVERSA</b> .....	109
<b>ANEXO 12: BOMBA CENTRÍFUGA DE RETRO LAVADO</b> .....	112
<b>ANEXO 13: BOMBA CENTRÍFUGA CIP</b> .....	115
<b>ANEXO 14: TANQUE DE QUÍMICO</b> .....	118
<b>ANEXO 15: FICHA DE SEGURIDAD ANTIINCRUSTANTE</b> .....	120
<b>ANEXO 16: BOMBAS DOSIFICADORAS</b> .....	125
<b>ANEXO 17: FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA</b> .....	127
<b>ANEXO 18: NORMATIVA DE CÉDULA DE TUBERÍAS DE PVC SEGÚN ASTM D1785</b> .....	128
<b>ANEXO 19: ANÁLISIS ECONÓMICO SOLUCIÓN 1</b> .....	129
<b>ANEXO 20: ANÁLISIS ECONÓMICO SOLUCIÓN 2</b> .....	133
<b>ANEXO 21: PLANOS</b> .....	137

## **Resumen**

La investigación que se realizó es del tipo tecnológica y aplicada. Se encuentra dentro de la línea de investigación de proyectos industriales, con el que se pretendió resolver la demanda de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo a través de una planta de purificación de agua osmotizada. Para lo cual a través de la metodología alemana estándar de diseño del VDI 2221, se determinó luego de comparar diferentes alternativas, la opción que cumpla con las mínimas exigencias técnicas y económicas. Después obtuvieron datos acerca del consumo de agua de las líneas de producción. Con estos datos se determinaron el caudal y conductividad del agua producida por la planta. Luego se seleccionaron los equipos de purificación a través de programas especializados de selección. Después se determinó las características de los tanques de almacenamiento. Luego se realizó el cálculo hidráulico donde se obtuvieron el recorrido de las tuberías y capacidades de las bombas de agua. El resultado es el diseño de un sistema de purificación de agua osmotizada que satisface con la demanda de agua de la línea de producción. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones respecto al resultado obtenido, además de adjuntar en los anexos las fichas técnicas de los equipos seleccionados.

Palabras claves: productos de consumo masivo, sistema de purificación, agua osmotizada, caudal, conductividad.

## **Abstract**

The research that was carried out is of the technological and applied type. It is within the line of research of industrial projects, with which it was intended to meet the demand for osmotized water from the production line of a manufacturing company for mass consumption products through an osmotized water purification plant. For which, through the standard German design methodology of VDI 2221, it was determined after comparing different alternatives, the option that meets the minimum technical and economic requirements. Then they obtained data about the water consumption of the production lines. With these data, the flow and conductivity of the water produced by the plant were determined. Then the purification equipment was selected through specialized selection programs. Then the characteristics of the storage tanks were determined. Then the hydraulic calculation was performed where the route of the pipes and capacities of the water pumps were obtained. The result is the design of an osmotic water purification system that meets the water demand of the production line. Finally, the conclusions and recommendations regarding the result obtained are presented, in addition to attaching the technical data sheets of the selected equipment in the annexes.

Keywords: mass consumption products, purification system, osmotic water, flow, conductivity.

## **Introducción**

El presente caso de estudio tiene lugar en una empresa de fabricación de productos de consumo masivo ubicada en Lima – Perú, que se dedica a la fabricación y envasado de productos de limpieza del hogar y cuidado personal cosmético.

Respecto al área de cuidado personal cosmético, es el área de mayor producción y facturación se ha incrementado los pedidos de producción y el tiempo de trabajo debido a que el área de marketing proyecta un favorable aumento de ventas en el mercado nacional e internacional respaldado por el área de ventas e importaciones.

Dicha empresa tiene además proyectado ampliar su área de fabricación de productos acuosos de limpieza del hogar con la adquisición de 2 mixers de fabricación con una capacidad útil de 15 metros cúbicos cada uno, incrementando así la demanda de agua purificada ya que en la industria de la manufactura de productos de consumo masivo ( fabricación de jabón líquido, detergente líquido, shampoo, limpiavidrios, suavizante de ropa y lejía de color) el uso del agua purificada por cualquier método es indispensable dado que el 80-85% de estos productos esta compuestos por este líquido elemental.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

El Perú ocupa en el 2019 el cuarto puesto en la región con mayor consumo per cápita en el mercado de productos de cuidado personal con favorable proyección de crecimiento en el 2020.

La empresa es una de las líderes en el sector de consumo masivo, en el ranking de empresas del rubro Industrial encuentra entre las 10 mejores (MERCO, 2019) con un crecimiento compuesto anual de un 20.6 % en el último año, con expectativas de crecimiento anual de 20%. Por tal motivo, cuenta con un incremento en la demanda de producción de productos cosméticos de cuidado personal y productos sanitarios para el cuidado del hogar.

Dicho crecimiento se ha visto comprometido en su cumplimiento por la falta de abastecimiento de agua osmotizada, una de las principales materias primas de este tipo de productos. La demanda de esta materia prima se incrementó en promedio hasta un 19% (aproximadamente 165 toneladas de agua mensuales) en abril de este año respecto a los meses anteriores. El incumplimiento en la programación de producción por falta este insumo en los últimos meses fue del 15% en promedio. En la actualidad se cuenta con una planta de tratamiento la cual suministra agua osmotizada a un caudal de 28 GPM ( $6.35 \frac{m^3}{h}$ ), con conductividad  $\leq 20 \mu\text{S/cm}$  y cuenta con un tanque de almacenamiento de  $20 m^3$ , el cual abastece a las áreas de limpieza del hogar y cuidado personal. A finales del primer semestre del 2019 se planteó el crecimiento en infraestructura del área de fabricación con la adquisición de 2

nuevos tanques de fabricación reduciendo el espacio en la planta de purificación actual, por esta razón la actual planta de agua será reubicada en otra sede de la empresa en Lurín. Debido a esto se crea necesidad de otra planta de similares características para abastecer a las líneas de fabricación de productos de consumo masivo teniendo en cuenta la proyección del crecimiento de la capacidad de planta fijada para finales del primer semestre del 2020.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo un sistema de purificación de agua satisface la demanda de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las características de los equipos de purificación de agua que permitan obtener el agua osmotizada requerida por la línea de producción?
- ¿Cuáles son las características del sistema de tuberías de la planta de purificación que se adecúen al espacio disponible en planta y reduzcan las pérdidas de carga al mínimo?
- ¿Cuáles son las características de las bombas que garanticen las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua?
- ¿Cuáles son las características del tanque de almacenamiento que garantice un alto índice de inocuidad?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de purificación de agua para satisfacer la demanda de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características de los equipos de purificación de agua que permitan obtener el agua osmotizada requerida por la línea de producción.
- Determinar las características del sistema de tuberías de la planta de purificación que se adecúen al espacio disponible en planta y reduzcan las pérdidas de carga al mínimo.
- Determinar las características de las bombas que garanticen las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua.
- Determinar las características del tanque de almacenamiento que garantice un alto índice de inocuidad.

### **1.4. Limitantes de la investigación**

#### **1.4.1. Limitante espacial**

El presente diseño se elaboró acorde a los espacios disponibles en la planta, lo cual se representa en los planos de diseño que se elaboraron.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

#### NACIONALES

Semino Zelada (2015) en su tesis de titulación: Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP, concluye que la osmosis inversa es una alternativa eficaz, que proporciona la mejor calidad de agua debido a que las membranas eliminan bacterias, virus, pirógenos, y sólidos orgánicos hasta en un 95%. Por otro lado, recomienda un tratamiento previo al agua de alimentación para evitar obstrucción en las membranas del equipo de ósmosis inversa.

Llanca Blas (2015) en su tesis de titulación: Diseño de un sistema hidráulico de extracción de agua salobre de pozo profundo para satisfacer la demanda de planta de tratamiento de agua para la empresa corporación Lindley S.A-Pucusana, se concluye que la ecuación de Bresse es recomendable para el cálculo del diámetro adecuado en sistemas de bombeo discontinuos.

Osores Castillo (2006) en su tesis de titulación: Osmosis inversa aplicada al tratamiento de aguas cianuradas, concluye que la tecnología de ósmosis inversa demuestra ser más eficiente y rentable con respecto al proceso tradicional, que no requiere de mucho mantenimiento periódico que involucre labores especializadas o difíciles de realizar. Por otro lado, recomienda mantener un

monitoreo continuo del proceso para mantener una correcta operación y obtener los mejores rendimientos de la planta.

## INTERNACIONAL

Vázquez-Mellado (2017) en su informe de titulación: Sistema de tratamiento de aguas mediante osmosis inversa, concluye que el proyecto disminuirá el agua enviada al drenaje industrial en 80%, con la recirculación se alcanzará un ahorro de 30% en el consumo de agua. En el aspecto económico tiene un retorno de inversión entre 48% a 70% evaluado a 5 años.

Amau Segarra (2015) en su trabajo de fin de grado: Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una central térmica de ciclo combinado, concluye que se requiere un tratamiento previo a base de anti incrustante y biocida, para evitar la formación de biopelículas e incrustaciones en las membranas del equipo de ósmosis. También se opta por el proceso de osmosis inversa ya que es capaz de retener las impurezas del agua desde tamaños de varias micras hasta partículas casi iónicas. Además, determina que es un proyecto económicamente viable con una recuperación de la inversión de 6.47 años

Serra Lleonart (2007) en su tesis de maestría: Sistema de gestión del agua en una planta de energía solar, se desarrolló un sistema de gestión de agua para producción de distintas calidades de agua para el tratamiento de efluentes, concluye que el sistema de filtración de arena-antracita es suficiente para cumplir los parámetros requeridos ya que cuenta con un agua de pozo de buena calidad. Además, se concluye que el proceso de osmosis inversa y deionización es el

más apropiado debido al ahorro energético y su capacidad de trabajar en continuo.

## **2.2 Bases teóricas**

### **Tratamiento del agua**

En la industrial de fabricación de productos de consumo masivo la pureza de la materia prima e insumos que se utilizan para la transformación de estos hacia un producto final es importante debido a que estos procesos por lo general se dan gracias a procesos químicos.

Estos procesos químicos se dan en ambientes controlados, a cargo de las distintas áreas de control de calidad el cual busca garantizar que se brinde un producto de calidad y que este bajo los estándares que rigen el mercado nacional y de la empresa.

Es necesario garantizar la pureza de los insumo como el agua, ya que al representar gran porcentaje en la composición de los productos cosméticos y de cuidado del hogar, al presentar impurezas estas podrían reaccionar con los demás insumos y ocasionar distintas reacciones químicas diferentes a las esperadas como precipitación de sólidos, visibles luego de varios meses después de envasados, coloración variable distintas al producto ofrecido, baja calidad de producto, el agente activo de este puede tener menos eficacia en la aplicación del uso para el cual fue destinado, menos acción del agente espumante y desinfectante.

**FIGURA 2. 1 VISTA GENERAL DEL NIVEL DE SEPARACIÓN PARA CADA PROCESO.**

Size, $\mu m$	Ionic	Molecular	Macromolecular	Microparticle	Macroparticle		
	0.001	0.01	0.1	1.0	10	100	1,000
Approximate Molecular Weight	100 200 1,000	10,000 20,000	100,000 500,000				
Relative Size of Various Materials in Water	Dissolved Solids	Humic Acids	Viruses	Clays	Silt	Cysts	Sand
Separation Process	ED/EDR	RO	NF	Ultrafiltration	Microfiltration		

Fuente: (American Water Works Association, 2005)

- Líneas de fabricación de productos de consumo masivo.

En mencionada industria el uso de agua purificada tiene varias aplicaciones fuera del principal uso como materia prima, se puede usar como agua de alimentación de calderos debido a su bajo nivel de dureza no puede dejar depósitos de calcio u otro mineral así se evita que se forme el conocido “caliche”.

También se usa este tipo de agua en el proceso de intercambio de calor llevado a cabo en equipos como los Chillers. El uso conjunto de intercambiadores de

calor y envasadoras de líquidos es común ya que un tipo de empaque muy usado en la industria del consumo masivo es el doypack.

**FIGURA 2. 2 ENVASES TIPO DOYPACK**



Fuente: (Envasado a terceros)

El agua que se usa en las mordazas de enfriamiento de la máquina envasadora debe contener la cantidad mínima de dureza para evitar la obstrucción de las mismas, esta posible obstrucción afectaría directamente a la tasa de transferencia de calor y generaría un mal sellado debido a un lento enfriamiento que derivaría en fugas de producto del sobre.

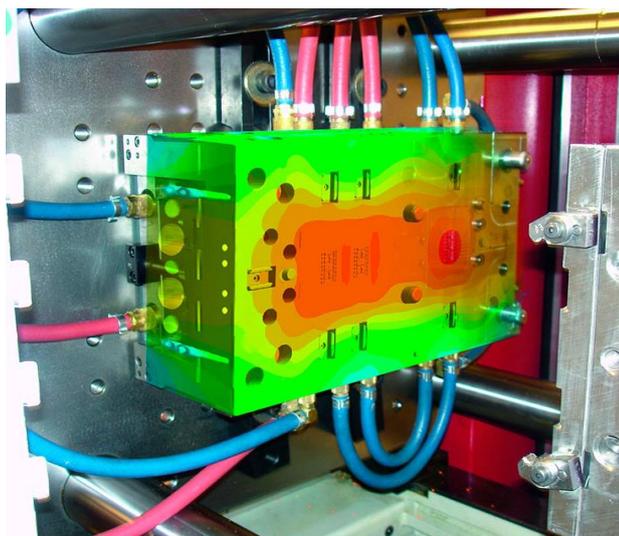
### FIGURA 2. 3 MORDAZAS DE ENFRIAMIENTO- MÁQUINA ENVASADORA



Fuente: (Bossar)

Otro uso dentro del ámbito de la industria de fabricación de productos de consumo masivo es en el enfriamiento de moldes de termoformado e inyección de envases plásticos para productos sanitarios como lejía de color entre otros.

### FIGURA 2. 4 MOLDE DE INYECTORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS



Fuente: (Tecnología del plástico)

- Microfiltración

Es un proceso de separación basado en principios físicos, este tipo de proceso se realiza principalmente con membranas de un tamaño de poros entre 0.1 y 10  $\mu\text{m}$ , estas membranas retienen todo tipo de partículas con un diámetro superior al rango dado, su uso se popularizó en 1990, junto a los filtros de ultrafiltración, para la filtración de agua turbia a baja presión y para remover microorganismos resistentes a los desinfectantes. (American Water Works Association, 2005)

**FIGURA 2. 5 COMPONENTES DE FILTROS DE MICROFILTRACIÓN**



Fuente: (American Water Works Association, 2005 p. 91)

- Proceso de microfiltración

El proceso de microfiltración usa la diferencia de presiones para filtrar el agua a través de una remoción física , una separación por exclusión de tamaño debido a la medida de sus poros los cuales retienen organismos como bacterias y solidos suspendidos (coloides).

- Aplicaciones de la microfiltración

Algunas aplicaciones de la microfiltración son:

- Pretratamiento del agua para osmosis inversa.
- Tratamiento biológico de aguas residuales
- Separación solido-liquido en la ind. Farmacéutica
- Separación de bacteria del agua

- Nanofiltración

La nanofiltración es un proceso relacionado con la presión durante el cual ocurre una separación basada en el tamaño molecular. Las membranas producen la separación. La técnica es principalmente aplicada para la eliminación de sustancias orgánicas, tales como micro contaminantes o iones multivalentes. Las membranas de nanofiltración retienen moderadamente las sales univalentes. (Lenntech, 2019)

- Aplicaciones de la nanofiltración

Las aplicaciones en las cuales se usa este proceso son:

- La eliminación de pesticidas de las aguas subterráneas

- La eliminación de metales pesados de las aguas residuales
  - Reciclaje de aguas residuales en lavanderías
  - Ablandamiento del agua
  - Eliminación de nitratos

- Ultrafiltración

Tecnología que actúa como tamices moleculares. La relación tamaño de sustancias contaminantes/distribución de tamaño de poros permite la exclusión de contaminantes en el permeado. Así, las sustancias mayores que el mayor tamaño de los poros serán totalmente rechazadas por la membrana, y las sustancias cuyo tamaño esté comprendido entre el mayor y menor tamaño de poros serán parcialmente rechazadas. (INDITEX, 2015)

- Proceso de ultrafiltración

La ultrafiltración utiliza diferencias de presión transmembrana (TMP) de 100 - 800 kPa, con un intervalo de tamaño de poro de 10 Å – 1000 Å, pudiendo realizar separaciones de microsolutos como coloides y macromoléculas. La forma habitual de clasificar estas membranas es mediante el peso molecular de corte (cut-off molecular weight), definido como el peso molecular de las proteínas, de tipo globular, que la membrana puede separar en un 90 %. El intervalo de pesos moleculares de corte de las membranas de ultrafiltración es de 10 kD – 900 kD. (INDITEX, 2015)

- Aplicaciones de ultrafiltración

Como única tecnología se utiliza en el tratamiento de efluentes de aguas residuales, sobre todo en aquellos casos como el tratamiento del agua caliente y recuperación de proteínas en la industria de la alimentación; recuperación de partículas de pintura del agua de los procesos de pintado de piezas industriales; recuperación de aceites presentes en las aguas de proceso de la industria metalúrgica, etc.; donde se plantea el doble objetivo de recuperar un producto valioso y/o reutilizar el agua. (INDITEX, 2015)

**FIGURA 2. 6 CARTUCHOS DE FILTROS PARA ULTRAFILTRACIÓN**



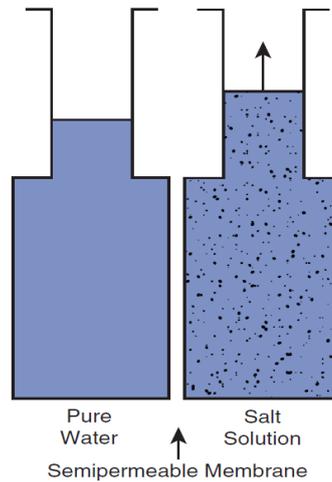
Fuente: (American Water Works Association, 2005 p. 71)

- Osmosis

La osmosis consiste en una búsqueda de equilibrio por parte de dos fluidos de diferentes concentraciones de sólidos, para que la concentración sea uniforme. Si estos fluidos están separados por una

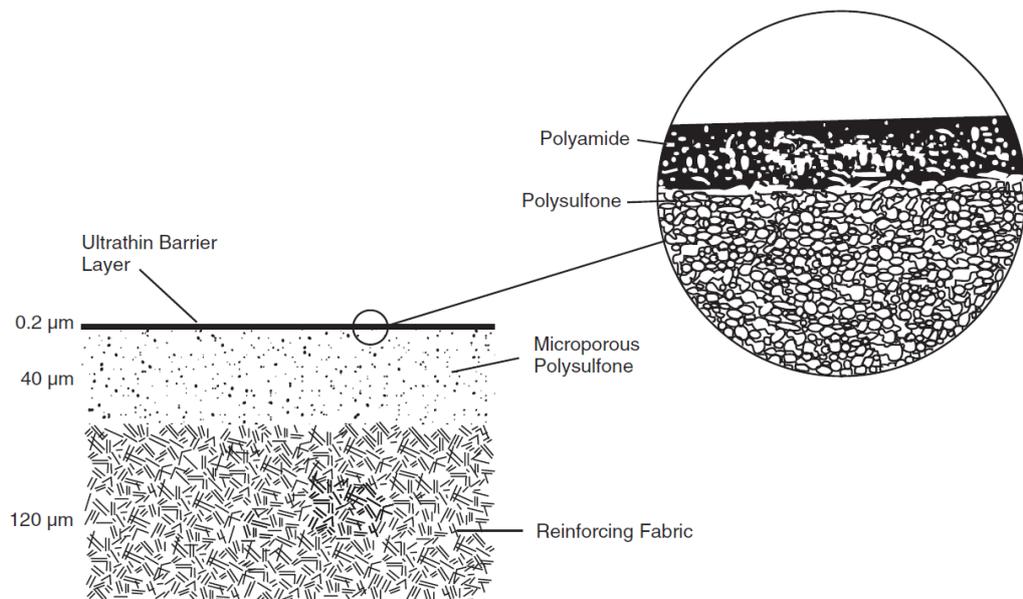
membrana permeable, el fluido de menor concentración se moverá a través de la membrana hacia el fluido de mayor concentración.

**FIGURA 2. 7 FLUJO OSMÓTICO**



Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 46)

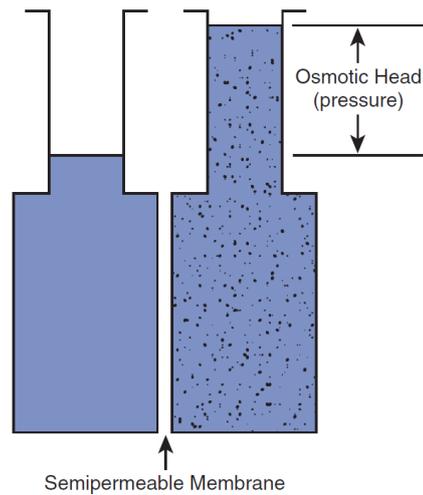
**FIGURA 2. 8 SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA MEMBRANA DE ÓSMOSIS INVERSA COMPUESTA DE PELÍCULA DELGADA**



Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 14)

Luego de un tiempo, el contenido de agua será mayor en uno de los lados de la membrana, ésta diferencia de altura se le conoce como presión osmótica. (Lenntech, 2019)

**FIGURA 2. 9 EQUILIBRIO OSMÓTICO**

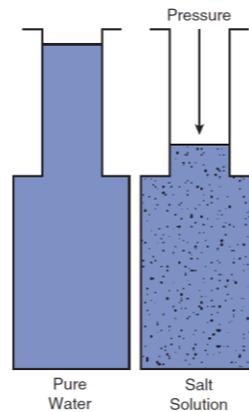


Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 46)

- Osmosis inversa

Es el proceso contrario a una osmosis convencional, sucede cuando se aplica una presión superior a la osmótica, de tal manera que el fluido con alta concentración pasa a través de la membrana hacia el fluido de baja concentración. (Lenntech, 2019)

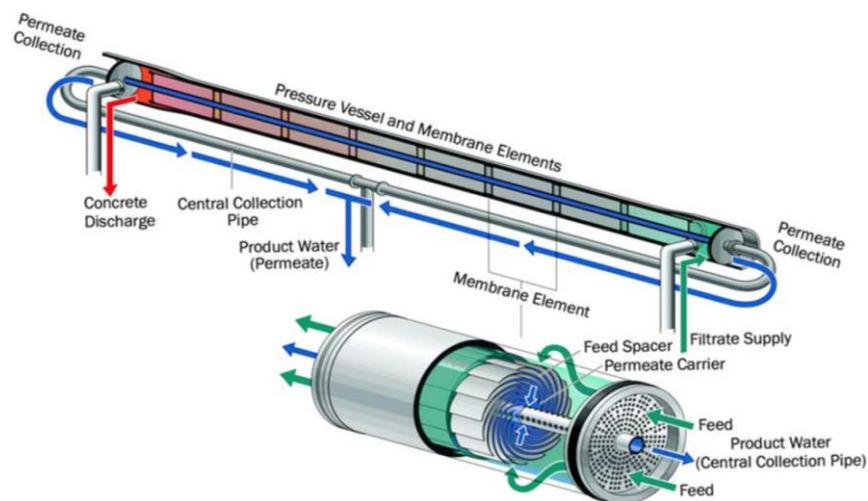
**FIGURA 2. 10 ÓSMOSIS INVERSA**



Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 47)

La osmosis inversa consiste en generar, mediante una membrana permeable al agua, una solución acuosa con bajo contenido en sal a partir de otra con alto contenido en sal. Es la tecnología utilizada para producir agua desalada a partir de agua de mar. (INDITEX, 2015)

**FIGURA 2. 11 RECIPIENTE A PRESIÓN DE MEMBRANA**



Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 17)

**FIGURA 2. 12 EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA**



Fuente: (American Water Works Association, 2007 pág. 64)

- Cuidado de las membranas de usadas en osmosis inversa

#### Efectos de la oxidación en membranas

Las membranas son muy sensibles a los agentes oxidantes tales como el cloro libre, ozono, yodo, etc. Usualmente estos agentes son usados para la desinfección de las redes públicas de agua potable.

Prevención: Se inyecta una solución de Metabisulfito de sodio y agua, esta mezcla tiene la propiedad de secuestrar el cloro el cual es el desinfectante más usado en el tratamiento de agua

### Efectos de las incrustaciones en membranas

Es la precipitación de sales insolubles tales como el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ) entre otros, sobre la superficie de la membrana a la cual si sobrepasan en su límite de saturación pueden obstruirla.

Prevención:

Los métodos más habituales son la acidificación del agua de nutrición para disminuir el pH, aumentando la solubilidad de las sales o añadiendo polímeros singulares que previenen la capacitación de incrustación en el agua de alimentación. (Osmosis inversa, 2019)

- Aplicaciones de la osmosis inversa

Desalinización de aguas salobres

La salinidad de este tipo de aguas es de 2000 mg/L – 10000 mg/L. En su tratamiento se utilizan presiones de 14 bar – 21 bar para conseguir coeficientes de rechazo superiores al 90 % y obtener aguas con concentraciones salinas menores de 500 mg/L, que son los valores recomendados como condición de potabilidad. Las plantas de tratamiento utilizan módulos de membranas enrolladas en espiral. Se estima que los costes de capital de este tipo de plantas son del orden de 0.25 \$US/L de agua tratada/día, siendo los costes de operación del mismo orden. (INDITEX, 2015)

## Tratamiento de aguas residuales

Esta aplicación de la osmosis inversa está limitada por los altos costes de operación debido a los problemas de ensuciamiento de las membranas. En el caso de las aguas residuales industriales, la OI se utiliza en aquellas industrias donde es posible mejorar la economía del proceso mediante la recuperación de componentes valiosos que puedan volver a reciclarse en el proceso de producción: industrias de galvanoplastia y de pintura de estructuras metálicas, o donde la reutilización del agua tratada signifique una reducción importante del consumo de agua: industria textil. (INDITEX, 2015)

### **Cálculo hidráulico**

- Pérdidas primarias

Son pérdidas ocasionadas por la fricción del fluido en movimiento. Parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica (calor), que se disipa a través de las paredes de la tubería por la que circula el fluido. La magnitud de la energía que se pierde depende de las propiedades del fluido, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de tubería y longitud. (Mott, 2013)

- Método de Hazen-Williams

La fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulg y menores

de 6.0 pies. La velocidad del flujo no debe exceder los 10.0 pies/s. Asimismo, está elaborada para agua a 60 °F. Su empleo con temperaturas mucho más bajas o altas ocasionaría cierto error. (Mott, 2013)

### FÓRMULA DE HAZEN-WILLIAMS

$$h_L = L \left[ \frac{Q}{0.85AC_h R^{0.63}} \right]^{1.852} \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

$h_L$ = Pérdidas por fricción (m)

$L$ = Longitud de tubería (m)

$Q$ =Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$D$ =Diámetro de tubería(m)

$C_h$ =Coeficiente de Hazen-Williams(m/m) (150 para PVC)

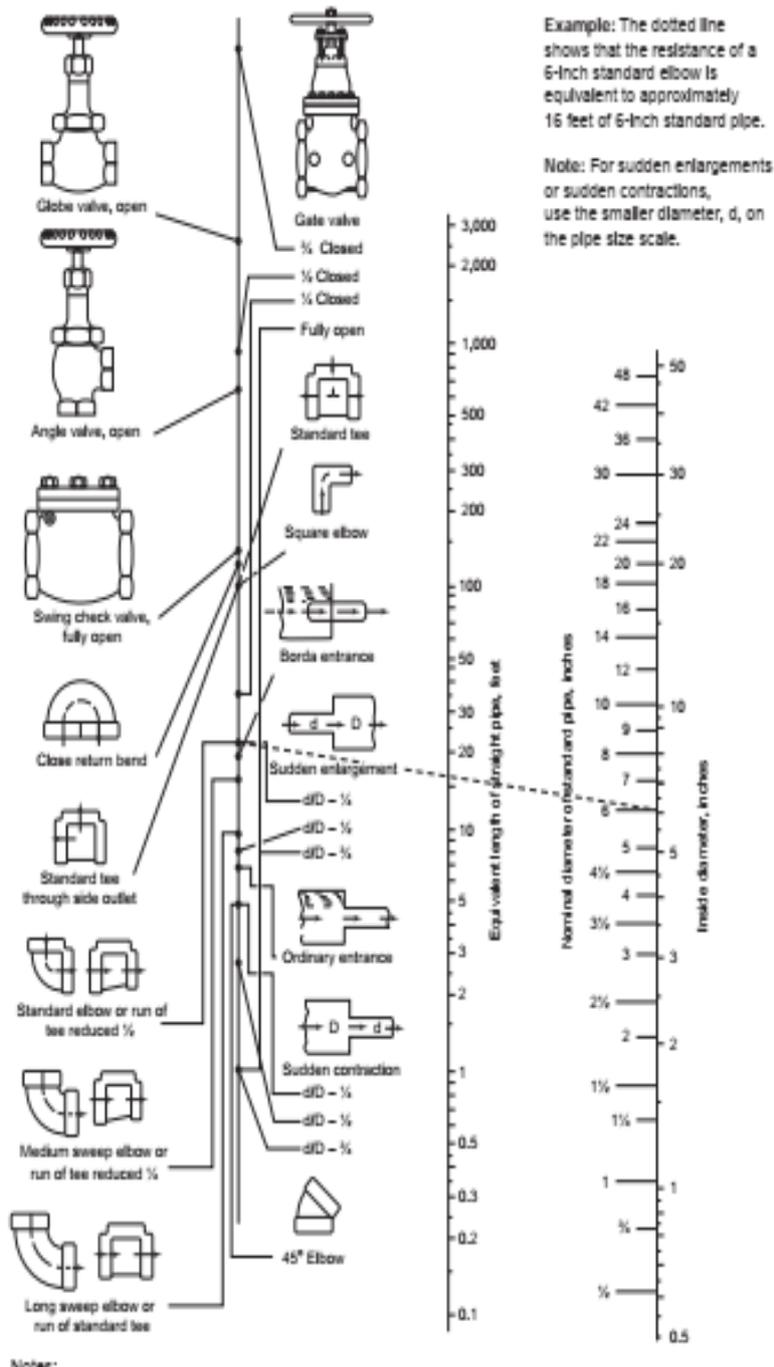
$A$ =Área interna de la tubería (m<sup>2</sup>)

Para determinar la pérdida total de la línea de tuberías, se hace uso de nomogramas que nos permiten establecer la longitud equivalente de diversos accesorios, como el que se muestra en la figura.

**FIGURA 2. 13 RESISTENCIA A PASO DE FLUIDO DE CONEXIONES Y ACCESORIOS**

**Hydraulics**

**9.9**



Fuente: (PVCPIPE association, 2012)

- Bomba

La bomba es una máquina que se utiliza para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías. En nuestro sistema se usará bombas centrífugas, que se caracterizan por entregar energía al fluido al acelerarlo con la rotación de un impulsor. (Mott, 2013)

Para determinar la energía que una bomba debe entregar al fluido, se utiliza la ecuación general de la energía:

### ECUACIÓN GENERAL DE LA ENERGÍA

$$h_a = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Al valor  $h_a$  se le llama carga total sobre la bomba, también conocido como carga dinámica total (TDH).

- Potencia de la bomba

Se conoce como la rapidez con el que se transfiere la energía, que se calcula de la siguiente manera (Mott, 2013):

### POTENCIA HIDRÁULICA

$$P_A = h_A \gamma Q \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

- Eficiencia de la bomba

El término eficiencia se utiliza para denotar la relación de la potencia transmitida por la bomba al fluido a la potencia que se suministra a la bomba. Debido a las pérdidas de energía por fricción mecánica en los componentes de la bomba, fricción del fluido y turbulencia excesiva en

ésta, no toda la potencia de entrada se transmite al fluido. Se denota la eficiencia mecánica con el símbolo  $e_M$ . (Mott, 2013)

### ECUACIÓN II. 1 EFICIENCIA DE LA BOMBA

$$e_M = \frac{\text{Potencia transmitida al fluido}}{\text{Potencia de entrada a la bomba}} = \frac{P_A}{P_I} \dots\dots\dots (2.4)$$

- Tubos de PVC
  - Aplicación de las tuberías de PVC

De acuerdo con las características de las tuberías de PVC estas se emplean en diversas instalaciones como (elregante, 2017):

- Redes de agua potable
- Sistemas de riego (aspersión, goteo)
- Conducciones de fluidos químicos.
- Conducciones de fluidos corrosivos.
- Conducciones de fluidos ácidos y alcalinos.
- Colectores de alcantarillado.
- Protección de conductos eléctricos.
- Protección de conductos telefónicos.
- Línea de proceso industrial.

- Ventajas

Las ventajas que presentan las tuberías de PVC con relación a otras tuberías son:

- Livianas.
- Facilidad de instalación.
- Elevada resistencia Química.

- Gran durabilidad.
- Impide la formación de incrustaciones.
- Poca rugosidad.
- Línea completa de piezas.
- Menor costo.
- Hermeticidad.
- Atoxicidad.(No aporta ningún elemento extraño al agua)
- Flexibilidad de la tubería (tanto longitudinalmente como trasversal)
  - Sistema de dimensionamiento

La clasificación de las tuberías, puede ser en base a la serie inglesa o métrica.

En base a la serie inglesa (SI) es determinada por la normativa de ASTM (American Society for Testing and Materials), y la serie métrica en base a ISO (International Standards Organization). Los diámetros de los dos tipos de tuberías no coinciden dimensionalmente por lo que es necesario una transición. (elregante, 2017)

Respecto a la serie inglesa se puede clasificar de dos maneras: en base al SDR y en base a la cédula. (elregante, 2017)

En base a la cédula, se basa en la normativa ASTM D1785-12, de tal manera que las divisiones de la tubería son las equivalentes a los tamaños para tuberías de acero galvanizado, así pues tenemos Cédula 40, 80 y 120. (elregante, 2017)

## FIGURA 2. 14 DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE PVC EN CEDULAS 40,80

### Y 120

 D1785 – 12

**TABLE 1 Outside Diameters and Tolerances for PVC Plastic Pipe Schedules 40, 80, and 120, in. (mm)**

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Average	Tolerances	
			Maximum Out-of-Roundness (maximum minus minimum diameter)	
			Schedule 40 sizes 3½ in. and over; Schedule 80 sizes 8 in. and over	Schedule 40 sizes 3 in. and less; Schedule 80 sizes 6 in. and less; Schedule 120 sizes all
¼	0.405 (10.29)	±0.004 (±0.10)	...	0.016 (0.41)
¼	0.540 (13.72)	±0.004 (±0.10)	...	0.016 (0.41)
¾	0.675 (17.14)	±0.004 (±0.10)	...	0.016 (0.41)
½	0.840 (21.34)	±0.004 (±0.10)	...	0.016 (0.41)
¾	1.050 (26.67)	±0.004 (±0.10)	...	0.020 (0.51)
1	1.315 (33.40)	±0.005 (±0.13)	...	0.020 (0.51)
1¼	1.660 (42.16)	±0.005 (±0.13)	...	0.024 (0.61)
1½	1.900 (48.26)	±0.006 (±0.15)	...	0.024 (0.61)
2	2.375 (60.32)	±0.006 (±0.15)	...	0.024 (0.61)
2½	2.875 (73.02)	±0.007 (±0.18)	...	0.030 (0.76)
3	3.500 (88.90)	±0.008 (±0.20)	...	0.030 (0.76)
3½	4.000 (101.60)	±0.008 (±0.20)	0.100 (2.54)	0.030 (0.76)
4	4.500 (114.30)	±0.009 (±0.23)	0.100 (2.54)	0.030 (0.76)
5	5.563 (141.30)	±0.010 (±0.25)	0.100 (2.54)	0.060 (1.52)
6	6.625 (168.28)	±0.011 (±0.28)	0.100 (2.54)	0.070 (1.78)
8	8.625 (219.08)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.090 (2.29)
10	10.750 (273.05)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.100 (2.54)
12	12.750 (323.85)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.120 (3.05)
14	14.000 (355.60)	±0.015 (±0.38)	0.200 (5.08)	...
16	16.000 (406.40)	±0.019 (±0.48)	0.320 (8.13)	...
18	18.000 (457.20)	±0.019 (±0.48)	0.360 (9.14)	...
20	20.000 (508.00)	±0.023 (±0.58)	0.400 (10.2)	...
24	24.000 (609.60)	±0.031 (±0.79)	0.480 (12.2)	...

Fuente : (ASTM, 2012)

### 2.3 Definición de términos básicos

**Osmosis:** Fenómeno natural en el cual agua pasa a través de una membrana semi-permeable, desde una solución menos concentrada a una solución más concentrada. (SEDAPAL, 2013)

**Osmosis Inversa:** Proceso en el cual se fuerza al agua a pasar a través de una membrana semi-permeable, desde una solución más concentrada a una solución menos concentrada, mediante la aplicación de presión. (SEDAPAL, 2013)

Presión Osmótica: presión que se desarrolla en una solución salina, dependiente de la diferencia de concentración de iones presentes a ambos lados de la membrana (SEDAPAL, 2013).

### **III. VARIABLE E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis general, específicas**

##### General

Al aplicar las tecnologías adecuadas, se diseñó un sistema de purificación de agua que cumple con la demanda de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.

##### Específicas

- 1: Al determinar las características de los equipos de purificación de agua se obtuvo el agua osmotizada requerida por la línea de producción.
- 2: Al determinar las características del sistema de tuberías de la planta de purificación, se adecuó al espacio disponible en planta y se redujo las pérdidas de carga al mínimo
- 3: Al determinar las características de las bombas se garantizó las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua.
- 4: Al determinar las características del tanque de almacenamiento se garantizó un alto índice de inocuidad.

### 3.2 Definición conceptual de variables

Variable independiente:

Tecnologías de purificación, transporte y almacenamiento de agua.

Variable dependiente:

Sistema de purificación de agua osmotizada

### 3.3 Operacionalización de variables

**TABLA 3. 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Tecnologías de purificación, transporte y almacenamiento de agua.	Purificación de agua	Equipos de osmosis y ultrafiltración
	Transporte de agua	Bombas hidráulicas
	Almacenamiento de agua	Tanques de PVC
Variable dependiente: Diseño del Sistema de purificación de agua osmotizada	Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /h
	Conductividad de diseño	us/cm

Fuente propia

## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1 Tipo y diseño de investigación**

La investigación es del tipo tecnológica ya que estamos aplicando conocimientos científicos previos para solucionar un problema en la empresa de fabricación de productos de consumo masivo, por otro lado, el nivel de investigación es aplicado debido a que se va a aplicar el resultado de investigación experimentales anteriores para dar una solución inmediata a el problema. Según Espinoza debido a que la investigación es aplicada el diseño de investigación se basa en el diseño de soluciones ya que tiene como propósito transformar los conocimientos existentes en que beneficien a la sociedad, según el enfoque que propone Ciro Espinoza en su libro “Metodología de la investigación“

### **4.2 Método de la investigación**

El proceso de diseño de la investigación es sistémico según el libro “metodología de la investigación“ de Ciro Espinoza (2010) ya que se propone el análisis del objeto de estudio determinando sus elementos, limitantes , dinámica de funcionamiento y además considerar la conexión entre la planta de purificación de agua y el abastecimiento de agua osmotizada hacia la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.

Además, se usarán las recomendaciones de la metodología de diseño recomendado por el estándar alemán VDI 2221, el cual es una directriz Enfoque sistemático para el desarrollo y diseño de sistemas y productos técnicos. El objetivo de esta guía es proponer una metodología general para diseñar sistemas y productos técnicos para apoyar un diseño metódico y sistémico con el fin de producir de un modo más eficiente.

#### **4.3 Población y muestra**

La naturaleza del proyecto no amerita una población o muestra ya que nuestro tipo de estudio es no probabilístico, la unidad de análisis es la línea de producción y esta fue seleccionada debido a causas relacionadas con las características de nuestra investigación según el enfoque de Hernández Sampieri (2014).

#### **4.4 Lugar de estudio**

La línea de fabricación de productos de consumo masivo que requiere el agua osmotizada.

#### **4.5 Técnica e instrumentos de recolección de datos**

El tipo de técnica que se empleara en nuestra investigación es documental ya que recopilamos evidencias de registros para la comprobación de nuestra solución al problema de abastecimiento de agua osmotizada en la línea de producción de la empresa de fabricación de productos de consumo masivo además es empírica ya que se usara la observación para recolectar datos. (Espinoza Montes, 2010)

Observación: Visitas a la planta donde se estableció el lugar donde se ubicarán los equipos del sistema de purificación.

Mediciones: Medidas del lugar donde se ubicarán los equipos y el recorrido del sistema de tuberías.

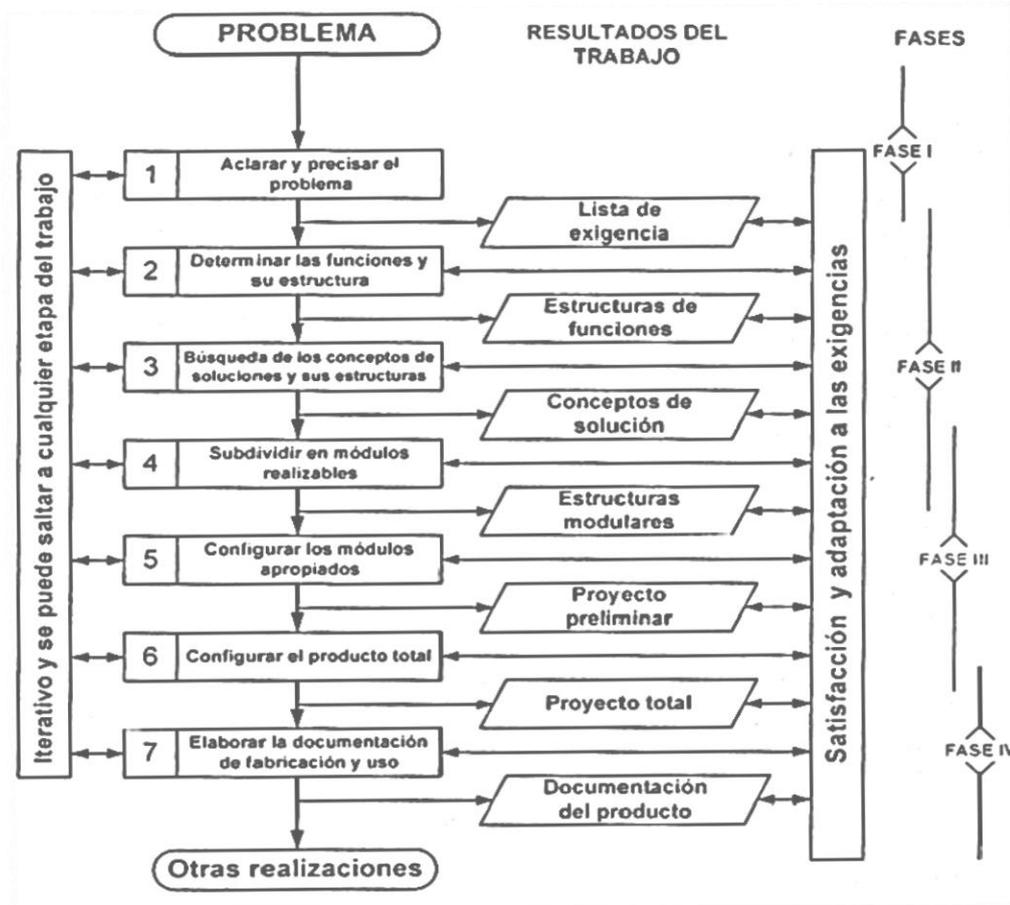
Documental: Información acerca de los requisitos del agua en caudal y características. Información acerca del tipo de agua a tratar.

#### **4.6 Análisis y procesamiento de datos**

El objetivo del presente trabajo es obtener el mejor diseño de un sistema de purificación de agua como producto. Para ello es necesario brindar las mejores soluciones existentes para satisfacer las principales necesidades y exigencias un cliente predeterminado, teniendo esta solución un alto valor de confiabilidad, seguridad, economicidad y sea de fácil mantenimiento.

FIGURA 4. 1 PROCESO GENERALIZADO DE DESARROLLO Y DISEÑO VDI

2221



Fuente: (Barriga Gamarra, 2016)

Para lograr todo esto no apoyaremos en la recomendación VDI 2221, el cual es una recomendación de diseño normalizado en cuanto a términos, definiciones y estructura titulado “Métodos para el desarrollo y diseño de sistemas técnicos y productos” el cual nos habla de un proceso estandarizado que consta de 4 etapas:

- **Comprensión de la solicitud:** en esta etapa consiste en comprender el problema el cual es la falta de agua osmotizada que afecta a la línea de producción de fabricación de productos de consumo masivo.
- **Concepto de solución:** en base a nuestro marco de teórico se plantea la instalación de una planta de purificación de agua el cual consiste en purificar el agua para los procesos de producción mediante osmosis inversa luego de un pre-tratamiento para después ser almacenado en un recipiente que garantice los estándares de calidad del agua purificada se mantengan a través del tiempo.
- **Elaboración del proyecto:** en esta etapa primero se determinará la demanda de agua osmotizada en base a un análisis de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo. Luego se seleccionará los equipos que son parte del proceso de purificación de agua en base a los requisitos de presión y temperatura.

Para el cálculo hidráulico del sistema de tuberías se usará la ecuación de Darcy, además se utilizará el manual de Crane para el cálculo de las pérdidas menores Y se seleccionará las bombas adecuadas para mantener las presiones constantes.

De acuerdo a un análisis de costo beneficio se seleccionará un tanque de almacenamiento.

- **Elaboración de ingeniería de detalle:** en esta etapa se elaborarán los planos mecánicos de todo el sistema y se adjuntara las fichas técnicas de los equipos seleccionados.

#### **4.6.1 Concepto de solución**

Para el diseño del sistema de purificación de agua existen varias configuraciones, en este apartado se demostrará la elección de la mejor configuración como solución que satisfaga las exigencias y requerimientos.

#### **4.6.2 Comprensión de la solicitud**

##### **4.6.2.1 Estado de la tecnología**

Es importante conocer el estado de la tecnología para poder así elegir la mejor opción para nuestra solución. Para nuestro trabajo, el estado de la tecnología se vio en el aparato de marco teórico con más detalle, en el cual se profundizó en los métodos de purificación de agua existentes a la actualidad.

- Microfiltración
- Ultrafiltración
- Nanofiltración
- Ósmosis inversa

##### **4.6.2.2 Lista de exigencias**

la concepción de la lista de exigencias tiene que tener que tener relación frente a la solución del problema, debe contener datos adicionales al funcionamiento requerido del sistema.

Entre los puntos principales a tomar en cuenta se tienen los siguientes:

- **La función principal:** El sistema será capaz de entregar un determinado caudal de agua necesario para el funcionamiento continuo de las líneas de fabricación .

- **Calidad de agua:** El agua debe cumplir con unos requisitos de pureza para ser usada en la línea de fabricación. Por lo tanto, se requiere conocer el estado del agua a tratar y la normatividad vigente.
- **Inocuidad:** Los componentes del sistema, deben ser inocuos para no afectar la calidad sanitaria del agua.
- **Espacio:** El sistema ocupe el menor espacio posible.
- **Mantenimiento:** El sistema sea de fácil acceso a los componentes para su adecuado mantenimiento y adecuada protección a los equipos rotativos.
- **Ergonomía:** El sistema sea de fácil de operación
- **Montaje:** Que sea de una fácil instalación.
- **Costos:** Que sea económicamente viable.
- **Mejora:** Que sea posible una ampliación del sistema a futuro.
- **Seguridad:** El sistema debe cumplir con los requisitos de seguridad de la normatividad vigente.

**TABLA 4. 1 MATRIZ DE EXIGENCIAS**

PROYECTO:		DISEÑO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA PARA SATISFACER LA DEMANDA DE AGUA OSMOTIZADA DE LA LINEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO
Prioridad	Deseo o Exigencia	Descripción
1	E	La función principal: El sistema será capaz de entregar un determinado caudal de agua necesario para el funcionamiento continuo de las líneas de fabricación .
2	E	Seguridad: El sistema debe cumplir con los requisitos de seguridad de la normatividad vigente.
3	E	Calidad de agua: El agua debe cumplir con unos requisitos de pureza para ser usada en la línea de fabricación. Por lo tanto, se requiere conocer el estado del agua a tratar y la normatividad vigente.
4	E	Costos: Que sea económicamente viable.
5	E	Inocuidad: Los componentes del sistema, deben ser inocuos para no afectar la calidad sanitaria del agua.
6	E	Espacio: El sistema ocupe el menor espacio posible.
7	E	Mantenimiento: El sistema sea de fácil acceso a los componentes para su adecuado mantenimiento y adecuada protección a los equipos rotativos.
8	E	Ergonomía: El sistema sea de fácil de operación
9	D	protección: proteger las tuberías con aislante.
10	E	Montaje: Que sea de una fácil instalación.
11	D	Accesorios: Que la mayoría de accesorios sean de acero inoxidable por su alta resistencia.-
12	E	Mejora: Que sea posible una ampliación del sistema

Fuente propia

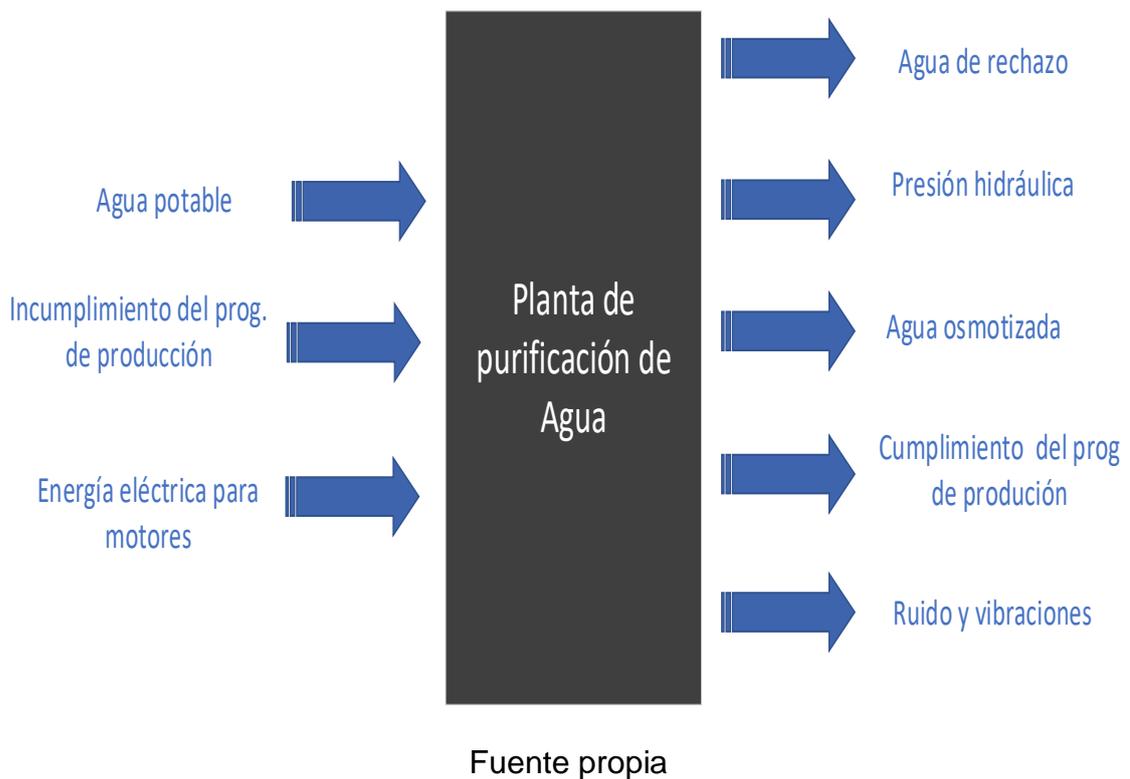
### 4.6.3 Concepción de solución

El siguiente paso después de la comprensión de la solicitud es la elaboración del concepto de solución, la cual se trata de definir una estructura adecuada de funciones y de buscar una solución para cada una de las funciones, también se busca agrupar estas funciones y sus soluciones para así poder determinar la estructura optima.

#### 4.6.3.1 Abstracción

Al sistema de purificación requerido ingresa agua potable, energía, así como la información sobre los incumplimientos de producción por la falta de agua.

**FIGURA 4. 2 CAJA NEGRA**



#### 4.6.3.2 Estructura de funciones.

Determinar la estructura de funciones es importantes ya que en esta parte se detalla la secuencia de operaciones que el sistema debe llevar a cabo para cumplir con su función principal.

##### a. Función principal

De la figura 2.2 se puede describir que la purificación de agua potable con una determinada calidad es la función principal.

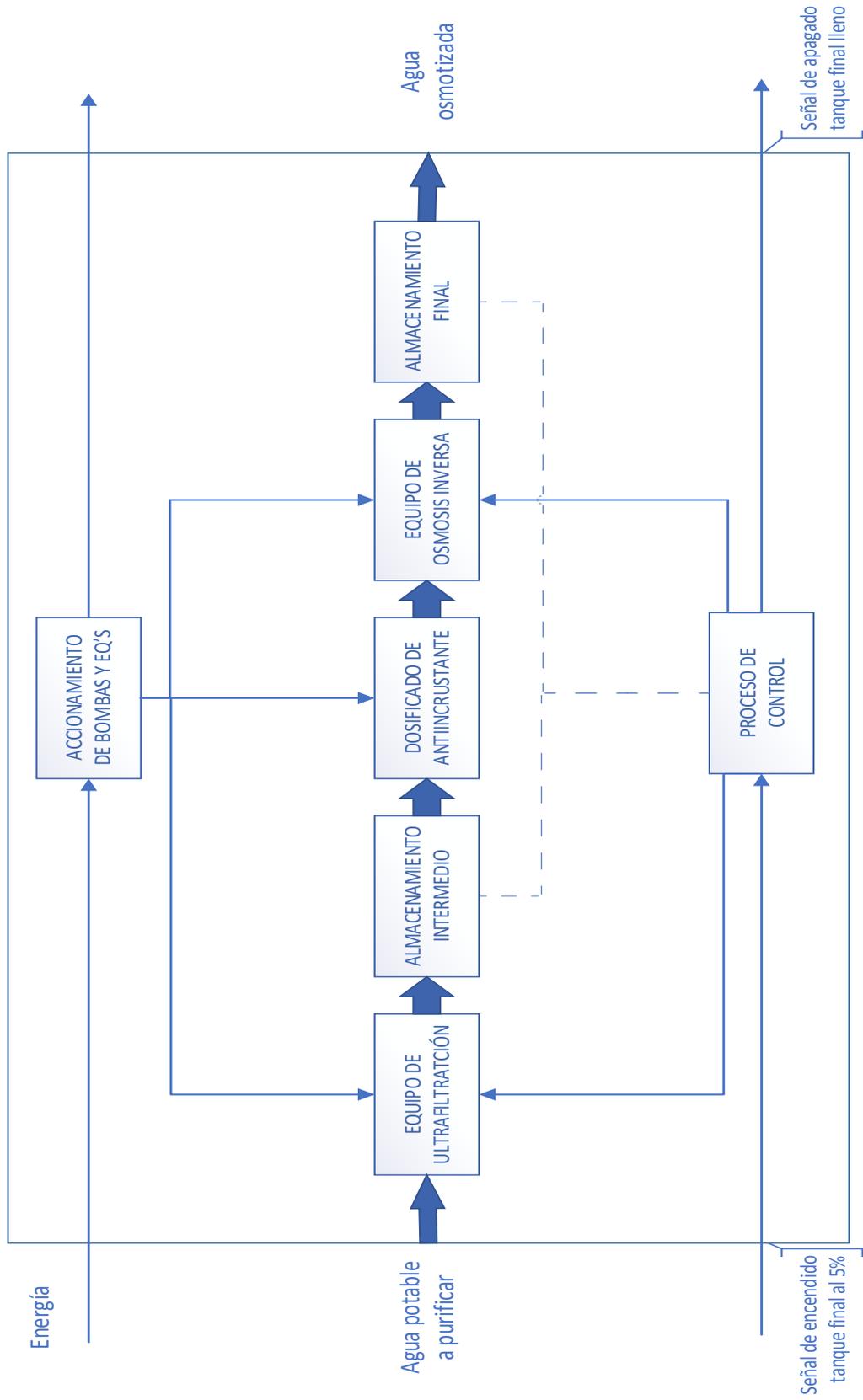
## **b. Funciones parciales**

Para el diseño del sistema de purificación de agua existen varias configuraciones, en este apartado se demostrará la elección de la mejor configuración como solución que satisfaga las exigencias y requerimientos.

Las funciones tienen la capacidad de subdividirse, y para nuestro caso se ha determinado 7 funciones para cumplir con el objetivo final.

1. Bombeo a presión constante
2. Transporte
3. Pre-tratamiento
4. Pre-almacenamiento
5. Dosificar aditivos
6. Purificación
7. Almacenamiento

**FIGURA 4.3 MATRIZ DE FUNCIONES**



Fuente propia

### **4.6.3.3 Conceptos de solución**

Para un problema hay distintas soluciones, para llegar a obtener la mejor solución se va a elaborar una matriz morfológica en la cual podremos observar las funciones parciales y sus respectivos equipos alternativos los cuales realizan las funciones deseadas.

Las funciones tienen la capacidad de subdividirse, y para nuestro caso se ha determinado 7 funciones para cumplir con el objetivo final.:

- Bombeo a presión constante
- Transporte
- Pre-tratamiento
- Pre-almacenamiento
- Dosificar aditivos
- Purificación
- Almacenamiento

### 4.6.3.3.1 Matriz morfológica

FIGURA 4. 4 MATRIZ MORFOLÓGICA

Funciones	Opción 1	Opción 2
<b>Bombeo a presión constante</b>	 Bomba centrífuga	 Bomba centrífuga mult.
<b>Transporte</b>	 Tubería de PVC	 Tuberías de acero inox
<b>Pre-tratamiento</b>	 Intercambio iónico	 Ultrafiltrado
<b>Pre-almacenamiento</b>	 Tanque de acero inox	 Tanque de pvc
<b>Dosificar aditivos</b>	 Dosificador eléctrico	 Dosificador hidráulico
<b>Purificación</b>	 Equipo de osmosis inv.	 Equipo de nanofiltración
<b>Almacenamiento</b>	 Tanque de pvc	 Tanque de acero inox

Solución 1

Solución 2

Fuente propia

#### **4.6.3.3.2 Disposición básica**

Se representarán los 2 conceptos de solución obtenidos de la matriz morfológica, de entre las cuales se obtendrá la mejor opción.

##### **Solución 1**

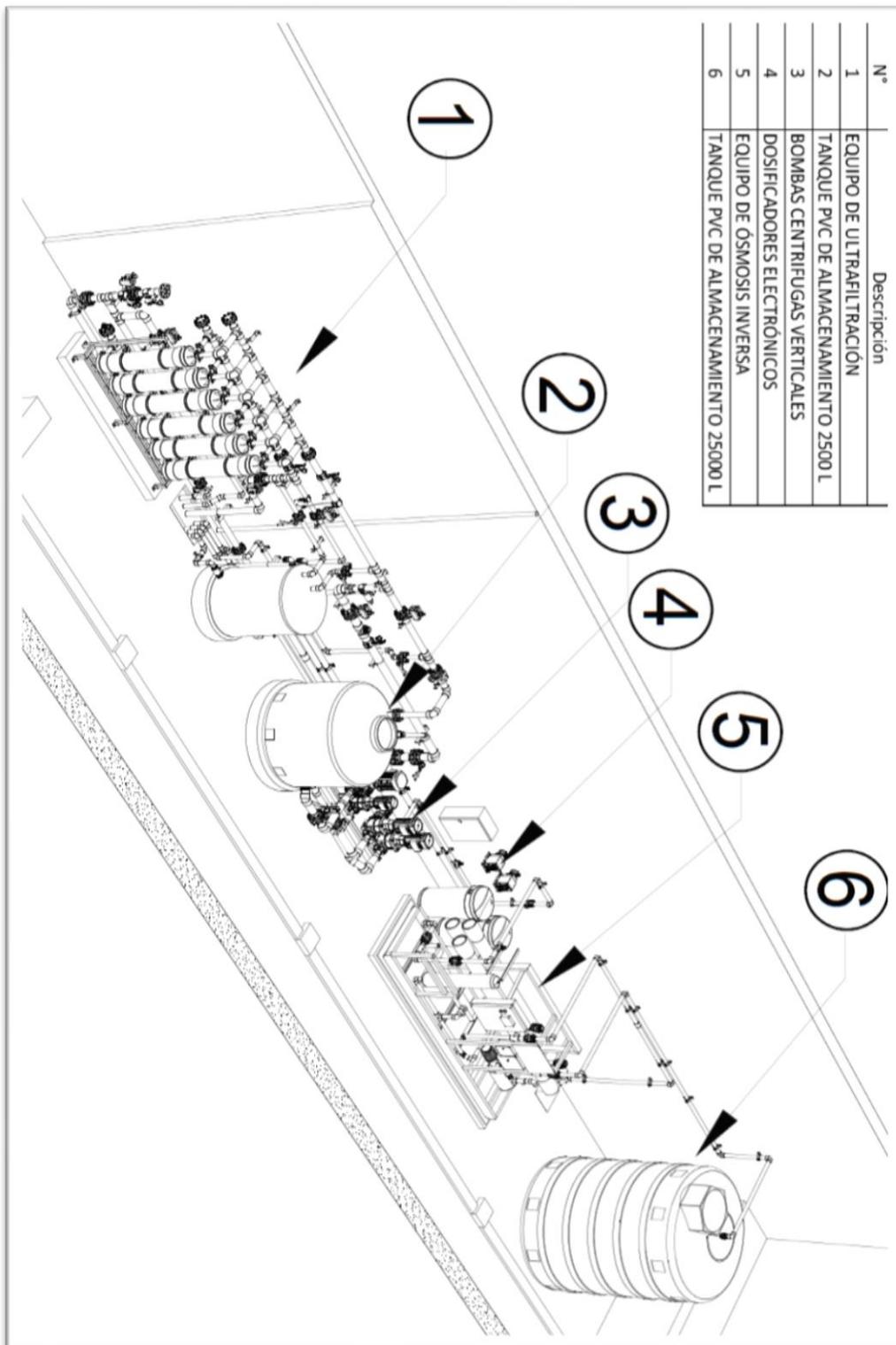
En el ingreso se escoge una bomba centrífuga de impulsor abierto ya que la presión que se requiere es menor a 100 psi, estas bombas proveerán de un caudal y presión constante, controlados por un variador de frecuencia, al equipo de ultrafiltrado para su correcta operación y tuberías de PVC para el transporte.

Se eligió un tanque de PVC Eternit de 2500 litros que tiene como función el almacenamiento del agua pretratada por sus propiedades de inocuidad y valor de inversión de la misma.

Para el suministro secundario de agua pretratada hacia el equipo de osmosis inversa se optó por las bombas centrífugas multietapas controlados por un variador que brindaran un caudal y presión constante de agua a la cual se le dosificara metabisulfito y antiincrustante con un dosificador electrónico para reunir las condiciones químicas requeridas para obtener las especificaciones de calidad de agua solicitados después de pasar por equipo de osmosis inversa.

Para el almacenamiento final antes de la distribución hacia las líneas de fabricación se escogió un tanque Eternit de 25000 litros por su costo de inversión e inocuidad respecto a la mantención de la calidad de agua.

FIGURA 4. 5 SOLUCIÓN 1



Fuente propia

## **Solución 2**

Para el ingreso y abastecimiento de agua del pozo hacia equipo de pretratamiento se optó por una bomba centrífuga de impulsor abierto ya que la presión que se requiere es menor a 100 psi, el equipo de pretratamiento el cual es un equipo des ionizador para retener las impurezas minerales y/o ablandar el agua y tuberías de PVC para el transporte.

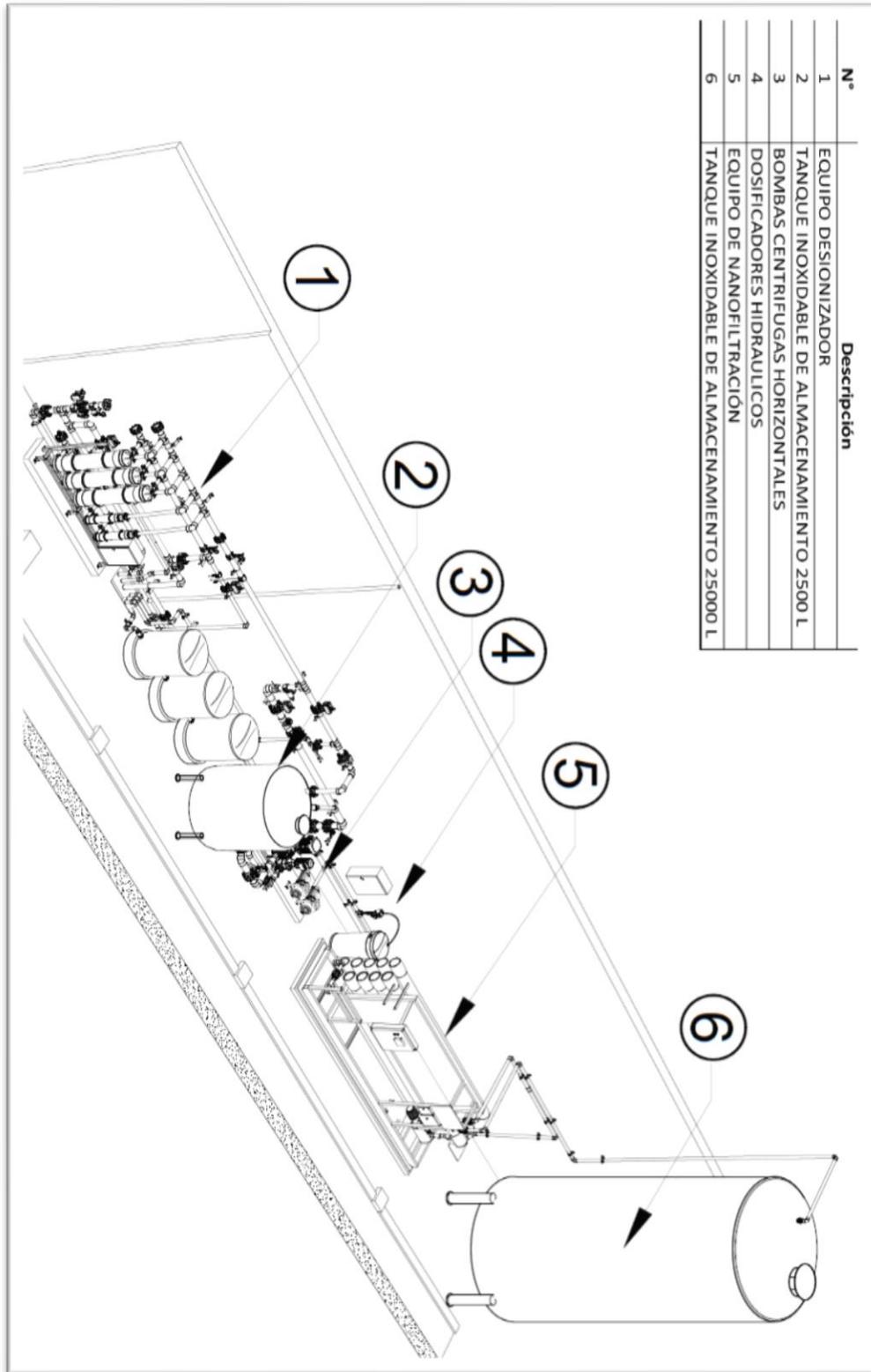
Para el almacenamiento de agua pretratada se escogió un tanque de acero inoxidable que cumple la necesidad de mantener la calidad de agua al ser de materiales inocuos.

El bombeo de agua desde el tanque de almacenamiento de agua pretratada hacia el equipo de nanofiltración elegido se realizará mediante un par de bombas centrífugas de impulsor abierto para funcionamiento alterno para maximizar el tiempo de vida útil y mantenimiento de las mismas.

El agua suministrada del tanque con las bombas de funcionamiento alternante hacia el equipo de nanofiltración será tratada con metabisulfito y antiincrustante con un dosificador hidráulico para obtener el agua a la salida del equipo con la calidad solicitada.

Para el almacenamiento final del agua ya nano filtrada se va a adquirir un tanque de acero inoxidable con las dimensiones acondicionadas al espacio disponible.

FIGURA 4. 6 SOLUCIÓN 2



N°	Descripción
1	EQUIPO DESIONIZADOR
2	TANQUE INOXIDABLE DE ALMACENAMIENTO 25000 L
3	BOMBAS CENTRIFUGAS HORIZONTALES
4	DOSIFICADORES HIDRAULICOS
5	EQUIPO DE NANOFILTRACIÓN
6	TANQUE INOXIDABLE DE ALMACENAMIENTO 25000 L

Fuente Propia

#### **4.6.3.3.3 Evaluación del concepto de solución**

Con las características de diseño ya fijadas se pueden evaluar las opciones de diseño representados por los bosquejos de soluciones ya que todos cumplen con los criterios y características principales.

a) Confiabilidad: Es la capacidad del equipo o sistema de mantener constantes características específicas e importantes para su correcto funcionamiento, esta característica es imprescindible para el sistema que se está diseñando.

b) Seguridad: El sistema debe brindar las condiciones adecuadas para la garantizar la seguridad del operador, y las áreas colindantes a la planta.

c) Operación: Una correcta operación del equipo y conocimiento del funcionamiento del mismo preverán los riesgos de accidentes en el uso cotidiano del sistema.

d) Proceso: Una adecuada comprensión de los procesos físicos y químicos implicados en la purificación de agua será útil para solucionar y evitar cualquier problema que afecte directamente la confiabilidad del sistema de purificación.

e) Ensamble: Los accesorios deberán ser de buena calidad para así garantizar la seguridad y estabilidad de las conexiones hidráulicas también deberán estar seleccionados de acuerdo a un estándar ya que así se garantiza encontrar los repuestos disponibles en el mercado local.

f) Mantenimiento: El sistema tiene que ser diseñado con el fin de mantener las caracterizas de operación constantes el máximo de años posibles para ello el mantenimiento debe ser de fácil y con una frecuencia que maximice el tiempo de vida de los elementos de mayor desgaste (filtros, membranas, etc).

**TABLA 4. 2 EVALUACIÓN DE VALORES TÉCNICOS**

Valor Técnico (Xi)								
DISEÑO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA								
<p>p: el puntaje de 0 a 4 (escala según VDI 2225)                      0= No satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy bien                      g: El peso ponderado se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.</p>								
Criterios de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución ideal	
			S <sub>1</sub>		S <sub>2</sub>		S	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Confiabilidad	17	3	51	3	51	4	68
2	Fácil operación	10	4	40	3	30	4	40
3	Sguridad	17	4	68	4	68	4	68
4	Fácil montaje	6	3	18	3	18	4	24
5	Fácil mantenimiento	13	4	52	2	26	4	52
6	Poco espacio req	17	3	51	2	34	4	68
7	Complejidad	7	1	7	2	14	4	28
8	Fácil limpieza	13	3	39	3	39	4	52
Puntaje máximo Σg o Σgp		100	25	326	22	280	32	400
Valor Técnico (Xi)			<b>0.82</b>		<b>0.70</b>		<b>1.00</b>	

Fuente propia

**TABLA 4. 3 EVALUACIÓN DE CRITERIOS ECONÓMICOS**

Valor Económico (Yi)								
DISEÑO DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA								
<p>p: el puntaje de 0 a 4 (escala según VDI 2225)                      0= No satisface, 1=Aceptable a las justas, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Muy bien                      g: El peso ponderado se da en función de la importancia de los criterios de evaluación.</p>								
Criterios de Proyectos			Solución 1		Solución 2		Solución ideal	
			S <sub>1</sub>		S <sub>2</sub>		S	
N°	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp
1	Confiabilidad	17	3	51	2	34	4	68
2	Fácil operación	10	3	30	3	30	4	40
3	Seguridad	17	3	51	3	51	4	68
4	Fácil montaje	6	3	18	3	18	4	24
5	Fácil mantenimiento	13	3	39	1	13	4	52
6	Poco espacio req	17	3	51	3	51	4	68
7	Complejidad	7	2	14	2	14	4	28
8	Fácil limpieza	13	2	26	1	13	4	52
Puntaje máximo Σg o Σgp		100	22	280	18	224	32	400
Valor Económico (Yi)			<b>0.70</b>		<b>0.56</b>		<b>1.00</b>	

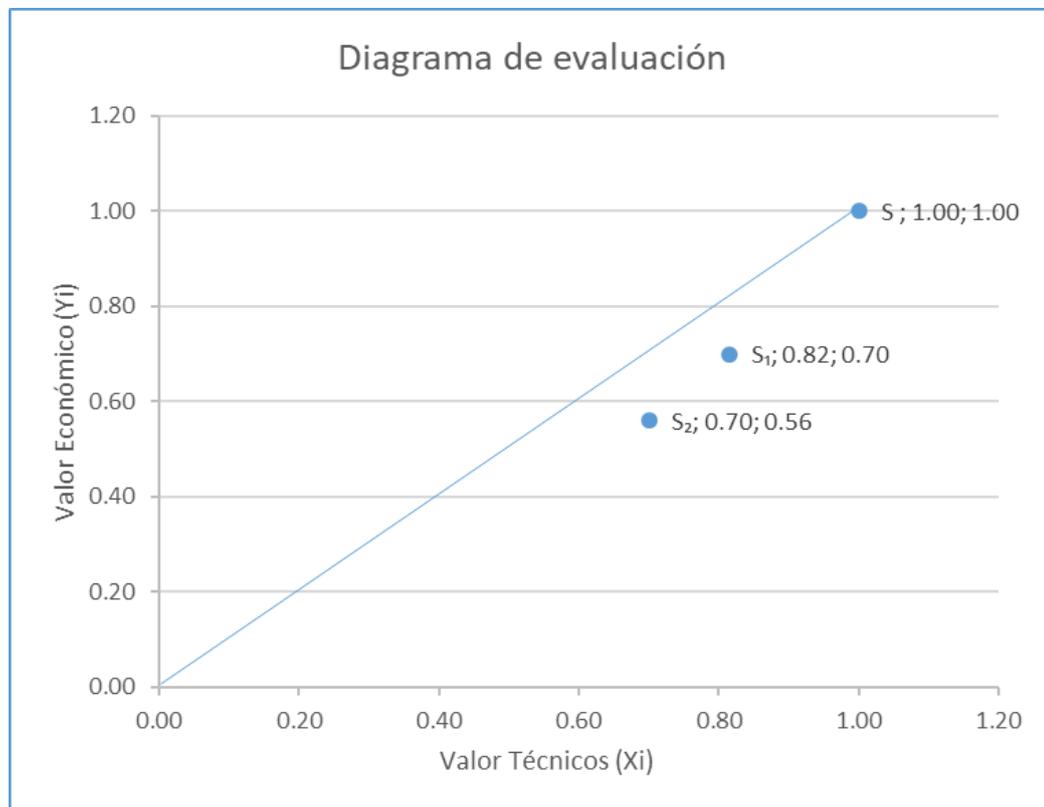
Fuente propia

**TABLA 4. 4 TABLA DE VALORES TÉCNICOS Y ECONÓMICOS**

	<b>S<sub>1</sub></b>	<b>S<sub>2</sub></b>	<b>S</b>
<b>Valor Técnicos (Xi)</b>	<b>0.82</b>	<b>0.7</b>	<b>1</b>
<b>Valor Económicos (Yi)</b>	<b>0.66</b>	<b>0.6</b>	<b>1</b>

Fuente propia

**FIGURA 4. 7 DIAGRAMA DE EVALUACIÓN**



Fuente propia

Se concluye que la solución 1 es más rentable respecto al tiempo que la solución 2 después de analizar los indicadores financieros de los anexos 19 y 20 para cada caso.

### **Calculo hidráulico y selección de equipos**

Una vez seleccionado el diseño adecuado para la necesidad planteada se procede al cálculo correspondiente.

### **Determinación de caudal de agua osmotizada.**

Para determinar el agua que se requiere suministrar a la planta, se deben tener en cuenta los “batch” de la línea de producción. Entre las cuales se encuentra la producción de los helados:

- Limpiavidrios
- Shampoo
- Jabón líquido
- Suavizante de ropa
- Quitamanchas

En el caso de este grupo de líneas de producción se adecúan al siguiente horario, y con el siguiente consumo durante una hora:

**TABLA 4. 5 HORARIO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

<b>Hora</b>	<b>Línea de producción</b>	<b>Consumo de agua por batch (m3)</b>
8:00 a.m.	Limpiavidrios	10
9:00 a.m.	Shampoo	11
10:00 a.m.	Jabón líquido	8
11:00 a.m.	Suavizante de ropa	14
12:00 p.m.	Quitamanchas	9
1:00 p.m.	Durante el refrigerio se recarga el tanque de agua osmotizada	
2:00 p.m.	Limpiavidrios	10
3:00 p.m.	Shampoo	11
4:00 p.m.	Jabón líquido	8
5:00 p.m.	Suavizante de ropa	14
6:00 p.m.	Quitamanchas	9

Fuente propia

Durante el consumo del agua de una línea de producción, el tanque de almacenamiento se va llenando para el consumo de la siguiente línea de producción, al final de día se llena el tanque de agua para el uso del día siguiente en un plazo máximo de 3 horas.

En este caso nuestras incógnitas son el caudal mínimo de agua para llenar el tanque a tiempo, y la capacidad mínima que debe tener el tanque de almacenamiento para poder abastecer a las líneas de producción.

Entonces sea:

x: Caudal de agua suministrada (m<sup>3</sup>/h)

y: Capacidad del tanque de almacenamiento (m<sup>3</sup>)

Se tiene las siguientes ecuaciones:

### DETERMINACIÓN DE CAUDAL DE DISEÑO

$$3h * x \frac{m^3}{h} = ym^3$$

$$ym^3 - 104m^3 + x \frac{m^3}{h} * 10h \geq 0 \dots\dots\dots (4.1)$$

Despejando el sistema de ecuaciones se determina que el caudal de agua osmotizada debe ser por lo menos de 8 m<sup>3</sup>/h y se debe seleccionar un tanque con una capacidad mínima de 24 m<sup>3</sup>.

### Determinación de la calidad de agua osmotizada

Según los estándares de calidad de la empresa de fabricación de productos de consumo masivo, al tratarse de agua que será usada en productos de consumo, se exige que dicha agua tenga un máximo nivel de conductividad entre 5 µS/cm y 20 µS/cm.

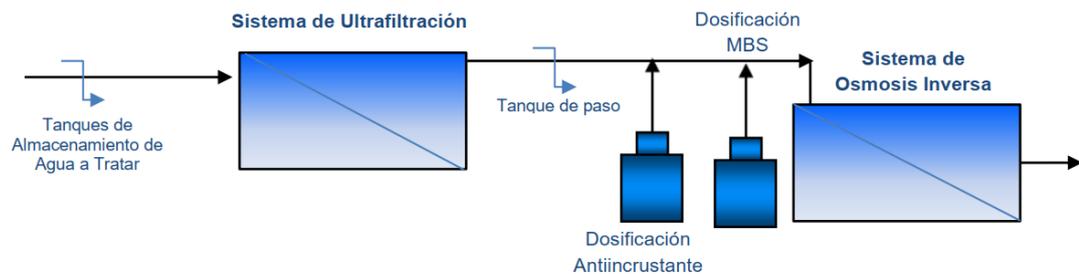
### Selección de equipos de tratamiento de aguas

Como se determinó según la metodología del VDI 2221, el tratamiento del agua se basa en lo siguiente:

- Equipo de ultrafiltración
- Equipo de Osmosis inversa

- Inyección de anti incrustante y metabisulfito.

**FIGURA 4. 8 ESQUEMA DE EQUIPOS**



Fuente propia

### Equipos de Osmosis Inversa

En la selección del equipo trabajamos con el programa Winflows, con el cual determinamos el equipo de osmosis inversa adecuado para nuestro diseño.

Para el equipo de osmosis inversa se requiere de los datos de muestra de agua a tratar, por lo cual este análisis fue realizado por un laboratorio especializado acreditado por el Instituto Nacional de calidad (INACAL). En dicho análisis, los datos más relevantes son la conductividad, dureza, PH, turbiedad y temperatura del agua, además de la presencia de elementos como el Cloro, Sílice y Sulfato.

Primero seleccionamos el modelo de sistema con el que trabajaremos, en nuestro caso es un sistema de un solo paso sin recuperación.

Ingresamos los datos del análisis del agua en el programa, y luego realizamos un balance químico.

**FIGURA 4. 9 PARÁMETROS DE AGUA A TRATAR WINFLOWS**

**Water Type**

Select Water Source: Brackish Wellwater  
 Select Water Type: User Defined

Ion	mg/l	meq/l	ppm as CaCO3
Calcium (Ca)	41.81	2.0866	104.42
Magnesium (Mg)	16.26	1.3381	66.96
Sodium (Na)	158.31	6.8859	344.59
Potassium (K)	1.53	0.0392	1.96
Ammonia - N (NH4)	0.00	0.0000	0.00
Barium (Ba)	0.03	0.0004	0.02
Strontium (Sr)	0.53	0.0121	0.61
Iron (Fe)	0.00	0.0000	0.00
Manganese (Mn)	0.00	0.0000	0.00
<b>Total Cations</b>	<b>218.47</b>	<b>10.3624</b>	<b>518.57</b>
Sulfate (SO4)	71.92	1.4973	74.93
Chloride (Cl)	266.00	7.5029	375.47
Fluoride (F)	0.00	0.0000	0.00
Nitrate (NO3)	0.00	0.0000	0.00
Bromide (Br)	0.00	0.0000	0.00
Phosphate (PO4)	0.00	0.0000	0.00
Boron (B)	0.20	0.0002	0.01
Silica (SiO2)	2.42	0.0001	0.00
Hydrogen Sulfide (H2S)	0.00	0.0000	0.00
Bicarbonate (HCO3)	82.93	1.3591	68.01
Carbon Dioxide (CO2)	7.83	0.0000	0.00
Carbonate (CO3)	0.08	0.0026	0.13
<b>Total Anions</b>	<b>423.54</b>	<b>10.3624</b>	<b>518.57</b>

Note :- Alkalinity is user-input  
 Execute 'Balance' button first. If required, click on 'Add Sodium/Chloride'

**Parameters**

Total Alkalinity (ppm CaCO3): 68.16  
 TDS (mg/l): 642.01  
 pH: 7.20  
 Temperature (C): 21.20  
 SDI: 3.00  
 Recovery (%): 70

**Saturation Data (Feed Water)**

BaSO4: 90.08 %  
 CaF2: 0.00 %  
 CaSO4: 1.26 %  
 SiO2: 1.93 %  
 SrSO4: 1.11 %  
 Struvite: 0.000 %  
 LSI: -0.76  
 Stiff-Davis Index: -1.13  
 Osmotic Pressure: 6.22 psi  
 Conductivity at 25C: 1160 µS/cm  
 Density: 998.4 kg/m3

Buttons: Export, Import, Multiple Feed, Design Guidelines, Add Sodium, Add Chloride, Clear Values, Balance, Cancel, OK

Fuente: Programa Winflows

Luego, se indica el caudal de producción que tendrá el equipo, además de la recuperación del sistema como se indica en la figura.

**FIGURA 4. 10 CAUDAL DE AGUA PURIFICADA. WINFLOWS**

Flow Rates

Flow

Specify Product 38.50 gpm

Specify Feed gpm

Specify Concentrate gpm

RO Recoveries

Recovery 70.00 %

Concentrate Recycle

Specify Flow Rate  Specify Percent

RO1 to RO1Feed 0.00 gpm

Feed Bypass

Specify Flow Rate 0.00 gpm

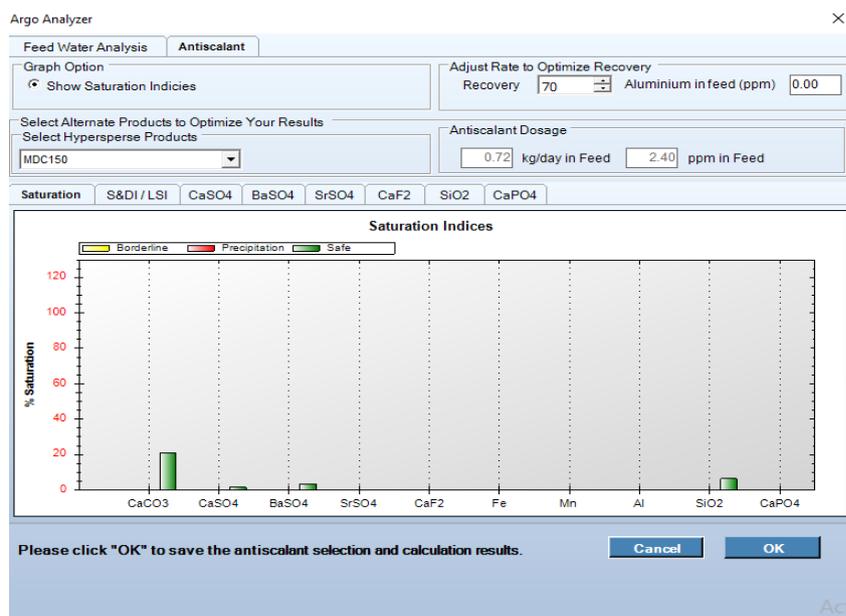
Specify Percent 0 %

Cancel OK

Fuente Winflows

Como adicional, configuramos una dosis de anti incrustante y meta bisulfito para reducir las concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{BaSO}_4$  que pueden ocasionar una saturación en la membrana.

**FIGURA 4. 11 ANÁLISIS DE IMPUREZAS ARGO. WINFLOWS**



Fuente :Winflows

Después seleccionamos el equipo adecuado de osmosis inversa con la configuración de membranas que debe tener. En nuestro caso es el modelo E8-57k con una configuración de 3 tanques con 3 membranas del modelo AG8040F 400 por tanque.

**FIGURA 4. 12 PARÁMETROS EQUIPO ÓSMOSIS INVERSA**

RO Element Data

Pass 1

RO Parameters

RO Machine Model: E8-57K    E8 60 Hz    Perm Flow: 40.00 gpm

Recycle Permeate from Last Stage to Feed Pump

Split Permeate (Upstream Part) (gpm) 0.00

Permeate bypass (gpm) 0.00

None

Stage	Pressure Vessels	Elements Per Vessel	Application	Element Group	Element Model	Element Age (yr)	Flux Annual % Change	Salt Passage Annual % Change	Permeate Pressure (psi)	Interstage Pressure Loss (psi)	Interstage Boost Pressure (psi)	Boost Energy Efficiency %	Element Info
1	1	3	BW RO PA	Standard	AG8040F 400	3.00	3.00	5.00	0.00	0.00			...
2	1	3	BW RO PA	Standard	AG8040F 400	3.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...
3	1	3	BW RO PA	Standard	AG8040F 400	3.00	3.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...
4	0	0				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...
5	0	0				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...
6	0	0				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...

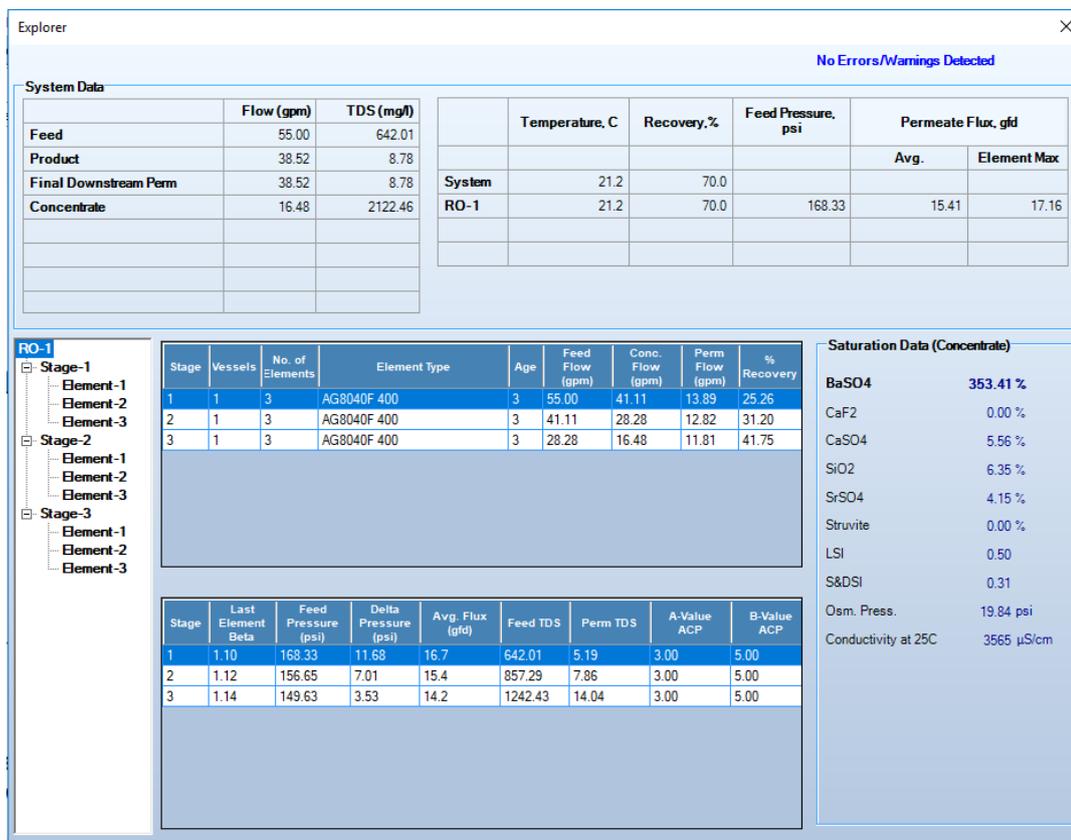
Check Web for New Database    Element Age Calculator    Cancel    OK

Type			
Area	0	Rejection	0
Nominal Flow	0	Test TDS, mg/L	0
Test Pressure	0	Max Pressure	0

Fuente Winflows

Finalmente, corremos el programa para poder verificar los resultados donde nos indican las condiciones finales del agua acorde al equipo que hemos seleccionado como se observa en la figura.

**FIGURA 4. 13 RESULTADO FINAL DE SELECCIÓN**



Fuente Winflows

El informe final de la selección del equipo, así como sus fichas técnicas se encuentran en el anexo.

### Equipo de ultra filtrado

Para el correcto funcionamiento del equipo de osmosis inversa es necesario un tratamiento previo del agua, por lo cual es necesario un sistema de ultra filtrado. En base a la metodología del VDI se tiene entre los requerimientos que el equipo UF sea de fácil instalación, compacto y con capacidad para ser ampliado.

Teniendo en cuenta los resultados del programa winflows, el caudal requerido para el sistema es de 13.63 m<sup>3</sup>/h, el cual proviene de un tanque de

almacenamiento. Considerando el caudal requerido para el retro lavado, el equipo de ultra filtrado debe manejar un caudal de 16.35 m<sup>3</sup>/h.

Para el cálculo del número de membranas se requiere como dato el área nominal de la membrana, así como el flujo de trabajo de la membrana. Los cuales son obtenidos de las fichas técnicas.

Área nominal: 40 m<sup>2</sup>

Flujo de trabajo de la membrana: 845 gph

Flujo de ingreso al equipo UF: 72 gpm

Con estos datos se obtiene un resultado de 6 tubos porta filtro.

### **Selección del tanque de almacenamiento de agua osmotizada**

Para la selección del tanque se toma en cuenta la cantidad de agua estimada que se usará durante el día de trabajo, lo cual se tomó en cuenta para el cálculo del caudal. Teniendo en cuenta esto, se determinó que se requiere un tanque con una capacidad mínima de 24 m<sup>3</sup>.

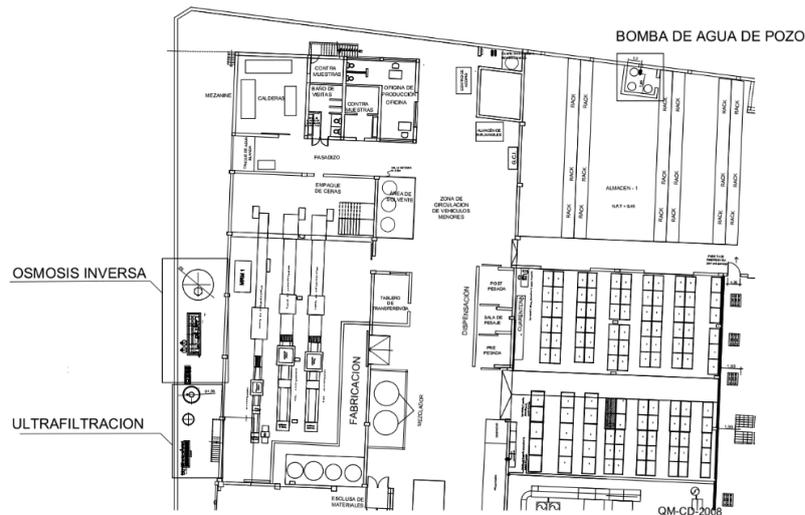
Para la capacidad del tanque intermedio, se determina en base al caudal de backwash que requieren los filtros según la ficha, el cual da un total de 54 m<sup>3</sup>/h. Acorde a esto obtuvimos un tanque de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad.

Respecto al material se determinó según la metodología VDI que la mejor opción es un tanque de material PVC. Para el caudal determinado, en fabricación estándar se cuentan con tanques de 25 m<sup>3</sup> y 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad.

Distribución de equipos

Para poder determinar el cálculo del sistema de tuberías, determinamos la ubicación de los equipos en el espacio disponible como se muestra en la imagen:

**FIGURA 4. 14 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS. VISTA DE PLANTA**



Fuente propia

### **Cálculo de tuberías y selección de bombas**

Según la metodología se determinó que el material adecuado será una tubería de PVC de cédula 80, con lo que nos queda determinar los diámetros recomendados para la instalación, para posteriormente proceder con el cálculo de caídas de presión.

Según un software de dimensionamiento de tuberías, con una restricción de velocidad máxima de 8 ft/s. Se determinó para los caudales de 72 gpm, 60 gpm, 240 gpm y 108 gpm lo siguiente:

FIGURA 4. 15 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS PRINCIPALES

Sch 80 PVC Plastic		70°F Water	
3"		72 USgpm	
Outside Diameter	3.5 in	Fluid density	62.304 lb/ft <sup>3</sup>
Wall Thickness	0.3 in	Fluid viscosity	2.3616 lb/ft-h
Inside Diameter	2.9 in	Specific Heat	0.998 Btu/lb°F
Inside Area	6.605 in <sup>2</sup>	Energy factor	498.7 Btu/h°F-gpm
Cross Section Area	3.01 in <sup>2</sup>	Fluid velocity	3.5 ft/s
Section Modulus	2.226 in <sup>3</sup>	Reynolds Number	80,270
Moment of Inertia	3.895 in <sup>4</sup>	Friction factor	0.01894
Radius Gyration	1.14 in	Head Loss	1.49 ft/100 ft
Weight of Pipe	1.971 lb/ft	Elbow loss	0.067 ft
Weight Pipe + Fluid	4.836 lb/ft		

Sch 80 PVC Plastic		70°F Water	
2"		60 USgpm	
Outside Diameter	2.375 in	Fluid density	62.304 lb/ft <sup>3</sup>
Wall Thickness	0.218 in	Fluid viscosity	2.3616 lb/ft-h
Inside Diameter	1.939 in	Specific Heat	0.998 Btu/lb°F
Inside Area	2.953 in <sup>2</sup>	Energy factor	498.7 Btu/h°F-gpm
Cross Section Area	1.48 in <sup>2</sup>	Fluid velocity	6.52 ft/s
Section Modulus	0.73107 in <sup>3</sup>	Reynolds Number	100,045
Moment of Inertia	0.86814 in <sup>4</sup>	Friction factor	0.01815
Radius Gyration	0.7665 in	Head Loss	7.42 ft/100 ft
Weight of Pipe	0.965 lb/ft	Elbow loss	0.627 ft
Weight Pipe + Fluid	2.246 lb/ft		

Sch 80 PVC Plastic		70°F Water	
4"		240 USgpm	
Outside Diameter	4.5 in	Fluid density	62.304 lb/ft <sup>3</sup>
Wall Thickness	0.337 in	Fluid viscosity	2.3616 lb/ft-h
Inside Diameter	3.826 in	Specific Heat	0.998 Btu/lb°F
Inside Area	11.497 in <sup>2</sup>	Energy factor	498.7 Btu/h°F-gpm
Cross Section Area	4.41 in <sup>2</sup>	Fluid velocity	6.7 ft/s
Section Modulus	4.272 in <sup>3</sup>	Reynolds Number	202,809
Moment of Inertia	9.613 in <sup>4</sup>	Friction factor	0.01572
Radius Gyration	1.48 in	Head Loss	3.438 ft/100 ft
Weight of Pipe	2.88 lb/ft	Elbow loss	0.209 ft
Weight Pipe + Fluid	7.867 lb/ft		

Sch 80 PVC Plastic		70°F Water	
3"		100 USgpm	
Outside Diameter	3.5 in	Fluid density	62.304 lb/ft <sup>3</sup>
Wall Thickness	0.3 in	Fluid viscosity	2.3616 lb/ft-h
Inside Diameter	2.9 in	Specific Heat	0.998 Btu/lb°F
Inside Area	6.605 in <sup>2</sup>	Energy factor	498.7 Btu/h°F-gpm
Cross Section Area	3.01 in <sup>2</sup>	Fluid velocity	5.25 ft/s
Section Modulus	2.226 in <sup>3</sup>	Reynolds Number	120,406
Moment of Inertia	3.895 in <sup>4</sup>	Friction factor	0.01744
Radius Gyration	1.14 in	Head Loss	3.086 ft/100 ft
Weight of Pipe	1.971 lb/ft	Elbow loss	0.15 ft
Weight Pipe + Fluid	4.836 lb/ft		

Fuente Pipesizer

## Altura dinámica

Para determinar las caídas de presión primero se determinó los elementos que originan las pérdidas primarias y secundarias, lo que incluye longitud de tuberías, accesorios como codos y bifurcaciones, y elementos de control como válvulas. En este apartado se muestra el proceso para la línea de bombeo desde el agua proveniente del pozo hasta el tanque intermedio que almacena agua filtrada.

En la tabla se muestran las longitudes equivalentes del recorrido de las tuberías que transportan el agua de pozo hasta el tanque de almacenamiento intermedio.

**TABLA 4. 6 LONGITUDES EQUIVALENTES TUBERÍA UF**

TANQUE CISTERNA DE AGUA DE POZO A TANQUE DE AGUA UF (72 GPM)	TANQUE CISTERNA A EQUIPO UF	EQUIPO UF A TANQUE UF	TOTAL	LONGITUD EQUIVALENTE (ft)	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL (m)
DISTANCIA (m)	73.31	5.75	79.06		84.81
# CODOS 90	4	2	6	51	15.5448
# CODOS 45	2		2	8	2.4384
Tees	3		3	45	13.716
VALVULAS MARIPOSA	3	2	5	10	3.048
VALVULAS CHECK	1		1	20	6.096
VALVULA CHECK PIE	1		1	20	6.096
REDUCCIONES	3		3	12	3.6576

Fuente propia

Con las longitudes equivalentes, a través de la fórmula de Hazen Williams obtenemos el total de pérdidas. En este caso es de un total de 29.1 mca.

Luego, con la ecuación de la energía, determinamos la altura dinámica total de la bomba, considerando adicionalmente una diferencia de alturas de 1.6 m

entre el inicio de la succión y la descarga al tanque, y agregar la presión mínima que exige el equipo de ultrafiltración, el cual equivale a 20.4 mca.

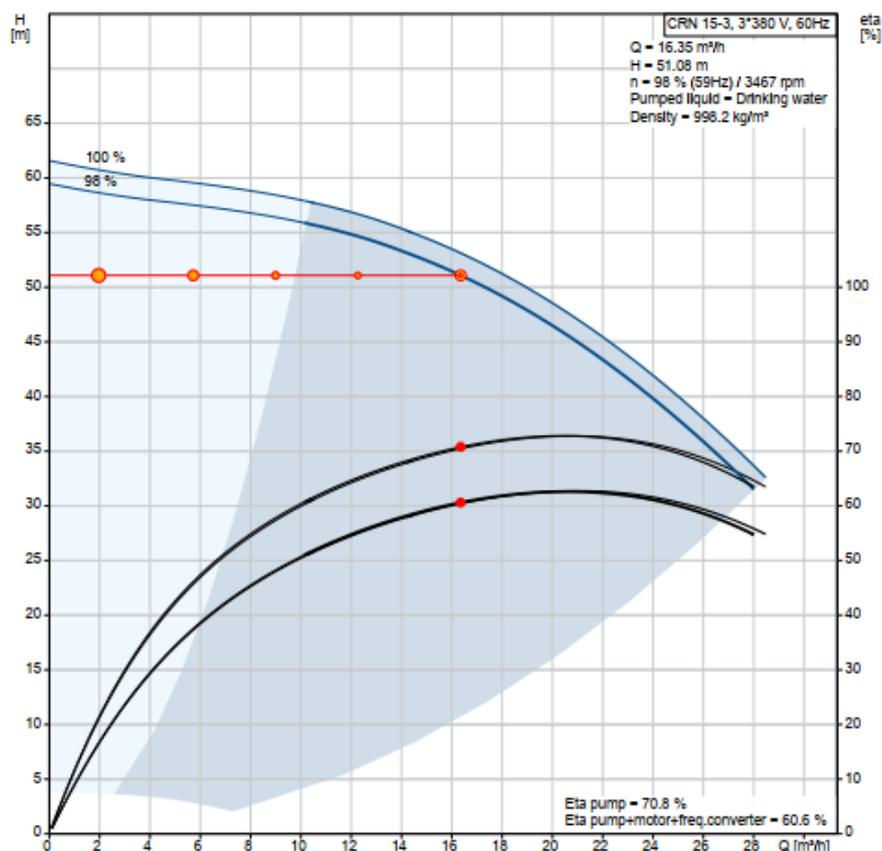
En resumen, tenemos los siguientes datos para la selección de la bomba:

Caudal: 16.35 m<sup>3</sup>/h

Altura: 51.08 mca

Con los datos obtenidos seleccionamos la bomba adecuada para el sistema, teniendo en cuenta lo establecido por la metodología VDI, la cual indica una bomba de eje vertical multietapa de acero inoxidable. En este caso aplicamos el software de la empresa Grundfos para obtener un resultado más fiable.

**FIGURA 4. 16 CURVA DE BOMBA UF**



Fuente Grundfos

Con el mismo procedimiento se realizó el cálculo para el bombeo de agua osmotizada, retro lavado y CIP, las cuales se muestran a continuación.

### Bombeo de agua osmotizada

**TABLA 4. 7 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA ÓSMOSIS INVERSA**

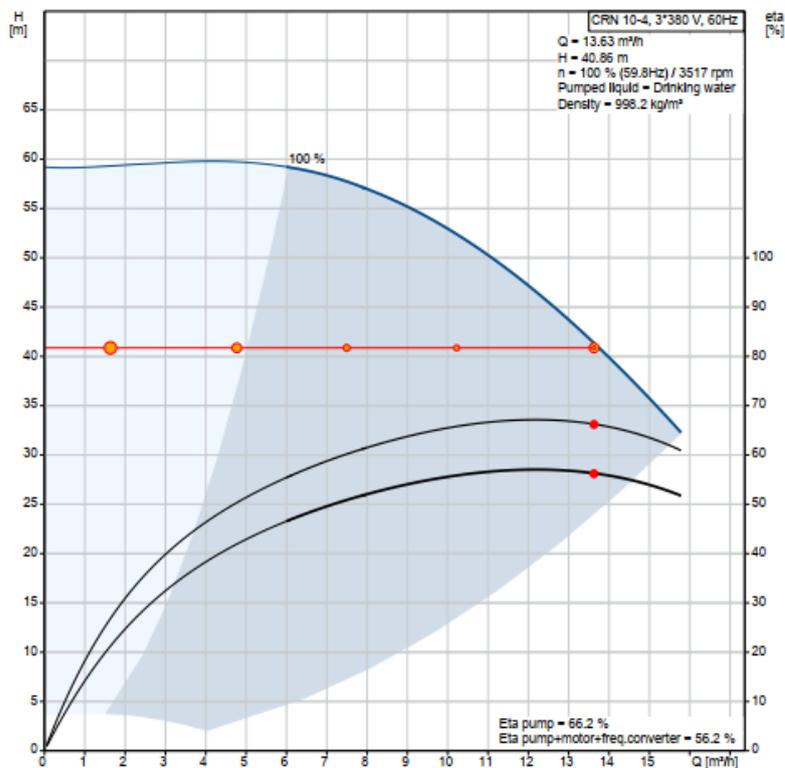
TANQUE DE AGUA UF TANQUE AGUA OSMOTIZADA (60 GPM)	TANQUE DE AGUA UF A EQUIPO OSMOSIS	EQUIPO OSMOSIS A TANQUE AGUA OI	TOTAL	LONGITUD EQUIVALENTE (ft)	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL (m)
DISTANCIA H(m)	9.42	9.1	18.52		18.52
# CODOS 90	7	5	12	66	20.1168
# CODOS 45	1		1	2.5	0.762
Tees	1		1	11	3.3528
VALVULA BOLA	2		2	116	35.3568
REDUCCIONES	2		2	9	2.7432
VALVULA CHECK	1		1	20	6.096
SALIDA DE TANQUE A TUBERIA	1		1	4.5	1.3716

Fuente propia

Caudal: 13.63m<sup>3</sup>/h

Altura: 40.86 mca

**FIGURA 4. 17 CURVA ÓSMOSIS INVERSA**



Fuente Grundfos

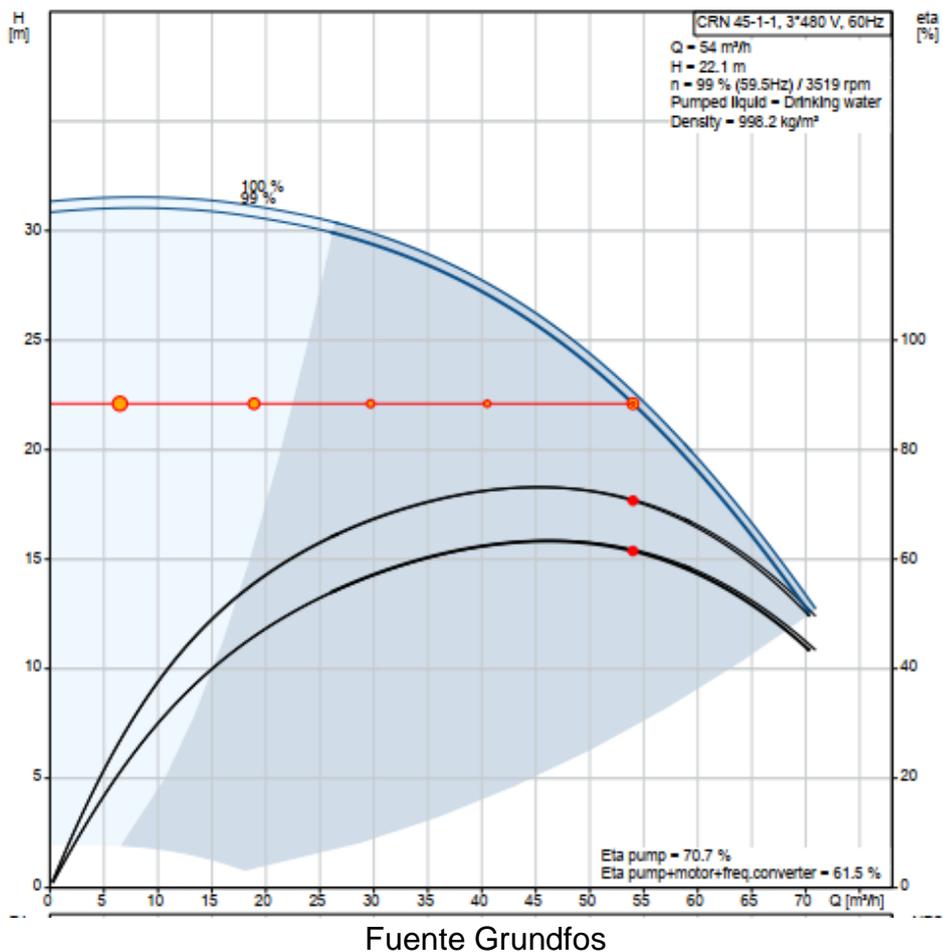
## Bombeo de retro lavado

**TABLA 4. 8 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA DE RETROLAVADO**

BOMBA DE RETROLAVADO (240 GPM)	RETROLAVADO	LONGITUD EQUIVALENTE (ft)	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL (m)
DISTANCIA (m)	8.2		8.2
# CODOS 90	4	44	13.4112
# CODOS 45	2	10	3.048
VALVULAS MARIPOSA	3	7.5	2.286
VALVULAS CHECK	1	26	7.9248
SALIDA DE TANQUE A TUBERIA	1	6	1.8288
REDUCCIONES	3	18	5.4864

Fuente propia

**FIGURA 4. 18 CURVA RETROLAVADO**



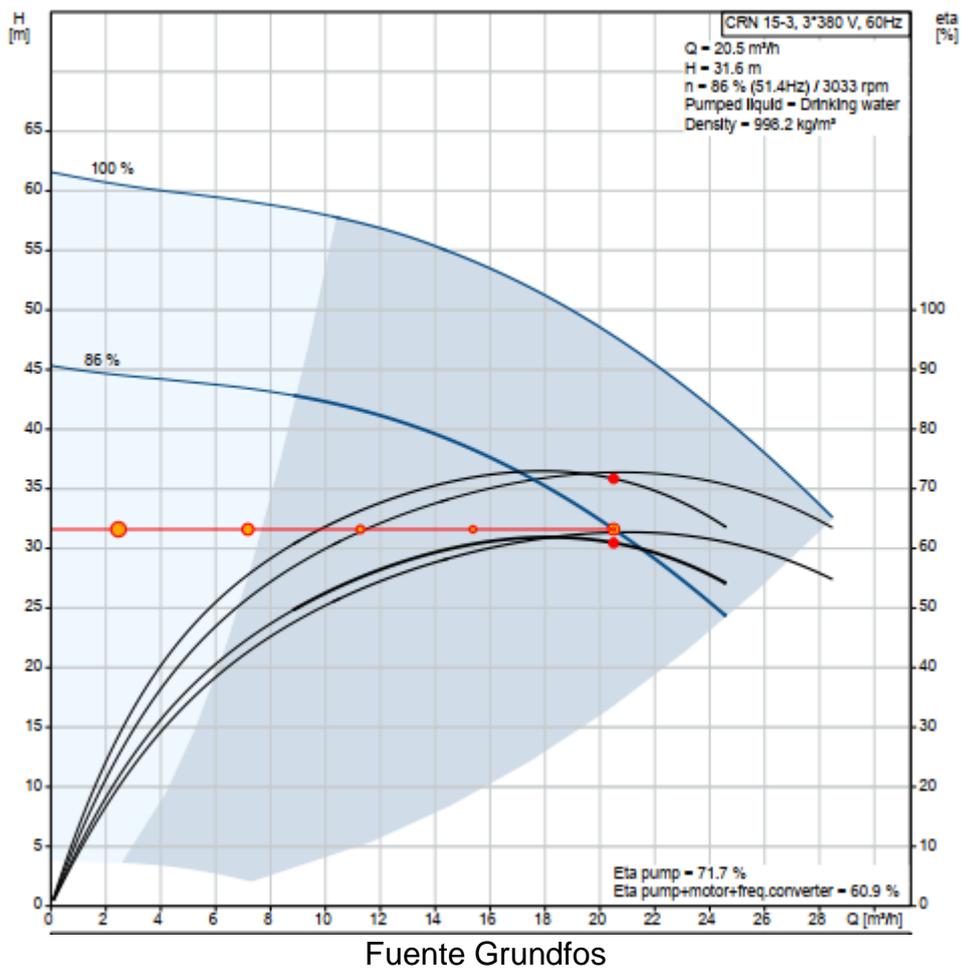
## Bombeo CIP

**TABLA 4. 9 LONGITUD EQUIVALENTE TUBERÍA CIP**

BOMBA CIP (108 GPM)	CIP	LONGITUD EQUIVALENTE (ft)	LONGITUD EQUIVALENTE TOTAL (m)
DISTANCIA (m)	18.3		18.3
# CODOS 90	8	68	20.7264
# CODOS 45	2	8	2.4384
Tees	0		0
DIFERENCIA ALTURAS (m)	0.5		0
VALVULAS MARIPOSA	3	5.1	1.55448
VALVULAS CHECK	1	20	6.096
SALIDA DE TANQUE A TUBERIA	1	4.5	1.3716
REDUCCIONES	2	9	2.7432

Fuente propia

**FIGURA 4. 19 CURVA BOMBA CIP**



Nota: En el cálculo de la bomba de limpieza química (CIP) se consideró que el porcentaje de químicos en el agua es despreciable en el cálculo hidráulico como se muestra en la imagen, en base a la normativa de la American Water works Association (AWWA).

**FIGURA 4. 20 SOLUCIONES TÍPICAS DE LIMPIEZA QUÍMICA**

Foulant Type	Cleaning Solution(s)
Inorganic salts (e.g., CaCO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> , BaSO <sub>4</sub> )	0.2% HCl; 0.5% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ; 2% citric acid
Metal oxides	2% citric acid; 1% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Inorganic colloids (silt)	0.1% NaOH/0.05% Na dodecyl benzene sulfonate/pH 12
Silica (and metal silicates)	Ammonium bifluoride; 0.1% NaOH/0.05% Na dodecyl benzene sulfonate/pH 12
Biofilms and organics	Hypochlorite, hydrogen peroxide, 0.1% NaOH/0.05% Na dodecyl benzene sulfonate/pH 12; 1% sodium tripolyphosphate/1% trisodium phosphate/1% sodium EDTA

Fuente: American Water Works Association, 2007

## V. RESULTADOS

### 5.1 Caudal y conductividad del agua

En base al consumo de agua de las líneas de producción y según los resultados del programa Winflows se determinó un caudal de 8.7 m<sup>3</sup>/h (38.5 Gpm) con un nivel de conductividad de 18 µS/cm en promedio.

**FIGURA 5. 1 RESUMEN DE RESULTADO**

lons, mg/l		Total Feed	RO1 Feed	Final Downstream Perm	Product
Flow	gpm	55.00	55.00	38.52	38.52
Temperature	C	21.20	21.20	21.20	21.20
Pressure	psi	0.00	168.33	0.00	0.00
Osm. Pressure	psi	6.22	6.22	0.16	0.16
pH		7.20	7.20	5.49	5.49
Conductivity at 25C	µS/cm	1160.00	1160.00	18.00	18.00

Fuente: Winflows

## 5.2 Equipos de purificación

Según los cálculos se determinó el equipo de osmosis inversa y el equipo de ultrafiltración con las siguientes especificaciones, para mayor información ver anexos con las fichas técnicas.

**TABLA 5. 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO DE ÓSMOSIS  
INVERSA**

Caudal de Ingreso	55 gpm
Caudal de Permeado	38.5 gpm
Caudal de Rechazo	16.5 gpm
Recuperación	70%
Bomba de Alta Presión	01
Filtro de Sedimentos	AGG8040-F-400
Número de porta membranas	3
Arreglo	1:1:1
Número de membranas	9
Medición	Conductividad , PH, caudal de permeado, caudal de rechazo,

Fuente propia

**TABLA 5. 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO DE ULTRA  
FILTRADO**

Presión de ingreso	30 psi
Caudal de ingreso	72 gpm
Numero de filtros	6
Flux de diseño	845 gal/h
Área de membrana	40 m <sup>2</sup>
Tamaño del poro	0.01 µm
Flux de Retro lavado por filtro	175 LMH
Media Filtrante	Fibra hueca

Fuente propia

### 5.3 Tanque de almacenamiento

Respecto a los tanques de almacenamiento, se seleccionó los modelos de la marca Eternit.

**TABLA 5. 3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TANQUES DE PVC**

Capacidad (L)	Altura (mm)	Diámetro(mm)	Tapa H
25000	3980	3000	18"
2500	1620	1520	-

Fuente propia

### 5.4 Sistema de tuberías

En el sistema de tuberías se determinó lo siguiente:

Tuberías y conexiones de baja presión

Material: PVC

Cédula: 80

Tipo de Conexiones: Pegada, bridas y victaulics

Respecto a las bombas se determinó lo siguiente:

**TABLA 5. 4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE ULTRAFILTRADO**

Presión de Descarga	51.08 m
Caudal de bomba	16.35 m <sup>3</sup> /h
Tipo de bomba	Vertical multietapa
Numero de bombas	2 unidades
Motor	4 kW

Fuente propia

**TABLA 5. 5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE OSMOSIS**

**INVERSA**

Presión de Descarga	40.86 m
Caudal de bomba	13.63 m <sup>3</sup> /h
Tipo de bomba	Vertical multietapa
Numero de bombas	2 unidades
Motor	3 kW

Fuente propia

**TABLA 5. 6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA DE**

**RETROLAVADO**

Presión de Descarga	22.1 m
Caudal de bomba	54 m <sup>3</sup> /h
Tipo de bomba	Vertical multietapa
Numero de bombas	1 unidad
Motor	11 kW

Fuente propia

**TABLA 5. 7 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE BOMBA CIP**

Presión de Descarga	31.6 m
Caudal de bomba	20.5 m <sup>3</sup> /h
Tipo de bomba	Vertical multietapa
Numero de bombas	1 unidad
Motor	0.37 kW

Fuente propia

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.**

Al haber diseñado nuestra planta de agua osmotizada acorde a estándares de diseño, aseguramos que éste cumpla con las exigencias que demanda la empresa.

El caudal de agua y su nivel de conductividad de diseño son los que requiere la línea de producción para poder operar eficazmente. Los equipos de purificación y equipos de bombeo de agua fueron seleccionados en base a programas computarizados para garantizar su exactitud, mientras que el cálculo hidráulico de las tuberías se basó en modelos matemáticos coherentes, todo esto acompañado de un proceso de diseño estandarizado como el VDI 2221, asegura que la planta de agua osmotizada cumpla con las exigencias.

### **6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

Acorde a la tesis de Semino Zelada de la Universidad de Piura, que en una de sus conclusiones determina que la osmosis inversa actualmente es la alternativa más eficaz, siempre y cuando el agua tenga un pretratamiento antes de pasar por las membranas, en nuestra investigación planteamos un pretratamiento en base membranas de ultrafiltración

De acuerdo con Llanca Blas de la Universidad del Callao, es recomendable la ecuación de Bresse para sistemas de bombeos discontinuos, en nuestro caso no fue necesario al determinar que nuestro sistema no es discontinuo.

En concordancia con Osorio Castillo de la universidad nacional de ingeniería, el proceso de osmosis inversa es mas rentable y eficiente que los métodos tradicionales, por nuestra parte acorde al VDI determinamos que la osmosis es una mejor opción que la nanofiltración en aspectos técnicos y económicos.

Según Amau Segarra se requiere un tratamiento previo de antiincrustante y biocida para evitar que el deterioro anticipado de las membranas de ósmosis, en nuestra investigación consideramos además del antiincrustante, metabisulfito para evitar que el cloro ingrese a las membranas.

En concordancia a Serra Leonart, en el tratamiento previo al ósmosis inversa determinó que solo era necesaria una filtración de arena antracita. En nuestro caso al ser agua utilizada en el consumo humano se optó por la ultrafiltración como paso previo al proceso de osmosis inversa.

### **6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

- AWWA (American Water Works Association)
- ASTM (American Society for Testing and Materials)

## VII. CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema de purificación de agua que tiene un caudal de diseño de 55 gpm y una conductividad de diseño de 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . cumpliendo así con el requerimiento de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.
- Se seleccionó un equipo de osmosis inversa de la marca Suez modelo E8-57K DLX y un pretratamiento a base de 6 membranas de ultrafiltración de fibra hueca para poder obtener agua osmotizada de baja conductividad.
- Se determinó que las tuberías para el transporte de agua son de PVC cédula 80, los recorridos se representan en los planos que se encuentran en el anexo.
- Se seleccionaron bombas de eje vertical multietapa, 2 bombas con 16.35 m<sup>3</sup>/h de capacidad para el transporte del agua desde el pozo hasta el tanque de agua ultrafiltrada, 2 bombas de 13.63 m<sup>3</sup>/h de capacidad para el transporte de agua osmotizada, 1 bomba de 54 m<sup>3</sup>/h para el retrolavado de membranas y una bomba de 20.5 m<sup>3</sup>/h gpm para tratamiento químico.
- Se seleccionaron tanques PVC de la marca Eternit de 2.5 y 25 m<sup>3</sup> de capacidad para el almacenamiento de agua ultrafiltrada y osmotizada respectivamente, garantizando así la inocuidad en el almacenamiento de agua.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que la instalación sea a cargo de una empresa de especialista en montaje electromecánico y con experiencia en este tipo de instalaciones.
- Las bombas deberán contar con una losa para poder disipar las vibraciones.
- Se recomienda un monitoreo adecuado junto a un plan de mantenimiento para operar correctamente la planta.
- Es recomendable la automatización completa del sistema de válvulas de la planta.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Amau Segarra, César. 2015.** *Diseño de una planta de producción de agua de proceso para una central térmica de ciclo combinado.* Universitat Jaume I.

2015. Trabajo de fin de grado.

**American Water Works Association. 2005.** *Microfiltration and ultrafiltration membranes for drinking water.* 1st. Denver : Glacier Publishing Services, Inc., 2005. ISBN 1-58321-360-0.

—. **2007.** *Reverse osmosis and nanofiltration.* 2nd. Denver : American Water Works Association, 2007. ISBN 1-58321-491-7.

**Barriga Gamarra, Benjamin. 2016.** *Métodos de diseño en ingeniería mecánica.* Pontificia universidad católica del Perú. 2016.

**Bossar. Bossar.** [En línea]

<http://www.bossar.com/app/uploads/2016/03/BMK.pdf>.

**CRANE. 1982.** *Flow of fluids through valves, fittings, and pipe.* Nueva York : CRANE, 1982. Technical paper No. 410M.

**elregante. 2017.** El regante. [En línea] 2017.

<http://www.elregante.galeon.com/pvc.html>.

**Envasado a terceros.** Envasado a terceros. [En línea] <https://envasados.es/el-doypack-y-sus-ventajas/>.

**Espinoza Montes, Ciro. 2010.** *Metodología de la investigación tecnológica.* s.l. : Imagen Grafica S.A.C, 2010.

**Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** *Metodología de la investigación*. México D.F. : McGraw-Hill, Interamericana Editores S.A, 2014.

**INDITEX. 2015.** Water Action Plan. [En línea] Universidade da Coruña, Abril de 2015.

<https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558161/Filtraci%C3%B3n+en+membrana+y+%C3%B3smosis+inversa.pdf/c6e09095-3730-c07e-42e8-3f9db4f7e28b>.

**Lenntech. 2019.** Lenntech. *Lenntech*. [En línea] 2019.

<https://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm>.

—. **2019.** Lenntech. [En línea] 2019. <https://www.lenntech.es/nanofiltracion-y-osmosis-inversa.htm>.

**Llanca Blas, Wilkin Rojas. 2015.** *Diseño de un sistema hidráulico de extracción de agua salobre de pozo profundo para satisfacer la demanda de planta de tratamiento de agua para la empresa corporación Lindley S.A-Pucusana*. Callao : s.n., 2015. Tesis.

**MERCO. 2019.** Monitor empresarial de reputación corporativa. [En línea] 2019.

<http://merco.info/pe/ranking-merco-empresas?edicion=2019&ranking=sectorial>.

**Mott, Robert L. 2013.** *Mecánica de Fluidos*. México : Pearson Educación, 2013. 970-26-0805-8.

**Osmosis inversa. 2019.** Osmosis inversa. [En línea] 2019.

<https://osmosisinversafiltroagua.com/la-membrana/>.

**Osores Castillo, Oscar Arturo. 2006.** *Osmosis inversa aplicada al tratamiento de aguas cianuradas.* Universidad Nacional de Ingeniería. 2006.

**PVCPIPE association. 2012.** *Handbook of PVC Pipe Design and Construction.* Nueva York : Industrial Press, 2012.

**SEDAPAL. 2013.** *PROYECTO DE INGENIERIA DESCRIPTIVA DEL SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA PARA ABASTECIMIENTO HUMANO DE PUCUSANA.* Pucusana : s.n., 2013.

**Semino Zelada, Fiorella Franccesxa. 2015.** *Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de la UDEP.* Universidad de Piura. 2015. Tesis.

**Serra Leonart, Alfons. 2007.** *Sistema de gestión del agua en una planta de energía solar.* Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona : s.n., 2007.

**Tecnología del plástico.** Tecnología del plástico. [En línea]

<http://www.plastico.com/temas/30-anos-de-moldeo-por-inyeccion+103371?pagina=1>.

**Vázquez-Mellado, Mauro Solis. 2017.** *Sistema de tratamiento de aguas mediante osmosis inversa.* Universidad Nacional Autónoma de México. 2017.

## ANEXOS:

### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Problema principal	Objetivo principal	Hipotesis principal		
¿Cómo un sistema de purificación de agua satisface la demanda de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo?	Diseñar un sistema de purificación de agua para satisfacer la demanda de agua osmotizada de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.	Si se aplica las tecnologías adecuadas, se diseñará un sistema de purificación de agua que cumpla con la demanda de agua de la línea de producción de una empresa de fabricación de productos de consumo masivo.	<u>Variable independiente</u>  Tecnologías de purificación, transporte y almacenamiento de agua.  <u>Indicadores</u>  Equipo OI y UF, bombas hidráulicas y tanques de PVC.  <u>Variable dependiente</u>  Diseño del Sistema de purificación de agua osmotizada  <u>Indicadores</u>  Caudal y nivel de conductividad de diseño.	<u>Tipo de investigación</u>  Tecnológica  <u>Método</u>  Diseño No experimental VDI 2221  <u>Lugar de estudio</u>  Empresa de fabricación de productos de consumo masivo  <u>Instrumentos</u>  Cámara Apuntes Winche Informes y planos
Problemas específico	Objetivos específico	Hipotesis específicas		
• ¿Cuáles son las características de los equipos de purificación de agua y que permitan obtener el agua osmotizada requerida por la línea de producción?	• Determinar las características de los equipos de purificación de agua que permitan obtener el agua osmotizada requerida por la línea de producción.	1: Al determinar las características de los equipos de purificación de agua se obtendrá el agua osmotizada requerida por la línea de producción.		
• ¿Cuáles son las características del sistema de tuberías de la planta de purificación que se adecúen al espacio disponible en planta y reduzcan las pérdidas de carga al mínimo?	• Determinar las características del sistema de tuberías de la planta de purificación que se adecúen al espacio disponible en planta y reduzcan las pérdidas de carga al mínimo.	2: Al determinar las características del sistema de tuberías de la planta de purificación se adecuará al espacio disponible en planta y se reducirá las pérdidas de carga al mínimo		
• ¿Cuáles son las características de las bombas que garanticen las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua?	• Determinar las características de las bombas que garanticen las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua.	3: Al determinar las características de las bombas se garantizará las presiones constantes y el caudal adecuado a los equipos de la planta de purificación de agua.		
• ¿Cuáles son las características de diseño del depósito de agua purificada que garanticen un alto estándar de calidad en el almacenamiento?	• Determinar las características del tanque de almacenamiento que garantice un alto estándar de calidad.	4: Al determinar las características del tanque de almacenamiento se garantizará un alto estándar de calidad.		

## ANEXO 2: INFORME FINAL DE ANÁLISIS DE AGUA DE POZO



**NSF Inassa**  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL-DA CON  
REGISTRO N° LE-001



### INFORME FINAL

Dirección de Entrega:

Solicitante: C0199211

Chorrillos, Lima  
Lima, Peru

Resultado	Complete	Fecha de Informe	2019-08-31
Procedencia			
Producto	Agua		
Tipo de Servicio	Análisis		
Informe de Ensayo N°	J-00306097		
Coordinador de Proyecto	Julio Manuel Zarate Vargas		

Gracias por utilizar los servicios de NSF Inassa. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenecen a este informe.

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2019-08-31

Enrique Quevedo Baotgalupo  
Jefe de Laboratorio

Ing. Victor Suárez Pérez  
Asistente de Jefe de Laboratorio.  
C.I.P N° 158244

Av. La Marina 3035-3059 San Miguel - Lima 32 PERÚ  
Tel: (511) 616-5200 Email: inassa@nsf.org Web: www.nsfinaassa.pe

F20180831143624

J-00306097

pág 1 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Inassa. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Inassa no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

**Información General**

Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 38388 (Ago-386)  
 Muestreado por: NSF Inassa  
 Procedencia:  
 Plan de Muestreo: LM-2.3-05  
 Referencia: Chorrillos

Identificación de Laboratorio: S-0001520385  
 Tipo de Muestra: Agua Potable  
 Identificación de Muestra: Sistema Intralab 2  
 Fecha y Hora de Muestreo: 2018-08-23 15:10  
 Fecha de Recepción de la Muestra: 2018-08-23  
 Fecha de Inicio de análisis: 2018-08-23  
 Descripción del Punto de Muestra: Ubicado en el cuarto de caldera en área Intralab 2  
 Coordenadas UTM (Sistema WGS 84): 18L, 0290298 E / 8653090 N

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Microbiología</b>		
Coliformes Termotolerantes (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium)		
1-Coliformes Termotolerantes	<1,1	NMP/100 mL
Coliformes Totales (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.		
1-Coliformes Totales	<1,1	NMP/100 mL
<b>Química</b>		
* Cloro Residual en Agua. Manual Merck		
Cloro Residual	0,6	mg/L
*Aceites y Grasas. Agua. EPA Method 1664, Revisión B, 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non Polar Material) by Extraction and Gravimetry.		
Aceites y Grasas (2L)	N.C.(<1)	mg/L
*DQO. Agua EPA Method 410.1 800/4-79-020, Revised March, 1983. Chemical Oxygen Demand (Titrimetric, Mid - Level)		
DQO	N.C.(<8,0)	mg/L
*Silicio Total por ICP-AES. Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry		
Silicio Total	10,8	mg/L
*Silice. Agua. SMEWW-APHA, AWWA, WEF Part 4500-SiO2 C, 23rd Ed 2017. Silica - Molybdosilicate Method		
Silice (Como SiO2)	5,2	mg/L
Alcalinidad Total. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017. Alkalinity. Titration Method		
Alcalinidad Total	146,4	mg/L
Aniones por Cromatografía Iónica (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography		
Cloruro	72,91	mg/L
N-Nitrato	4,030	mg/L

F20180831143624

J-00306097

pág 2 de 5

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Inassa. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Inassa no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química ( Continúa... )</b>		
Sulfato	154,8	mg/L
Aniones por Cromatografía Iónica (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography		
Fosfato	N.C.(<0,01)	mg/L
Carbonatos. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO2, 23rd Ed. 2017. Carbon Dioxide, Carbon Dioxide and Forms of Alkalinity by Calculation		
Carbonatos	0,7	mg/L
Conductividad. Agua. EPA Method 120.1 600/4-79-020. Revised March 1983 Conductance (Specific Conductance, umhos at 25 °C)		
Conductividad	856,0	uS/cm
DBO5. Agua. EPA Method 405.1 600/4-79-020 Revised March 1983. Biochemical Oxygen Demand (5 Days, 20°C)		
DBO5	N.C.(<3)	mg/L
Dureza Total. Agua. EPA Method 130.2 600/4-79-020, Revised March 1983. Hardness, Total (mg/L as CaCO3) (Titrimetric, EDTA)		
Dureza Total	352,4	mg/L
Mercurio Total. Agua. EPA Method 245.7 (Validado) Revisión: Febrero 2005. Determinación de Mercurio en agua por Espectrometría de fluorescencia Atómica por Vapor frío.		
Mercurio Total	N.C.(<0,000 1)	mg/L
Metales Totales. Agua. EPA 200.7, Revised 4.4 May 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry		
Aluminio Total	0,008	mg/L
Antimonio Total	0,015	mg/L
Arsénico Total	N.C.(<0,007)	mg/L
Bario Total	0,058	mg/L
Berilio Total	N.C.(<0,000 5)	mg/L
Bismuto Total(Validado)	N.C.(<0,01)	mg/L
Boro Total	0,428	mg/L
Cadmio Total	N.C.(<0,001)	mg/L
Calcio Total	120,0	mg/L
Cobalto Total	N.C.(<0,001)	mg/L
Cobre Total	0,013	mg/L
Cromo Total	N.C.(<0,001)	mg/L
Estaño Total	N.C.(<0,003)	mg/L
Estroncio Total	1,339 1	mg/L
Fósforo Total	0,01	mg/L
Hierro Total	0,008	mg/L
Litio Total	0,093	mg/L
Magnesio Total	13,94	mg/L
Manganeso Total	N.C.(<0,001)	mg/L
Molibdeno Total	0,005	mg/L
Níquel Total	N.C.(<0,002)	mg/L
Plata Total	N.C.(<0,002)	mg/L
Plomo Total	N.C.(<0,001)	mg/L
Potasio Total	3,33	mg/L
Selenio Total	N.C.(<0,005)	mg/L
Sodio Total	31,91	mg/L

Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química ( Continúa... )</b>		
Talio Total	N.C. (<0,007)	mg/L
Titanio Total	N.C. (<0,001)	mg/L
Vanadio Total	N.C. (<0,001)	mg/L
Zinc Total	0,036	mg/L
Sólidos Totales Disueltos. Agua. EPA Method 160.1 600/4-79-020, Revised March 1983. Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180°C)		
Sólidos Totales Disueltos	642	mg/L
Temperatura. Agua. EPA Method 170.1 600/4-79-020 Revised March. 1983. Temperature. (Thermometric)		
Temperatura	21,2	°C
Turbidez. Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993. Turbidity (Nephelometric)		
Turbiedad	0,1	N.T.U
pH. Agua. EPA Method 150.1 600/4-79-020 Revised March 1983. pH (Electrometric)		
pH	7,2	

**Notas de Ensayo:**

N.C.: Significa que el resultado es No Cuantificable y es menor al Límite de Cuantificación indicado en el paréntesis.

**Nota(s) del Informe Final:**

Parámetros realizados en el muestreo: pH, Cloro Residual y Temperatura.

**Ensayos realizados por:**

Ensayos realizados por:	Id	Dirección
→	NSF_LIMA_E	NSF Inassa, Lima, Peru Avenida La Marina 3059 San Miguel Lima, Peru
	NSF_LIMA	NSF Inassa Lab, Lima, Peru Avenida La Marina 3035 San Miguel Lima, Peru

**Referencias a los Procedimientos de Ensayo:**

**Referencia Técnica**

IM0134	Coliformas Totales (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
IM0135	Coliformas Termotolerantes (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) Coliform Procedures. Thermotolerant coliform test (EC medium)
IQ0286	Alcalinidad Total. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 23rd Ed. 2017. Alkalinity Titration Method
IQ0289	Carbonatos. Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CO2, 23rd Ed. 2017. Carbon Dioxide, Carbon Dioxide and Forms of Alkalinity by Calculation
IQ0276	* Cloro Residual en Agua. Manual Merck
IQ0286	DBO5. Agua. EPA Method 405.1 600/4-79-020 Revised March, 1983. Biochemical Oxygen Demand (5 Days, 20°C)
IQ0293	Dureza Total. Agua. EPA Method 130.2 600/4-79-020, Revised March 1983. Hardness, Total (mg/L as CaCO3) (Titrimetric, EDTA)
IQ0310	pH. Agua. EPA Method 150.1 600/4-79-020 Revised March 1983. pH (Electrometric)
IQ0313	*Silicio. Agua. SMEWW-APHA, AWWA, WEF Part 4500-SiO2 C, 23rd Ed 2017. Silica - Molybdosilicate Method
IQ0317	Sólidos Totales Disueltos. Agua. EPA Method 180.1 600/4-79-020, Revised March 1983. Residue, Filterable (Gravimetric, Dried at 180°C)
IQ0327	Temperatura. Agua. EPA Method 170.1 600/4-79-020 Revised March, 1983. Temperature. (Thermometric)
IQ0328	Turbidez. Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993. Turbidity (Nephelometric)
IQ0330	Mercurio Total. Agua. EPA Method 245.7 (Validado) Revisión: Febrero 2005. Determinación de Mercurio en agua por Espectrometría de fluorescencia Atómica por Vapor frío.
IQ0333	Metales Totales. Agua. EPA 200.7, Revised 4.4 May 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
IQ0685	*Aceites y Grasas. Agua. EPA Method 1664, Revisión B, 2010. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non Polar Material) by Extraction and Gravimetry.
IQ0694	*DQO. Agua EPA Method 410.1 600/4-79-020, Revised March, 1983. Chemical Oxygen Demand (Titrimetric, Mid - Level)
IQ0712	*Silicio Total por ICP-AES. Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
IQ0883	Aniones por Cromatografía Iónica (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
IQ0905	Aniones por Cromatografía Iónica (Grupo A). Agua. EPA Method 300.1 Revisión 1.0. 1997. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
IQ0971	Conductividad. Agua. EPA Method 120.1 600/4-79-020, Revised March 1983 Conductance (Specific Conductance, µmhos at 25 °C)

Descripciones de ensayos precedidos por un \*\*\* indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el \*\*\* indica los parámetros asociados a esta(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

## ANEXO 3: REPORTE WINFLOWS

### SUEZ Water Technologies & Solutions

Winflows Version 3.3.3

DataBase Version 3.21

#### Input Data Summary

#### Project Information

Project Name prueba1  
 Engineer  
 Location  
 Mail ID  
 Phone No.  
 Comments

#### Flowsheet Configuration

Flowsheet Type	Single Pass Flowsheet	Feed Dosing	No
AfterFeed Dosing	No	Product Dosing 1	No
Product Dosing 2	No	Feed Stripping	No
Product Stripping	No	Raw Feed Bypass	No

#### Feed Information

Temperature, C	21.2	RO-1:	21.2
Feed pH	7.2	Silt Density Index:	3

#### Feed Stream Composition(mg/l): Source -

Feed Stream Composition(mg/l): Source -		Brackish Wellwater	
Calcium (Ca)	41.81	Sulfate (SO4)	71.92
Magnesium (Mg)	16.26	Chloride (Cl)	266.00
Sodium (Na)	158.31	Fluoride (F)	0.00
Potassium (K)	1.53	Nitrate (NO3)	0.00
Ammonia - N (NH4)	0.00	Bromide (Br)	0.00
Barium (Ba)	0.03	Phosphate (PO4)	0.00
Strontium (Sr)	0.53	Boron (B)	0.20
Iron (Fe)	0.00	Silica (SiO2)	2.42
Manganese (Mn)	0.00	Hydrogen Sulfide (H2S)	0.00
		Bicarbonate (HCO3)	82.93
		Carbon Dioxide (CO2)	7.83
		Carbonate (CO3)	0.08

#### Flow Rate Specifications

Product Flow: 38.50 gpm  
 Recovery % RO1 70

#### First Pass Array Data

Stage	Housing	Element	Element Type	Element Age (yr)	Pre-stage Pressure Change, psi		Permeate Pressure psi	Annual Change %	
					Boost	Drop		A-Value	B-Value
1	1	3	AG8040F 400	3	0.00	0.00	0.00	3	5
2	1	3	AG8040F 400	3	0.00	0.00	0.00	3	5
3	1	3	AG8040F 400	3	0.00	0.00	0.00	3	5

**SUEZ Water Technologies & Solutions**

Winflows Version 3.3.3

DataBase Version 3.21

**Results Summary**

Flow Data	gpm	Analytical Data	mg/l
Raw Feed	55.00	Raw Feed TDS	642.01
Product	38.52	Product TDS	8.78
Concentrate	16.48	Concentrate TDS	2122.46

System Data	Single Pass Design
Temperature: C	RO-1: 21.2 System Rec. 70.0 %

**Average Flux (gfd), Pass and Stage**

Pass	Average	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Pass 1	15.41	16.67	15.39	14.17

**Array Data** Pass 1

Recovery %: 70.00      Conc. TDS(mg/l): 2122.46      Conc. Flow: 16.48      gpm

Stage	Total		Element Type	Flow, gpm		Pressure psi		Perm TDS
	Housing	Element		Feed	Perm	Feed	DP	mg/l
1	1	3	AG8040F 400	55.00	13.89	168.33	11.68	5.19
2	1	3	AG8040F 400	41.11	12.82	156.65	7.01	7.86
3	1	3	AG8040F 400	28.28	11.81	149.63	3.53	14.04
Total	3	9						

**Analytical Data**

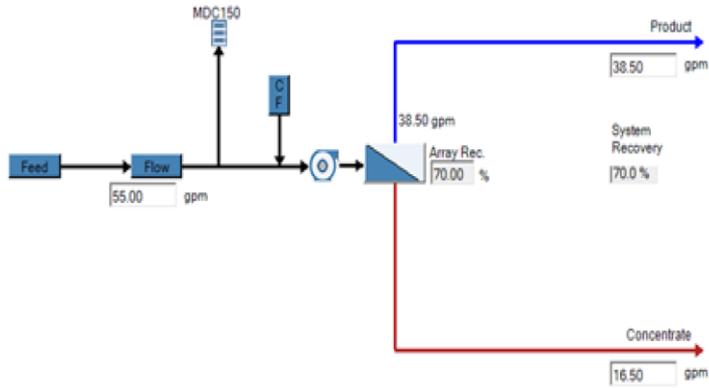
Cation	mg/l			Anion	mg/l		
	Product	Feed	Conc		Product	Feed	Conc
Ca	0.53	41.81	138.34	SO4	0.57	71.92	238.75
Mg	0.13	16.26	53.98	Cl	3.68	266.00	879.39
Na	2.25	158.31	523.22	F	0.00	0.00	0.00
K	0.02	1.53	5.06	NO3	0.00	0.00	0.00
NH4	0.00	0.00	0.00	Br	0.00	0.00	0.00
Ba	0.00	0.03	0.09	PO4	0.00	0.00	0.00
Sr	0.01	0.53	1.75	B	0.11	0.20	0.40
Fe	0.00	0.00	0.00	SiO2	0.03	2.42	7.98
Mn	0.00	0.00	0.00	H2S	0.00	0.00	0.00
TDS mg/l	8.78	642.01	2122.46	HCO3	1.43	82.93	272.60
pH	5.49	7.20	7.65	CO2	7.76	7.83	8.16
				CO3	0.00	0.08	0.90
<b>Saturation Data</b>				CaF2 %	0.00	0.00	0.00
BaSO4 %	0.40	90.13	353.41	SiO2 %	0.02	1.93	6.35
CaSO4 %	0.00	1.26	5.56	LSI	-5.95	-0.76	0.50
SrSO4 %	0.01	1.11	4.15	Pi psi	0.16	6.22	19.86
Struvite %	0.00	0.00	0.00				

**Design Error(s) and Warning(s)**

Disclaimer

This projection is provided as a complimentary service and does not constitute a performance warranty.

Process Data Sheet



Flow Data	gpm	Analytical Data	mg/l
Raw Feed	55.00	Raw Feed TDS	642.01
Product	38.52	Product TDS	8.78
Concentrate	16.48	Concentrate TDS	2122.46

System Data	Single Pass Design
Temperature: C	RO-1: 21.2

		Pass 1	Pass 2	Pass 3
Feed Flow to 1st Stage Housing	gpm	55.00		
Feed Pressure	psi	168.33		
Array Recovery	%	70.00		
Permeate Flow	gpm	38.52		
Split Permeate Flow	gpm	0.00		

Pump Summary					
Main Pump			Pass 1	Pass 2	Pass 3
Feed Flow	gpm		55.00		
Inlet Pressure	psi		0.00		
Discharge Pressure	psi		168.33		
Total Efficiency	%		82.88		
Power	kW		4.86		

Total Power Consumption	kW	4.86
-------------------------	----	------

Chemical Additions			
Addition (chemical as 100 %)		Kg/Day	mg/L in feed
Antiscalant in Feed +	MDC150	0.72	2.40

## Streams Analytical Data

Ions, mg/l		Total Feed	RO1 Feed	Final Downstream Perm	Product
Calcium		41.81	41.81	0.53	0.53
Magnesium		16.26	16.26	0.13	0.13
Sodium		158.31	158.31	2.25	2.25
Potassium		1.53	1.53	0.02	0.02
Ammonia - N (NH4)		0.00	0.00	0.00	0.00
Barium		0.03	0.03	0.00	0.00
Strontium		0.53	0.53	0.01	0.01
Iron		0.00	0.00	0.00	0.00
Manganese		0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfate		71.92	71.92	0.57	0.57
Chloride		266.00	266.00	3.68	3.68
Fluoride		0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrate		0.00	0.00	0.00	0.00
Bromide		0.00	0.00	0.00	0.00
Phosphate		0.00	0.00	0.00	0.00
Boron		0.20	0.20	0.11	0.11
Silica		2.42	2.42	0.03	0.03
Hydrogen Sulfide		0.00	0.00	0.00	0.00
Bicarbonate		82.93	82.93	1.43	1.43
Carbon Dioxide		7.83	7.83	7.76	7.76
Carbonate		0.08	0.08	0.00	0.00
TDS, mg/l		642.01	642.01	8.78	8.78
Flow	gpm	55.00	55.00	38.52	38.52
Temperature	C	21.20	21.20	21.20	21.20
Pressure	psi	0.00	168.33	0.00	0.00
Osm. Pressure	psi	6.22	6.22	0.16	0.16
pH		7.20	7.20	5.49	5.49
Conductivity at 25C	µS/cm	1160.00	1160.00	18.00	18.00
<b>Saturation Data</b>					
BaSO4	%	90.13	90.13	0.40	0.40
CaF2	%	0.00	0.00	0.00	0.00
CaSO4	%	1.26	1.26	0.00	0.00
SiO2	%	1.93	1.93	0.02	0.02
SrSO4	%	1.11	1.11	0.01	0.01
Struvite	%	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI		-0.76	-0.76	-5.95	-5.95
S&DI		-1.13	-1.13	-6.47	-6.47

## ANEXO 4: FICHA TÉCNICA EQUIPO DE OSMOSIS SELECCIONADO



Water Technologies & Solutions  
fact sheet

# E8 Series 60 Hz

reverse osmosis machine 57,000 to 144,000 gallons per day



figure 1: E8 Series 60 Hz

When you mention reverse osmosis (RO), SUEZ is the first name to come to mind. Our E-series RO machines (Figure 1) are designed for durable operation, high quality product water production, easy installation and straightforward control.

### general properties

#### typical applications

- Process ingredient water
- Safe drinking water
- Boiler feed water
- Ion exchange pre-treatment

#### standard economy features

- Energy saving 400 ft<sup>2</sup> (37.2 m<sup>2</sup>) membrane elements
- SS high-pressure piping
- 1-micron pre-filter and SS housing
- Automatic inlet shut-off valve
- Burkert RO microprocessor controller

- Permeate and concentrate paddlewheel flow sensors
- Permeate conductivity sensor
- Permeate tank level monitoring
- SD card for collection of operating data
- ALARMS: Low inlet pressure, high temperature, high permeate conductivity, motor fault, and fill-time exceeded
- Remote machine on/off capability
- Feed water flush on shut down
- Panel-mounted pre-filter, post-filter, primary, and final pressure gauges

#### deluxe (DLX) features – in addition to ECN features

- Inlet pH sensor
- Chemical dosing pump for antiscalant dosing or pH adjustment
- Clean-In-Place pump plumbed, wired and mounted; remote tank
- ALARMS: Same as above plus high/low inlet pH, high permeate pressure

table 1: operating parameters

Operating Pressure	200-250 psig (13.8-17.2 bar)
Maximum Recovery	75%
Nominal Rejection	95-98%
Operating Temperature	55-85 °F (13-30 °C)
Minimum Inlet Pressure	30 psig (2 bar)
Design Temperature	77 °F (25 °C)

Find a contact near you by visiting [www.suezwatertechnologies.com](http://www.suezwatertechnologies.com) and clicking on "Contact Us."

\*Trademark of SUEZ; may be registered in one or more countries.

©2017 SUEZ. All rights reserved.

FS1129EN.docx Jul-16

**table 2: materials of construction**

Frame	Painted Carbon Steel
Membrane Elements	AG8040F-400
Membrane Housing	FRP
Low Pressure Pipe	Schedule 80 PVC
High Pressure Pipe	Stainless Steel
Motor Starters	NEMA 4

**table 3: pump and motor**

Pump Manufacturer	Tonkaflo*
Pump Type	Multi-stage, centrifugal
Materials	SS shell/housing, Noryl* internals
Castings	SS inlet/discharge
Motor	3-phase, TEFC, 460 VAC

**table 4: E8 specifications - 60 Hz**

model	E8-57K	E8-86K	E8-108K	E8-144K
ECN	1202846	1202850	1202833	1202835
DLX	1202284	1202286	1202287	1202288
<b>flow specifications</b>				
Recovery Range:	66-75%	66-75%	66-75%	66-75%
Permeate Rate: gpm [m <sup>3</sup> /h]	40 [9]	60 [14]	75 [17]	100 [23]
Concentrate Rate: gpm [m <sup>3</sup> /h]	21-13 [5-3]	30-20 [7-5]	39-25 [9-6]	52-33 [12-8]
<b>pump and motor</b>				
RO Pump Model	SS8510KA	SS8512KB	SS12508KC	SS24006KE
RO Motor: HP [KW]	15 [11.2]	20 [15]	25 [18.7]	40 [29.8]
CIP Pump Model: [DLX only]	SS5504G	SS5504G	SS8504G	SS8504G
CIP Motor: HP [KW]	5 [3.7]	5 [3.7]	7.5 [5.6]	7.5 [5.6]
<b>membrane elements and filters</b>				
Membrane Quantity	8	12	15	21
Array	1-1-1	2-1-1	3-2	3-2-2
Pre-Filter Quantity	7, RO.Zs 01-40-XK	7, RO.Zs 01-40-XK	7, RO.Zs 01-40-XK	7, RO.Zs 01-40-XK
<b>connections</b>				
Inlet: inch (cm)	2.0 [5.1]	2.0 [5.1]	2.0 [5.1]	3.0 [7.6]
Permeate: inch (cm)	1.5 [3.8]	2.0 [5.1]	2.0 [5.1]	2.0 [5.1]
Concentrate: inch (cm)	1.5 [3.8]	1.5 [3.8]	1.5 [3.8]	1.5 [3.8]
<b>dimensions &amp; weights</b>				
Height: inch (cm)	76 [193]	76 [193]	76 [193]	76 [193]
Width: inch (cm)	153 [388]	153 [388]	153 [388]	153 [388]
Depth: inch (cm) ECN	42 [107]	42 [107]	42 [107]	42 [107]
Depth: inch (cm) DLX	91 [231]	91 [231]	91 [231]	103 [262]
Shipping Weight Estimate: lb (kg)	ECN 2600 [1200]	3000 [1360]	3400 [1500]	3800 [1750]
Shipping Weight Estimate: lb (kg)	DLX 2800 [1300]	3300 [1500]	3700 [1700]	4200 [1900]



## ANEXO 5: FICHA TÉCNICA MEMBRANA OSMOSIS INVERSA

GE Power & Water  
Water & Process Technologies

**LENNTECH**

info@lenntech.com Tel. +31-152-610-900  
www.lenntech.com Fax. +31-152-616-289

# AG Series

## Standard Brackish Water RO Elements

The A-Series, family of proprietary thin-film reverse osmosis membrane elements are characterized by high flux and high sodium chloride rejection. AG Standard Brackish Water Elements are selected when high rejection and operating pressures as low as 200 psi (1,379 kPa) are desired. These elements allow moderate energy savings, and are considered a standard in the industry.

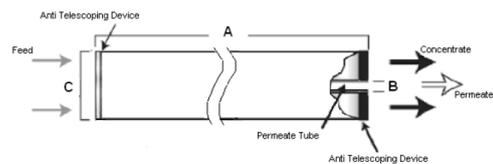
**Table 1: Element Specification**

Membrane	A-Series, Thin-Film Membrane (TFM*)		
Model	Average permeate flow gpd (m <sup>3</sup> /day) <sup>1,2</sup>	Average NaCl rejection <sup>1,2</sup>	Minimum NaCl rejection <sup>1,2</sup>
AG2540TM	710 (2.7)	99.5%	99.0%
AG4025T	1,600 (6.0)	99.5%	99.0%
AG4026F	1,600 (6.0)	99.5%	99.0%
AG4040C	2,400 (9.1)	99.5%	99.0%
AG4040FM	2,200 (8.3)	99.5%	99.0%
AG4040FM WET	2,200 (8.3)	99.5%	99.0%
AG4040TM	2,200 (8.3)	99.5%	99.0%
AG8040C	9,900 (37.3)	99.5%	99.0%
AG8040F	9,600 (36.3)	99.5%	99.0%
AG8040F WET	9,600 (36.3)	99.5%	99.0%
<b>AG8040F 400</b>	<b>10,500 (39.8)</b>	<b>99.5%</b>	<b>99.0%</b>
AG8040F 400 WET	10,500 (39.8)	99.5%	99.0%
AG8040N	9,600 (36.3)	99.2%	98.5%
AG8040N 400	10,500 (39.8)	99.2%	98.5%
AG8340F 400	10,500 (39.8)	99.5%	99.0%

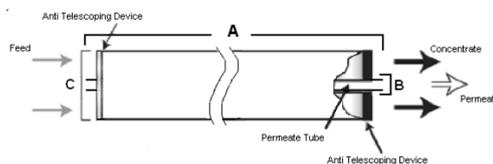
<sup>1</sup> Average salt rejection after 24 hours operation. Individual flow rate may vary +25%/-15%.

<sup>2</sup> Testing conditions: 2,000 ppm NaCl solution at 225 psi (1,551 kPa) operating pressure, 77°F (25°C), pH 7.5 and 15% recovery.

Model	Membrane area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Outer wrap	Part Number
AG2540TM	29 (2.6)	Tape	1206729
AG4025T	60 (5.6)	Tape	1206754
AG4026F	60 (5.6)	Fiberglass	1206756
AG4040C	90 (8.4)	Cage	1206757
AG4040FM	85 (7.9)	Fiberglass	3032513
AG4040FM WET	85 (7.9)	Fiberglass	3035659
AG4040TM	85 (7.9)	Tape	3032514
AG8040C	380 (35.3)	Cage	1222546
AG8040F	365 (33.9)	Fiberglass	3032515
AG8040F WET	365 (33.9)	Fiberglass	3032516
<b>AG8040F 400</b>	<b>400 (37.2)</b>	<b>Fiberglass</b>	<b>3032518</b>
AG8040F 400 WET	400 (37.2)	Fiberglass	3032519
AG8040N	365 (33.9)	Net	1231784
AG8040N 400	400 (37.2)	Net	1231786
AG8340F 400	400 (37.2)	Fiberglass	3048370



**Figure 1: Element Dimensions Diagram - Female**



**Figure 2: Element Dimensions Diagram - Male**



\* Trademark of General Electric Company; may be registered in one or more countries. ©2014, General Electric Company. All rights reserved.

FS1262EN.doc Nov-13

**Table 2: Dimensions and Weight**

Model <sup>1</sup>	Dimensions, inches (cm)			Boxed
	A	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	Weight lbs (kg)
AG2540TM	40.0 (101.6)	0.75 (1.90) OD	2.4 (6.1)	5 (2.3)
AG4025T	25.0 (63.5)	0.625 (1.59)	3.9 (9.9)	5 (2.3)
AG4026F	26.0 (66.7)	0.625 (1.59)	3.9 (9.9)	6 (2.7)
AG4040C	40.0 (101.6)	0.625 (1.59)	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AG4040FM	40.0 (101.6)	0.75 (1.90) OD	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AG4040FM WET	40.0 (101.6)	0.75 (1.90) OD	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AG4040TM	40.0 (101.6)	0.75 (1.90) OD	3.9 (9.9)	8 (3.5)
AG8040C	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	32 (14.5)
AG8040F	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	32 (14.5)
AG8040F WET	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	35 (16)
<b>AG8040F 400</b>	<b>40.0 (101.6)</b>	<b>1.125 (2.86)</b>	<b>7.9 (20.1)</b>	<b>32 (14.5)</b>
AG8040F 400 WET	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	35 (16)
AG8040N	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	32 (14.5)
AG8040N 400	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	32 (14.5)
AG8340F 400	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	8.3 (21.1)	42 (19.1)

<sup>1</sup> These elements are bagged dried, unless specified WET, before shipping.

<sup>2</sup> Internal diameter unless specified OD (outside diameter).

<sup>3</sup> The element diameter (dimension C) is designed for optimum performance in GE pressure vessels. Other pressure vessel dimension and tolerance may result in excessive bypass and loss of capacity.

**Table 3: Operating and CIP parameters**

Typical Operating Pressure	200 psi (1,379 kPa)
Typical Operating Flux	10-20GFD (15-35LMH)
Maximum Operating Pressure	Tape 450 psi (3,103 kPa) Other outerwrap: 600 psi (4,137 kPa)
Maximum Temperature	Continuous operation: 122°F (50°C) Clean-In-Place (CIP): 122°F (50°C)
pH Range	Optimum rejection: 7.0-7.5, Continuous operation: 4.0-11.0, Clean-In-Place (CIP): 2.0-11.5
Maximum Pressure Drop	Over an element: 12 psi (83 kPa) Per housing: 50 psi (345 kPa)
Chlorine Tolerance	1,000+ ppm-hours, Dechlorination recommended
Feedwater	NTU < 1 SDI < 5

## ANEXO 6: FICHA TÉCNICA MEMBRANA UF

# Pressurized Vessel UF Module PVC Inside-out

### Features

- PVC alloy membrane material with improved hydrophilicity
- Pores are evenly distributed with high precision
- Unique anti-fouling membrane surface
- High and stable flux
- Operating under low pressure with less energy consumption
- High physical strength and chemical resistance

### Specifications

Model	LH3-0650-V	LH3-1060-V	LH4-1080-V
Design flux	0.4-1.0 m <sup>3</sup> /h (106-264 gal/h)	1.6-3.2 m <sup>3</sup> /h (432-845 gal/h)	2.4-4.8 m <sup>3</sup> /h (634-1268 gal/h)
Permeate turbidity <sup>①</sup>	<0.1 NTU		
Active membrane area	10 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	60 m <sup>2</sup>
Module dimensions	Ø 187x1398 mm	Ø 277x1715 mm	Ø 305x2315 mm
Membrane type	Inside-out hollow fiber		
Membrane material	Improved PVC		
Nominal pore size	0.01 µm		
Inside/outside diameters of hollow fiber	1.0 / 1.6 mm		

① Permeate turbidity refers to the measurement value with raw water turbidity < 50 NTU. The data above is for reference only, raw water used for testing comes from the city of Haikou.

### Typical Operating Conditions

Operating mode	Dead end or cross flow
Suggested trans-membrane pressure (TMP)	0.02-0.08 MPa (2.9-11.6 psi)
Max. inlet pressure	0.3 MPa (43.5 psi)
Max. TMP	0.15 MPa (21.8 psi)
Max. backwash TMP	0.25 MPa (36 psi)
Max. operating temperature	40 °C
pH range	2-13
Backwash flux	175 LMH
Backwash time	20-180 sec
Backwash interval	20-60 min



## Integrated Equipment

The core element of the equipment is LH3-1060-V & LH3-0650-V inside-out UF membrane module

### Features

- High removal rate of suspended substance, microorganism, colloid and impurities
- Realize unattended operation with the convenient remote monitoring services
- Standardized module configuration with a wide design flux range
- Integrative design, convenient installation and operation
- Low operating cost, easy maintenance
- Long service life

### Application Field

- Small scale municipal water supply
- Rural water supply
- Public place drinking water supply
- Food and beverage processing water treatment
- Reclaimed water reuse



## ANEXO 7: TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA OSMOTIZADA

### TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA

Con Capa interior A+ antimicrobiana que impide el crecimiento y reproducción de bacterias.  
Fabricado con polietileno de alta densidad que cumple con las normas de la FDA (Food and Drug Administration de los EEUU.) grado alimenticio.

#### ► VENTAJAS

- Protección UV.
- Fáciles de transportar e instalar.
- Fácil limpieza y mantenimiento.
- No requiere anclaje a la base.
- Anillos de refuerzo para mayor resistencia.
- Superficies planas que facilitan la instalación de accesorios de entrada y salida ubicados en la parte superior e inferior del tanque.
- Incluye tapa de 18".
- Color negro.
- Resiste temperaturas ambientales desde -10°C hasta 60°C.
- Asesoría técnica permanente.



#### ► ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Capacidad (Lts.)	Altura (mm.)	Diametro (mm.)	Tapa (H)
5000	1800	2200	18"
10000	3000	2200	18"
25000	3980	3000	18"

#### ACCESORIOS



## ANEXO 8: TANQUE AGUA ULTRA FILTRADA

**Tanque Domestico Eternit**



**eternit**  
CONSTRUIMOS CONFIANZA

\* Producto autorizado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés).






### Protegiendo el agua de los peruanos desde 1945



**Resistente al Impacto**



**Agua más Segura**



**Aprobado por la FDA**

**Características**

- Protección UV.
- Tapa de perfecto acople que impide el ingreso de impurezas y la formación de microorganismos.
- Fabricado con polietileno virgen en un diseño estructural de una sola pieza.
- Durable y fáciles de instalar.

**Especificaciones Técnicas**

Capacidad Litros	Altura	Diámetro
350 Lts.*	1052 mm	716 mm
600 Lts.	1110 mm	969 mm
1100 Lts.	1420 mm	1082 mm
<b>2500 Lts.</b>	<b>1620 mm</b>	<b>1520 mm</b>

(\*) El tanque de 350 Lts. sólo se comercializa con accesorios básicos.

## ANEXO 9: ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS DE PVC

La nueva línea Tubosistemas Pavco Sch 80 PVC y CPVC está compuesta por un completo paquete de tuberías y conexiones, que complementan la completa oferta de soluciones pavco para la conducción de agua potable. Esta solución es ideal cuando se requiere la conducción de agua caliente y/o fría a altas presiones.

### SISTEMA DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC SCH 80

#### Descripción:

Este sistema es adecuado para cuando se requieren altas presiones y para trabajar a una temperatura máxima de 60°C

#### Normas de fabricación

- ASTM D 1785: Para tuberías
- ASTM D 2467: Accesorios lisos
- ASTM D 2464: Accesorios roscados
- ASTM F 1970: Accesorios especiales

#### Diseño:

Debe tenerse en cuenta los siguientes factores de reducción de presión de trabajo con incremento de la temperatura.

Temperatura °C	Factor de corrección
22,8	1,0
26,7	0,88
32,2	0,75
37,8	0,62
43,3	0,50
48,9	0,40
54,4	0,30
60,0	0,22
65,6	NR
71,1	NR
76,7	NR
82,2	NR
93,3	NR

#### Tuberías

Descripción	Diámetro Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Presión de trabajo a 23°C	Peso
	Pulgadas	mm	mm	mm	psi	kg/tubo 6,1m
Tubería	1/2"	21,34	3,73	13,88	847,25	1,84
	3/4"	26,67	3,91	18,85	687,17	2,50
	1"	33,4	4,55	24,3	630,85	3,68
	1 1/4"	42,16	4,85	32,46	519,97	5,08
	1 1/2"	48,26	5,08	38,1	470,59	6,14
	2"	60,32	5,54	49,24	404,53	8,50
	2 1/2"	73,02	7,01	59	424,78	12,96
	3"	88,9	7,62	73,66	375,00	17,34
	4"	114,3	8,56	97,18	323,81	25,34
	6"	168,28	10,97	146,34	278,94	48,32
8"	219,08	12,7	193,68	246,15	73,38	

## Accesorios

Descripción	Diámetro Nominal	
	Pulgadas	
Tee	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
	3"	
	4"	
Codo 90°	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
	3"	
	4"	
Codo 45°	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
	3"	
	4"	
Unión	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
	3"	
	4"	
Adaptador Hembra	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
3"		
4"		

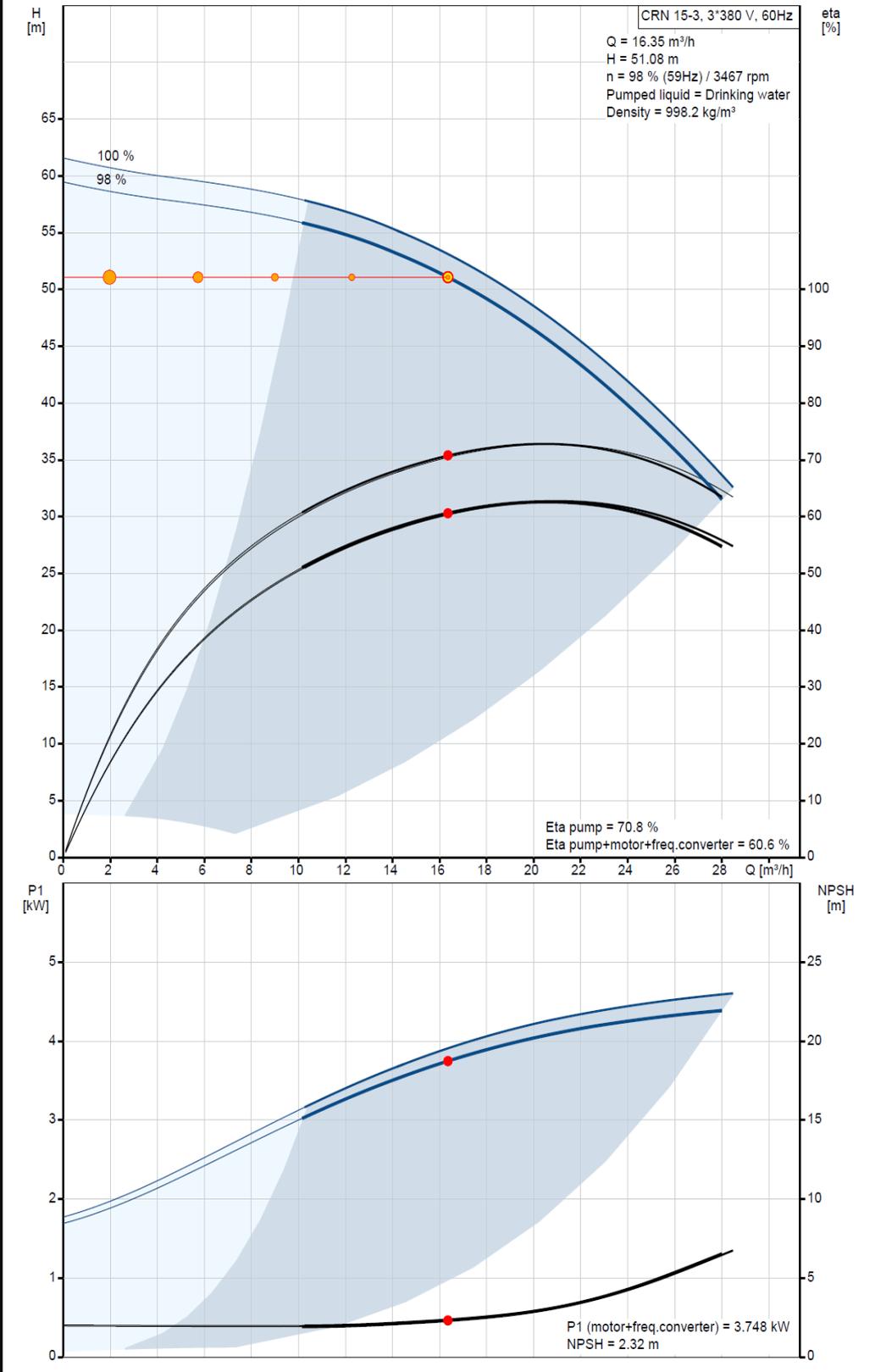
Descripción	Diámetro Nominal	
	Pulgadas	
Tapon	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
	3"	
	4"	
Adaptador Macho	1/2"	
	3/4"	
	1"	
	1 1/4"	
	1 1/2"	
	2"	
	2 1/2"	
3"		
Buje	3/4x1/2"	
	1x1/2"	
	1x3/4"	
	1 1/4x1/2"	
	1 1/4x3/4"	
	1 1/4x1"	
	1 1/2x1/2"	
	1 1/2x3/4"	
	1 1/2x1"	
	1 1/2x1 1/4"	
	2x1/2"	
	2x3/4"	
	2x1"	
	2x1 1/4"	
	2x1 1/2"	
	2 1/2x1"	
	2 1/2x1 1/4"	
	2 1/2x1 1/2"	
	2 1/2x2"	
	3x1"	
	3x1 1/4"	
	3x1 1/2"	
	3x2"	
	3x2 1/2"	
4x2"		
4x3"		
6x3"		
6x4"		
8x6"		
Brida Ajustable	1/2"	
	3/4"	
Universal soldxsold	1/2"	
	3/4"	
Soldadura PVC SCH 80	1/2 GI	

## ANEXO 10: BOMBA CENTRÍFUGA DE ULTRA FILTRADO

Qty.	Description
1	<p><b>CRN 15-3 A-FGJ-A-E-HQQE</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Product No.: <a href="#">96504044</a></p> <p>Vertical, multistage centrifugal pump with inlet and outlet ports on same the level (inline). Pump materials in contact with the liquid are in high-grade stainless steel. A cartridge shaft seal ensures high reliability, safe handling, and easy access and service. Power transmission is via a rigid split coupling. Pipe connection is via combined DIN-ANSI-JIS flanges.</p> <p>The pump is fitted with a 3-phase, fan-cooled asynchronous motor.</p> <p><b>Controls:</b>            Frequency converter:                    NONE</p> <p><b>Liquid:</b>            Pumped liquid:                            Drinking water            Liquid temperature range:            253 .. 393 K            Density at selected liquid temperature: 998.2 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Technical:</b>            Pump speed on which pump data are based: 3520 rpm            Actual calculated flow:                16.35 m<sup>3</sup>/h            Resulting head of the pump:            51.08 m            Pump orientation:                        Vertical            Shaft seal arrangement:                Single            Code for shaft seal:                      HQQE            Approvals on nameplate:               CE, EAC, ACS            Curve tolerance:                         ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materials:</b>            Base:                                        Stainless steel                EN 1.4408                AISI 316            Impeller:                                  Stainless steel                EN 1.4401                AISI 316            Bearing:                                    SIC</p> <p><b>Installation:</b>            Maximum ambient temperature: 333 K            Maximum operating pressure: 2500 kPa            Max pressure at stated temp: 2500 kPa / 393 K                2500 kPa / 253 K            Type of connection:                    DIN / ANSI / JIS            Size of inlet connection:                DN 50            Size of outlet connection:               DN 50            Pressure rating for pipe connection: PN 25            Flange rating inlet:                      300 lb            Flange size for motor:                   FT130</p> <p><b>Electrical data:</b>            Motor standard:                          IEC            Motor type:                                 112MC            IE Efficiency class:                       NEMA Premium / IE3 60Hz            Rated power - P2:                        4 kW            Power (P2) required by pump: 4 kW</p>

Qty.	Description																																								
	<table> <tr> <td>Mains frequency:</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Rated voltage:</td> <td>3 x 380-480D V</td> </tr> <tr> <td>Rated current:</td> <td>7.80-6.80 A</td> </tr> <tr> <td>Starting current:</td> <td>1000-1470 %</td> </tr> <tr> <td>Cos phi - power factor:</td> <td>0.91-0.82</td> </tr> <tr> <td>Rated speed:</td> <td>3510-3540 rpm</td> </tr> <tr> <td>Efficiency:</td> <td>IE3 88,5%</td> </tr> <tr> <td>Motor efficiency at full load:</td> <td>88.5 %</td> </tr> <tr> <td>Motor efficiency at 3/4 load:</td> <td>88.6 %</td> </tr> <tr> <td>Motor efficiency at 1/2 load:</td> <td>85.2 %</td> </tr> <tr> <td>Number of poles:</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Enclosure class (IEC 34-5):</td> <td>55 Dust/Jetting</td> </tr> <tr> <td>Insulation class (IEC 85):</td> <td>F</td> </tr> <tr> <td>Motor No:</td> <td>85U15413</td> </tr> </table> <p><b>Others:</b></p> <table> <tr> <td>Minimum efficiency index, MEI ≥:</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>Net weight:</td> <td>68 kg</td> </tr> <tr> <td>Gross weight:</td> <td>90 kg</td> </tr> <tr> <td>Shipping volume:</td> <td>0.234 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Country of origin:</td> <td>HU</td> </tr> <tr> <td>Custom tariff no.:</td> <td>84137075</td> </tr> </table>	Mains frequency:	60 Hz	Rated voltage:	3 x 380-480D V	Rated current:	7.80-6.80 A	Starting current:	1000-1470 %	Cos phi - power factor:	0.91-0.82	Rated speed:	3510-3540 rpm	Efficiency:	IE3 88,5%	Motor efficiency at full load:	88.5 %	Motor efficiency at 3/4 load:	88.6 %	Motor efficiency at 1/2 load:	85.2 %	Number of poles:	2	Enclosure class (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting	Insulation class (IEC 85):	F	Motor No:	85U15413	Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70	Net weight:	68 kg	Gross weight:	90 kg	Shipping volume:	0.234 m <sup>3</sup>	Country of origin:	HU	Custom tariff no.:	84137075
Mains frequency:	60 Hz																																								
Rated voltage:	3 x 380-480D V																																								
Rated current:	7.80-6.80 A																																								
Starting current:	1000-1470 %																																								
Cos phi - power factor:	0.91-0.82																																								
Rated speed:	3510-3540 rpm																																								
Efficiency:	IE3 88,5%																																								
Motor efficiency at full load:	88.5 %																																								
Motor efficiency at 3/4 load:	88.6 %																																								
Motor efficiency at 1/2 load:	85.2 %																																								
Number of poles:	2																																								
Enclosure class (IEC 34-5):	55 Dust/Jetting																																								
Insulation class (IEC 85):	F																																								
Motor No:	85U15413																																								
Minimum efficiency index, MEI ≥:	0.70																																								
Net weight:	68 kg																																								
Gross weight:	90 kg																																								
Shipping volume:	0.234 m <sup>3</sup>																																								
Country of origin:	HU																																								
Custom tariff no.:	84137075																																								

# 96504044 CRN 15-3 A-FGJ-A-E-HQQE 60 Hz

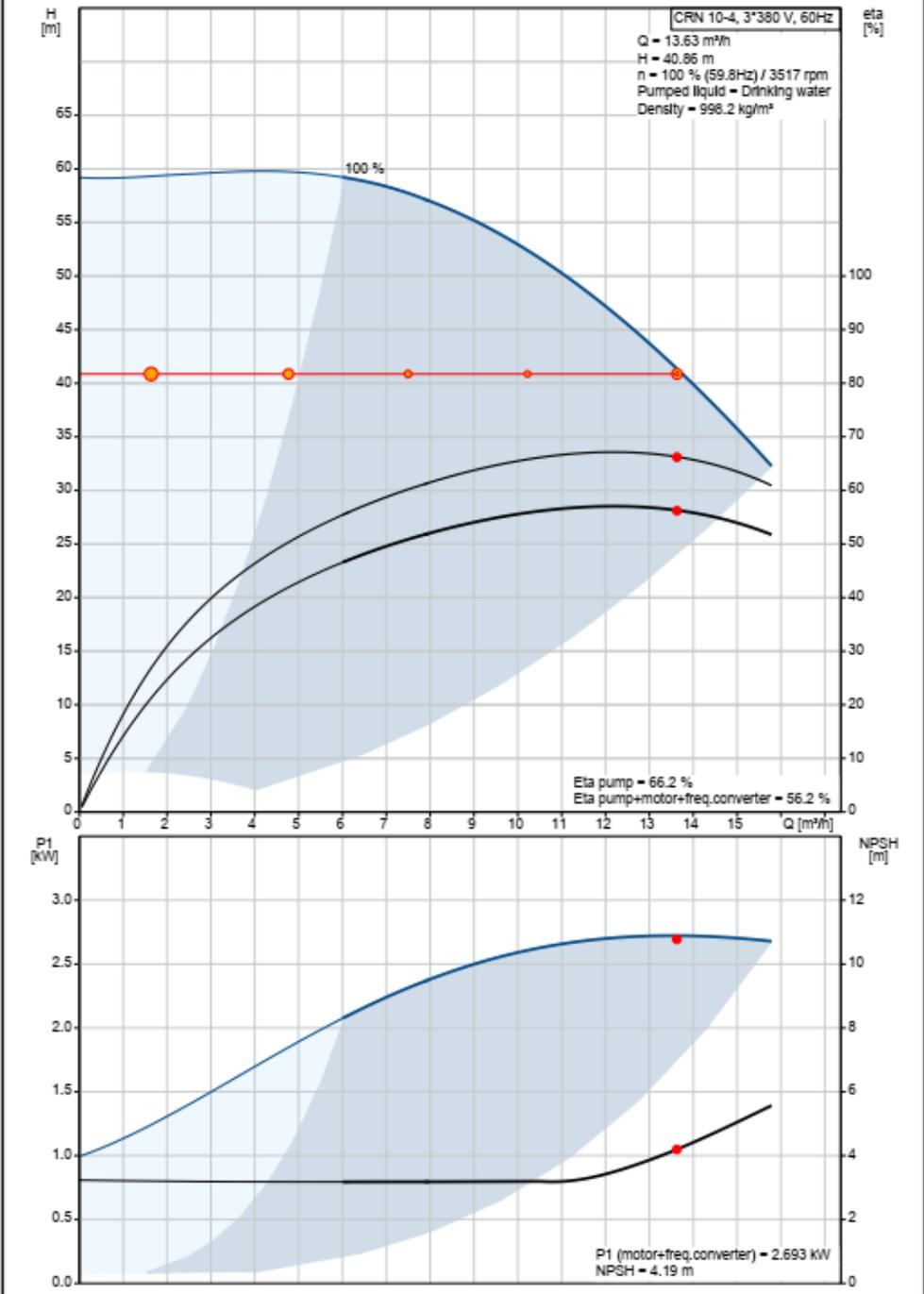


## ANEXO 11: BOMBA CENTRÍFUGA OSMOSIS INVERSA

Qty.	Description
1	<p><b>CRN 10-4 A-FGJ-A-E-HQQE</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Product No.: <a href="#">96503253</a></p> <p>Vertical, multistage centrifugal pump with inlet and outlet ports on same the level (inline). Pump materials in contact with the liquid are in high-grade stainless steel. A cartridge shaft seal ensures high reliability, safe handling, and easy access and service. Power transmission is via a rigid split coupling. Pipe connection is via combined DIN-ANSI-JIS flanges.</p> <p>The pump is fitted with a 3-phase, fan-cooled asynchronous motor.</p> <p><b>Controls:</b>            Frequency converter:           NONE</p> <p><b>Liquid:</b>            Pumped liquid:                    Drinking water            Liquid temperature range:       253 .. 393 K            Density at selected liquid temperature: 998.2 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Technical:</b>            Pump speed on which pump data are based: 3511 rpm            Actual calculated flow:           13.63 m<sup>3</sup>/h            Resulting head of the pump:       40.86 m            Pump orientation:                Vertical            Shaft seal arrangement:         Single            Code for shaft seal:               HQQE            Approvals on nameplate:        CE, EAC, ACS            Curve tolerance:                 ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materials:</b>            Base:                                Stainless steel              EN 1.4408              AISI 316            Impeller:                            Stainless steel              EN 1.4401              AISI 316            Bearing:                            SIC</p> <p><b>Installation:</b>            Maximum ambient temperature: 333 K            Maximum operating pressure:   2500 kPa            Max pressure at stated temp:   2500 kPa / 393 K              2500 kPa / 253 K            Type of connection:               DIN / ANSI / JIS            Size of inlet connection:         DN 40            Size of outlet connection:        DN 40            Pressure rating for pipe connection: PN 25            Flange rating inlet:               300 lb            Flange size for motor:            FT130</p> <p><b>Electrical data:</b>            Motor standard:                    IEC            Motor type:                         100LC            IE Efficiency class:                IE2 - IE3            Rated power - P2:                 3 kW            Power (P2) required by pump:    3 kW</p>

Qty.	Description
	Mains frequency: 60 Hz
	Rated voltage: 3 x 220-277D/380-480Y V
	Rated current: 10,8-9,35/6,20-5,40 A
	Starting current: 860-1100 %
	Cos phi - power factor: 0.91-0.84
	Rated speed: 3480-3530 rpm
	Efficiency: IE2 87,5% - IE3 88,5%
	Motor efficiency at full load: 87.5-88.5 %
	Motor efficiency at 3/4 load: 88.0 %
	Motor efficiency at 1/2 load: 87.7 %
	Number of poles: 2
	Enclosure class (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting
	Insulation class (IEC 85): F
	Motor No: 85U05510
	<b>Others:</b>
	Minimum efficiency index, MEI ≥: 0.70
	Net weight: 54 kg
	Gross weight: 58 kg
	Shipping volume: 0.104 m³
	Country of origin: HU
	Custom tariff no.: 84137075

# 96503253 CRN 10-4 A-FGJ-A-E-HQQE 60 Hz



Printed from Grundfos Product Centre [2019.07.004]

3/3

## ANEXO 12: BOMBA CENTRÍFUGA DE RETRO LAVADO

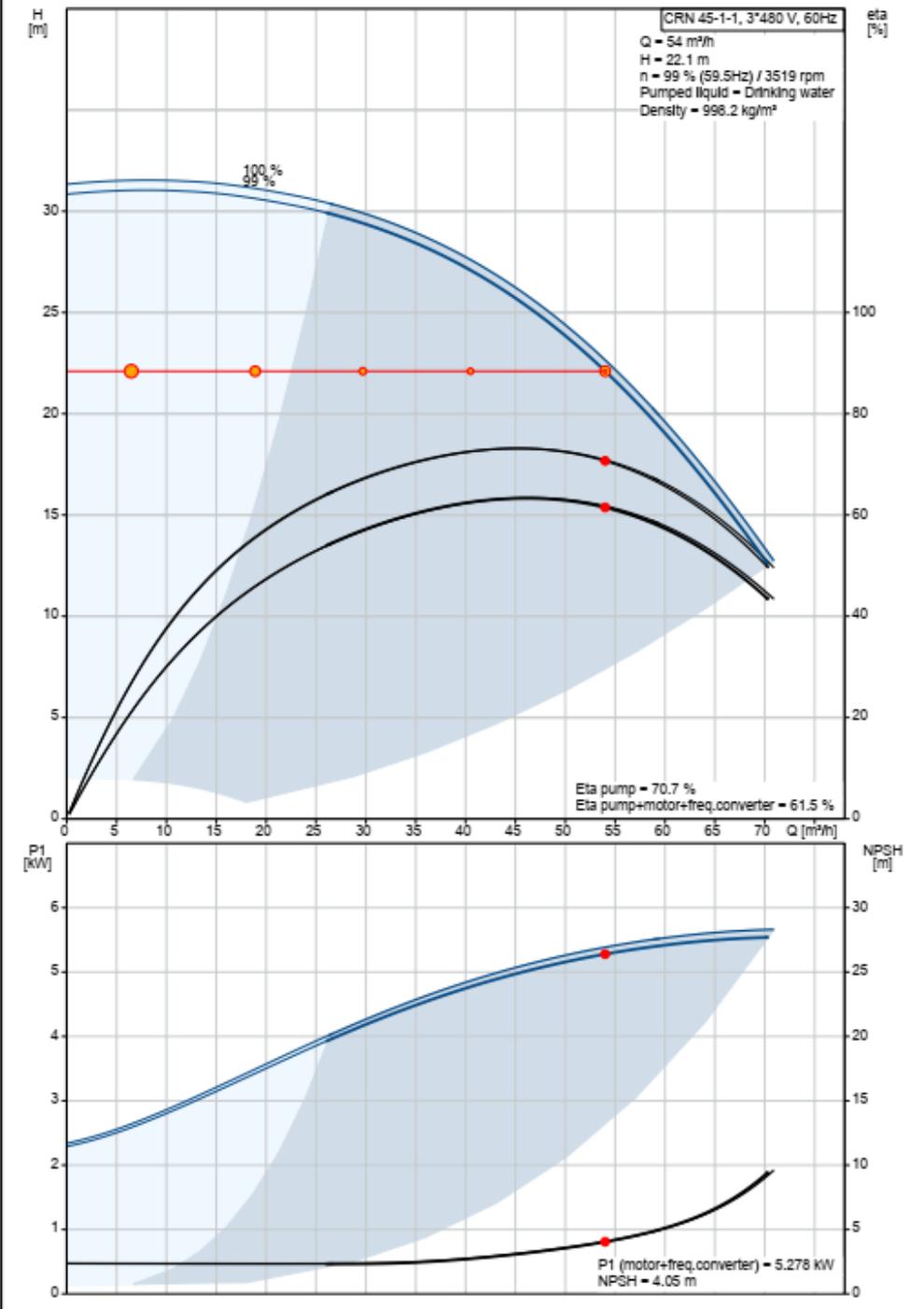
Qty.	Description
1	<p><b>CRN 45-1-1 A-F-A-V-HQQV</b></p>  <p>Product No.: <a href="#">96123326</a></p> <p>Vertical, multistage centrifugal pump with inlet and outlet ports on same the level (inline). Pump materials in contact with the liquid are in high-grade stainless steel. A cartridge shaft seal ensures high reliability, safe handling, and easy access and service. Power transmission is via a rigid split coupling. Pipe connection is via DIN flanges.</p> <p>The pump is fitted with a 3-phase, fan-cooled asynchronous motor.</p> <p><b>Controls:</b>            Frequency converter:           NONE</p> <p><b>Liquid:</b>            Pumped liquid:                 Drinking water            Liquid temperature range:     253 .. 363 K            Density at selected liquid temperature: 998.2 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Technical:</b>            Pump speed on which pump data are based: 3526 rpm            Actual calculated flow:       54 m<sup>3</sup>/h            Resulting head of the pump:   22.1 m            Pump orientation:             Vertical            Shaft seal arrangement:       Single            Code for shaft seal:           HQQV            Approvals on nameplate:       CE, EAC            Curve tolerance:             ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materials:</b>            Base:                             Stainless steel                                                  EN 1.4408                                                  AISI 316            Impeller:                        Stainless steel                                                  EN 1.4401                                                  AISI 316            Bearing:                        SIC            Support bearing:               Grafflon</p> <p><b>Installation:</b>            Maximum ambient temperature: 333 K            Maximum operating pressure: 1600 kPa            Max pressure at stated temp: 1600 kPa / 363 K                                                  1600 kPa / 253 K            Type of connection:           DIN            Size of inlet connection:       DN 80            Size of outlet connection:     DN 80            Pressure rating for pipe connection: PN 40            Flange size for motor:         FF265</p> <p><b>Electrical data:</b>            Motor standard:                IEC            Motor type:                     132SC            IE Efficiency class:            NEMA Premium / IE3 60Hz            Rated power - P2:             5.5 kW            Power (P2) required by pump: 5.5 kW</p>

Printed from Grundfos Product Centre [2019.07.004]

1/3

Qty.	Description
	Mains frequency: 60 Hz
	Rated voltage: 3 x 380-480V
	Rated current: 10.6-9.30 A
	Starting current: 1020-1480 %
	Cos phi - power factor: 0.90-0.80
	Rated speed: 3510-3550 rpm
	Efficiency: IE3 89,5%
	Motor efficiency at full load: 89.5 %
	Motor efficiency at 3/4 load: 90.0 %
	Motor efficiency at 1/2 load: 89.6 %
	Number of poles: 2
	Enclosure class (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting
	Insulation class (IEC 85): F
	Motor No: 85U17417
	<b>Others:</b>
	Minimum efficiency index, MEI ≥: 0.70
	Net weight: 101 kg
	Gross weight: 124 kg
	Shipping volume: 0.309 m³
	Country of origin: DK
	Custom tariff no.: 84137075

# 96123326 CRN 45-1-1 A-F-A-V-HQQV 60 Hz

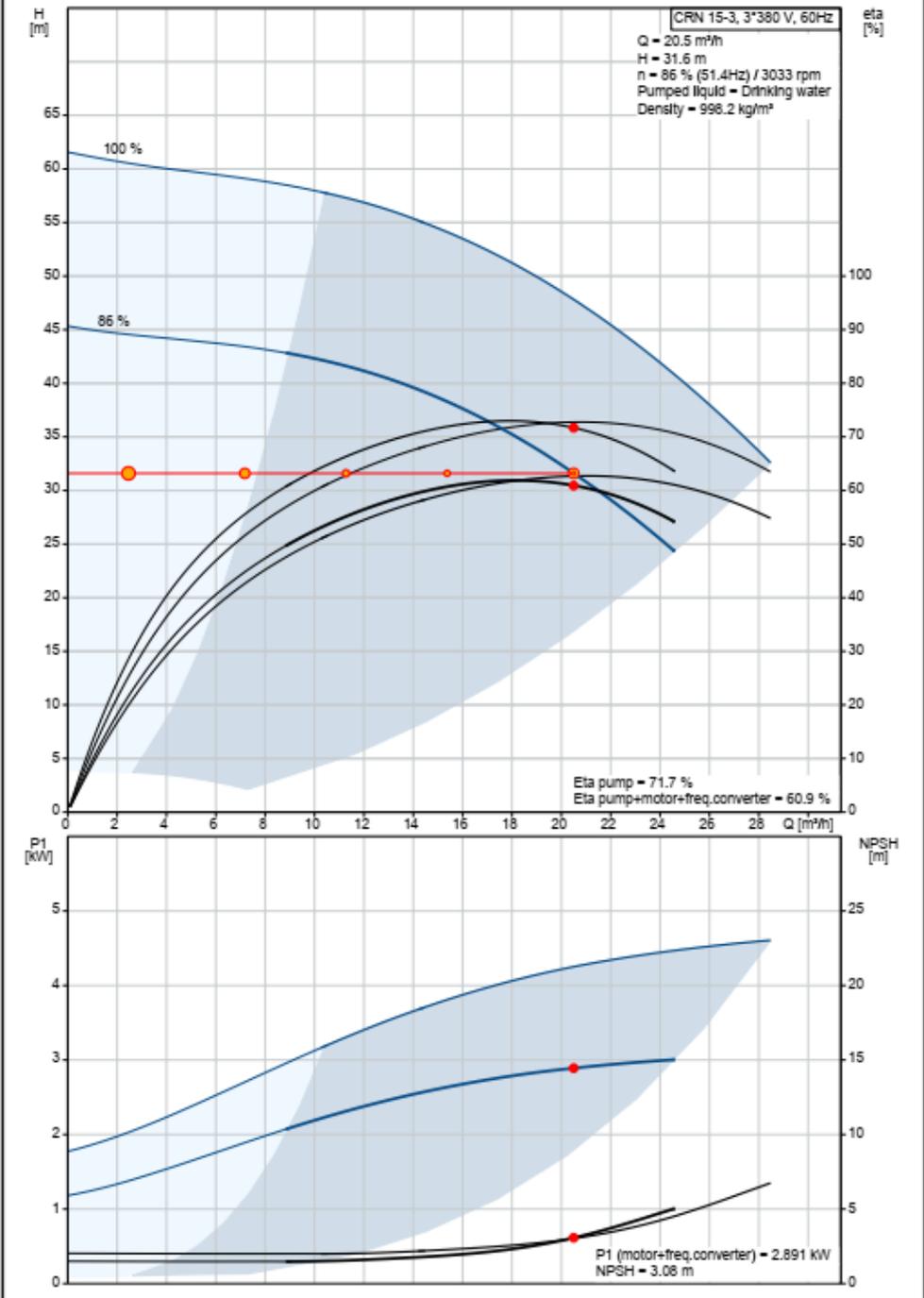


## ANEXO 13: BOMBA CENTRÍFUGA CIP

Qty.	Description
1	<p><b>CRN 15-3 A-P-A-E-HQQE</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Note! Product picture may differ from actual product</p> <p>Product No.: <a href="#">96504033</a></p> <p>Vertical, multistage centrifugal pump with inlet and outlet ports on same the level (inline). Pump materials in contact with the liquid are in high-grade stainless steel. A cartridge shaft seal ensures high reliability, safe handling, and easy access and service. Power transmission is via a rigid split coupling. Pipe connection is via PJE (Victaulic®) couplings.</p> <p>The pump is fitted with a 3-phase, fan-cooled asynchronous motor.</p> <p><b>Controls:</b>            Frequency converter:           NONE</p> <p><b>Liquid:</b>            Pumped liquid:                    Drinking water            Liquid temperature range:       253 .. 393 K            Density at selected liquid temperature: 998.2 kg/m³</p> <p><b>Technical:</b>            Pump speed on which pump data are based: 3520 rpm            Actual calculated flow:           20.5 m³/h            Resulting head of the pump:       31.6 m            Pump orientation:                 Vertical            Shaft seal arrangement:         Single            Code for shaft seal:               HQQE            Approvals on nameplate:         CE, EAC, ACS            Curve tolerance:                  ISO9906:2012 3B</p> <p><b>Materials:</b>            Base:                                 Stainless steel              EN 1.4408              AISI 316            Impeller:                             Stainless steel              EN 1.4401              AISI 316            Bearing:                             SIC</p> <p><b>Installation:</b>            Maximum ambient temperature: 333 K            Maximum operating pressure:    2500 kPa            Max pressure at stated temp:    2500 kPa / 393 K              2500 kPa / 253 K            Type of connection:               PJE</p>

Qty.	Description
	Size of inlet connection: DN 50 Size of outlet connection: DN 50 Pressure rating for pipe connection: PN 50 Flange size for motor: FT130
	<b>Electrical data:</b> Motor standard: IEC Motor type: 112MC IE Efficiency class: NEMA Premium / IE3 60Hz Rated power - P2: 4 kW Power (P2) required by pump: 4 kW Mains frequency: 60 Hz Rated voltage: 3 x 380-480V Rated current: 7.80-6.80 A Starting current: 1000-1470 % Cos phi - power factor: 0.91-0.82 Rated speed: 3510-3540 rpm Efficiency: IE3 88,5% Motor efficiency at full load: 88,5 % Motor efficiency at 3/4 load: 88,6 % Motor efficiency at 1/2 load: 85,2 % Number of poles: 2 Enclosure class (IEC 34-5): 55 Dust/Jetting Insulation class (IEC 85): F Motor No: 85U15413
	<b>Others:</b> Minimum efficiency index, MEI ≥: 0.70 Net weight: 63 kg Gross weight: 67 kg Shipping volume: 0.13 m³ Country of origin: HU Custom tariff no.: 84137075

# 96504033 CRN 15-3 A-P-A-E-HQQE 60 Hz



Printed from Grundfos Product Centre [2019.07.004]

3/3

## ANEXO 14: TANQUE DE QUÍMICO

### Brine Tanks/Brine Tanks Accessories

---

Residential brine tanks are available in 25L, 70L, 100L, 140L, 145L and 200L, round and square style, grey, black, blue, almond and white colors.

Commercial and industrial brine tanks are available in 350L, 500L, 750L, 1000L, 1500L, 2000L.



## Brine Tanks



Specifications					
Model	BTR-25	BTR-70	BTR-100	BTR-145	BTR-200L
Volume	25L	70L	100L	145L	200L
Brine Tank Size(D*H)	Φ285*440mm	Φ400*815mm	Φ460*875mm	Φ516*950mm	Φ585*1040mm
Plastic Bag Packing(W*D*H)	285*285*440mm	405*405*1530mm	460*460*1645mm	535*535*1815mm	615*615*2160mm
Carton Box Packing(W*D*H)	300*300*480mm	425*425*1550mm	480*480*1665mm	555*555*1835mm	615*615*2180mm
Packing	1 pcs/pack	5 pcs/pack	5 pcs/pack	5 pcs/pack	5 pcs/pack
Standard Specification	Brine well	Brine well, grid	Brine well, grid	Brine well, grid	Brine well, grid
Colour(optional): The minimum order is 500pcs.	light grey	black	blue	white	Almond

# ANEXO 15: FICHA DE SEGURIDAD ANTIINCRUSTANTE



GE  
Water & Process Technologies

## Material Safety Data Sheet

Issue Date: 24-AUG-2007  
Supercedes: 24-AUG-2007

HYPERSPERSE MDC150

### 1 Identification of Product and Company

Identification of substance or preparation  
HYPERSPERSE MDC150

Product Application Area  
Reverse osmosis antiscalant

Company/Undertaking Identification  
Lenntech bv  
Rotterdamseweg 402m  
2629HH Delft  
the Netherlands  
Tel. 31-152-610-900, E-mail info@lenntech.com

Emergency Telephone  
(800) 877-1940

Prepared by Product Stewardship Group: 215 355-3300

### 2 Composition / Information On Ingredients

Information for specific product ingredients as required by the U.S. OSHA HAZARD COMMUNICATION STANDARD is listed. Refer to additional sections of this MSDS for our assessment of the potential hazards of this formulation.

#### HAZARDOUS INGREDIENTS:

This product is not hazardous as defined by OSHA regulations.

No component is considered to be a carcinogen by the National Toxicology Program, the International Agency for Research on Cancer, or the Occupational Safety and Health Administration at OSHA thresholds for carcinogens.

### 3 Hazards Identification

\*\*\*\*\*  
**EMERGENCY OVERVIEW**

#### CAUTION

May cause slight irritation to the skin. May cause moderate irritation to the eyes. Mists/aerosols may cause irritation to upper respiratory tract.

DOT hazard is not applicable  
Odor: Slight; Appearance: Amber To Dark Brown, Liquid

Substance or Preparation: HYPERSPERSE MDC150

Page 1

Fire fighters should wear positive pressure self-contained breathing apparatus (full face-piece type). Proper fire-extinguishing media: dry chemical, carbon dioxide, foam or water

\*\*\*\*\*

#### POTENTIAL HEALTH EFFECTS

**ACUTE SKIN EFFECTS:**

Primary route of exposure; May cause slight irritation to the skin.

**ACUTE EYE EFFECTS:**

May cause moderate irritation to the eyes.

**ACUTE RESPIRATORY EFFECTS:**

Mists/aerosols may cause irritation to upper respiratory tract.

**INGESTION EFFECTS:**

May cause slight gastrointestinal irritation.

**TARGET ORGANS:**

No evidence of potential chronic effects.

**MEDICAL CONDITIONS AGGRAVATED:**

Not known.

**SYMPTOMS OF EXPOSURE:**

May cause redness or itching of skin.

## 4 First Aid Measures

**SKIN CONTACT:**

Wash thoroughly with soap and water. Remove contaminated clothing. Get medical attention if irritation develops or persists.

**EYE CONTACT:**

Remove contact lenses. Hold eyelids apart. Immediately flush eyes with plenty of low-pressure water for at least 15 minutes. Get immediate medical attention.

**INHALATION:**

If nasal, throat or lung irritation develops - remove to fresh air and get medical attention.

**INGESTION:**

Do not feed anything by mouth to an unconscious or convulsive victim. Do not induce vomiting. Immediately contact physician. Dilute contents of stomach using 2-8 fluid ounces (60-240 mL) of milk or water.

**NOTES TO PHYSICIANS:**

No special instructions

## 5 Fire Fighting Measures

**FIRE FIGHTING INSTRUCTIONS:**

Fire fighters should wear positive pressure self-contained breathing apparatus (full face-piece type).

**EXTINGUISHING MEDIA:**

dry chemical, carbon dioxide, foam or water

**HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS:**

oxides of carbon, nitrogen and phosphorus

**FLASH POINT:**

> 200F > 93C P-M(CC)

## 6 Accidental Release Measures

### PROTECTION AND SPILL CONTAINMENT:

Ventilate area. Use specified protective equipment. Contain and absorb on absorbent material. Place in waste disposal container. Flush area with water. Wet area may be slippery. Spread sand/grit.

### DISPOSAL INSTRUCTIONS:

Water contaminated with this product may be sent to a sanitary sewer treatment facility, in accordance with any local agreement, a permitted waste treatment facility or discharged under a permit. Product as is - Incinerate or land dispose in an approved landfill.

## 7 Handling & Storage

### HANDLING:

Normal chemical handling.

### STORAGE:

Keep containers closed when not in use. Protect from freezing. If frozen, thaw and mix completely prior to use. Shelf life 270 days.

## 8 Exposure Controls / Personal Protection

### EXPOSURE LIMITS

This product is not hazardous as defined by OSHA regulations.

### ENGINEERING CONTROLS:

adequate ventilation

### PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT:

Use protective equipment in accordance with 29CFR 1910 Subpart I

#### RESPIRATORY PROTECTION:

A RESPIRATORY PROTECTION PROGRAM THAT MEETS OSHA'S 29 CFR 1910.134 AND ANSI Z88.2 REQUIREMENTS MUST BE FOLLOWED WHENEVER WORKPLACE CONDITIONS WARRANT A RESPIRATOR'S USE. USE AIR PURIFYING RESPIRATORS WITHIN USE LIMITATIONS ASSOCIATED WITH THE EQUIPMENT OR ELSE USE SUPPLIED AIR-RESPIRATORS.

If air-purifying respirator use is appropriate, use any of the following particulate respirators: N95, N99, N100, R95, R99, R100, P95, P99 or P100.

#### SKIN PROTECTION:

neoprene gloves-- Wash off after each use. Replace as necessary.

#### EYE PROTECTION:

splash proof chemical goggles

## 9 Physical & Chemical Properties

Specific Grav. (70F,21C)	1.159	Vapor Pressure (mmHG)	~ 18.0
Freeze Point (F)	5	Vapor Density (air=1)	< 1.00
Freeze Point (C)	-15		
Viscosity(cps 70F,21C)	ND	% Solubility (water)	100.0
Odor		Slight	
Appearance		Amber To Dark Brown	
Physical State		Liquid	
Flash Point	P-M(CC)	> 200F > 93C	
pH As Is (approx.)		2.5	
Evaporation Rate (Ether=1)		< 1.00	

Percent VOC: 0.0

NA = not applicable ND = not determined

## 10 Stability & Reactivity

### STABILITY:

Stable under normal storage conditions.

### HAZARDOUS POLYMERIZATION:

Will not occur.

### INCOMPATIBILITIES:

May react with strong oxidizers.

### DECOMPOSITION PRODUCTS:

oxides of carbon, nitrogen and phosphorus

### INTERNAL PUMPOUT/CLEANOUT CATEGORIES:

"A"

## 11 Toxicological Information

Oral LD50 RAT: >2,000 mg/kg

NOTE - Estimated value

Dermal LD50 RABBIT: >2,000 mg/kg

NOTE - Estimated value

## 12 Ecological Information

### AQUATIC TOXICOLOGY

Daphnia magna 48 Hour Static Renewal Bioassay

LC50= 3634; No Effect Level= 2500 mg/L

Fathead Minnow 96 Hour Static Renewal Bioassay

LC50= 13139; No Effect Level= 7500 mg/L

### BIODEGRADATION

BOD-28 (mg/g): 3

BOD-5 (mg/g): 2

COD (mg/g): 180

TOC (mg/g): 40

## 13 Disposal Considerations

If this undiluted product is discarded as a waste, the US RCRA hazardous waste identification number is :  
Not applicable.

Please be advised; however, that state and local requirements for waste disposal may be more restrictive or otherwise different from federal regulations. Consult state and local regulations regarding the proper disposal of this material.

## 14 Transport Information

DOT HAZARD: Not Applicable

PROPER SHIPPING NAME:

DOT EMERGENCY RESPONSE GUIDE #: Not applicable

Note: Some containers may be DOT exempt, please check BOL for exact container classification

## 15 Regulatory Information

**TSCA:**  
All components of this product are listed in the TSCA inventory.

**CERCLA AND/OR SARA REPORTABLE QUANTITY (RQ):**  
No regulated constituent present at OSHA thresholds

**SARA SECTION 312 HAZARD CLASS:**  
Product is non-hazardous under Section 311/312

**SARA SECTION 302 CHEMICALS:**  
No regulated constituent present at OSHA thresholds

**SARA SECTION 313 CHEMICALS:**  
No regulated constituent present at OSHA thresholds

**CALIFORNIA REGULATORY INFORMATION**

**CALIFORNIA SAFE DRINKING WATER AND TOXIC ENFORCEMENT ACT (PROPOSITION 65):**  
No regulated constituents present

**MICHIGAN REGULATORY INFORMATION**  
No regulated constituent present at OSHA thresholds

## 16 Other Information

NFPA/HMIS		CODE TRANSLATION
Health	1	Slight Hazard
Fire	0	Minimal Hazard
Reactivity	0	Minimal Hazard
Special	NONE	No special Hazard
(1) Protective Equipment	B	Goggles, Gloves

(1) refer to section 8 of MSDS for additional protective equipment recommendations.

### CHANGE LOG

	EFFECTIVE DATE	REVISIONS TO SECTION:	SUPERCEDES
MSDS status:	21-SEP-1999		** NEW **
	07-JAN-2000	16	21-SEP-1999
	08-MAR-2000	15	07-JAN-2000
	16-NOV-2001	4,12	08-MAR-2000
	03-JAN-2005	12	16-NOV-2001
	12-JAN-2007	2,14	03-JAN-2005
	22-MAR-2007	2;EDIT: ding	12-JAN-2007
	24-AUG-2007	4,5,7,8,10,16	22-MAR-2007

**LENNTECH**

info@lenntech.com Tel. +31-152-610-900  
www.lenntech.com Fax. +31-152-616-289

# ANEXO 16: BOMBAS DOSIFICADORAS

SMART Digital

6

Technical data

## 6. Technical data

### DDA

Data		7.5-16	12-10	17-7	30-4		
Data	Turndown ratio (setting range)	[1:X]	3000	1000	1000	1000	
	Max. dosing capacity	[l/h]	7.5	12.0	17.0	30.0	
		[gph]	2.0	3.1	4.5	8.0	
	Max. dosing capacity with SlowMode 50 %	[l/h]	3.75	6.00	8.50	15.00	
		[gph]	1.00	1.55	2.25	4.00	
	Max. dosing capacity with SlowMode 25 %	[l/h]	1.88	3.00	4.25	7.50	
		[gph]	0.50	0.78	1.13	2.00	
	Min. dosing capacity	[l/h]	0.0025	0.0120	0.0170	0.0300	
		[gph]	0.0007	0.0031	0.0045	0.0080	
	Max. operating pressure	[bar]	16	10	7	4	
	[psi]	230	150	100	60		
Max. stroke frequency <sup>1)</sup>	[strokes/min]	190	155	205	180		
Stroke volume	[ml]	0.74	1.45	1.55	3.10		
Mechanical data	Accuracy of repeatability	[%]	± 1				
	Max. suction lift during operation <sup>2)</sup>	[m]	6				
	Max. suction lift when priming with wet valves <sup>2)</sup>	[m]	2	3	3	2	
	Min. pressure difference between suction and discharge side	[bar]	1 (FC and FCM: 2)				
	Max. inlet pressure, suction side	[bar]	2				
	Max. viscosity in SlowMode 25 % with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	2500	2500	2000	1500	
	Max. viscosity in SlowMode 50 % with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	1800	1300	1300	600	
	Max. viscosity without SlowMode with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	600	500	500	200	
	Max. viscosity without spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	50	300	300	150	
	Min. internal tubing/pipe diameter suction/discharge side <sup>4), 2)</sup>	[mm]	4	6	6	9	
	Min. internal tubing/pipe diameter suction/discharge side (high viscosity) <sup>4)</sup>	[mm]	9				
	Min./Max. liquid temperature	[°C]	-10/45				
	Min./Max. ambient temperature	[°C]	0/45				
	Electrical data	Voltage	[V]	100-240 V, 50/60 Hz			
		Length of mains cable	[m]	1.5			
Max. inrush current for 2 ms at 100 V		[A]	8				
Max. inrush current for 2 ms at 230 V		[A]	25				
Max. power consumption P <sub>i</sub>		[W]	24 <sup>5)</sup>				
Enclosure class			IP 65, Nema 4X				
Electrical safety class			II				
Signal input	Max. load low-level / empty tank / pulse / external stop input		12 V, 5 mA				
	Min. pulse length	[ms]	5				
	Max. pulse frequency	[Hz]	100				
	Impedance at analog 0/4-20 mA input	[Ω]	15				
	Max. resistance in level/pulse circuit	[Ω]	1000				
Signal output	Max. ohmic load on relay output	[A]	0.5				
	Max. voltage on relay/analog output	[V]	30 VDC/30 VAC				
	Impedance at 0/4-20 mA analog output	[Ω]	500				
Weight/size	Weight (PVC, PP, PVDF)	[kg]	2.4	2.4	2.6		
	Weight (stainless steel)	[kg]	3.2	3.2	4.0		
	Diaphragm diameter	[mm]	44	50	74		
Sound pressure	Max. sound pressure level	[dB(A)]	60				
Approvals		CE, CB, CSA-US, NSF61, GOST, C-Tick					

- 1) The maximum stroke frequency varies depending on calibration  
 2) Data is based on measurements with water  
 3) Maximum suction lift: 1 m, dosing capacity reduced (approx. 30 %)  
 4) Length of suction line: 1.5 m, length of discharge line: 10 m (at max. viscosity)  
 5) With E-box

## DDC

Data		6-10	9-7	15-4
Turndown ratio (setting range)	[1:X]	1000	1000	1000
Max. dosing capacity	[l/h]	6.0	9.0	15.0
	[gph]	1.5	2.4	4.0
Max. dosing capacity with SlowMode 50 %	[l/h]	3.00	4.50	7.50
	[gph]	0.75	1.20	2.00
Max. dosing capacity with SlowMode 25 %	[l/h]	1.50	2.25	3.75
	[gph]	0.38	0.60	1.00
Min. dosing capacity	[l/h]	0.0060	0.0090	0.0150
	[gph]	0.0015	0.0024	0.0040
Max. operating pressure	[bar]	10	7	4
	[psi]	150	100	60
Max. stroke frequency <sup>1)</sup>	[strokes/min]	140	200	180
Stroke volume	[ml]	0.81	0.84	1.58
Accuracy of repeatability	[%]	± 1		
Max. suction lift during operation <sup>2)</sup>	[m]	6		
Max. suction lift when priming with wet valves <sup>2)</sup>	[m]	2	2	3
Min. pressure difference between suction and discharge side	[bar]	1		
Max. inlet pressure, suction side	[bar]	2		
Max. viscosity in SlowMode 25 % with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	2500	2000	2000
Max. viscosity in SlowMode 50 % with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	1800	1300	1300
Max. viscosity without SlowMode with spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	600	500	500
Max. viscosity without spring-loaded valves <sup>3)</sup>	[mPas] (= cP)	50	50	300
Min. internal tubing/pipe diameter suction/discharge side <sup>4), 2)</sup>	[mm]	4	6	6
Min. internal tubing/pipe diameter suction/discharge side (high viscosity) <sup>4)</sup>	[mm]	9		
Min./Max. liquid temperature	[°C]	-10/45		
Min./Max. ambient temperature	[°C]	0/45		
Voltage AC	[V]	100-240 V, 50/60 Hz		
Voltage DC (option)	[V]	24-48 VDC		
Length of mains cable	[m]	1.5		
Max. inrush current for 2 ms at 100 V	[A]	8		
Max. inrush current for 2 ms at 230 V	[A]	25		
Max. power consumption P <sub>1</sub>	[W]	22		
Enclosure class		IP65, Nema 4X		
Electrical safety class		II		
Max. load low-level / empty tank / pulse / external stop input		12 V, 5 mA		
Min. pulse length	[ms]	5		
Max. pulse frequency	[Hz]	100		
Impedance at analog 0/4-20 mA input	[Ω]	15		
Max. resistance in level/pulse circuit	[Ω]	1000		
Max. ohmic load on relay output	[A]	0.5		
Max. voltage on relay output	[V]	30 VDC/30 VAC		
Weight (PVC, PP, PVDF)	[kg]	2.4	2.4	
Weight (stainless steel)	[kg]	3.2	3.2	
Diaphragm diameter	[mm]	44	50	
Sound pressure	Max. sound pressure level [dB(A)]	60		
Approvals		CE, CB, CSA-US, NSF61, GOST, C-Tick		

1) The maximum stroke frequency varies depending on calibration

2) Data is based on measurements with water

3) Maximum suction lift: 1 m, dosing capacity reduced (approx. 30 %)

4) Length of suction line: 1.5 m, length of discharge line: 10 m (at max. viscosity)

## ANEXO 17: FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA.

# SPECIFICATIONS

### RECOMMENDED SPECIFICATIONS FOR BRAY SERIES 30/31 SHALL BE:

- Polyester coated, cast iron, wafer or lug bodies.
- With flange locating holes that meet ANSI Class 125/150 (or BS 10 Tables D & E, BS 4504 NP 10/16, DIN ND 10/16, AS 2129 and JIS 10) drillings.
- Through-stem direct drive double "D" design requiring no disc screws or pins to connect stem to disc with no possible leak paths in disc/stem connection.
- Stem mechanically retained in body neck and no part of stem or body exposed to line media.
- Tongue-and-groove seat design with primary hub seal and a molded O-ring suitable for weld-neck and slip-on flanges. Seat totally encapsulates the body with no flange gaskets required.
- Spherically machined, hand polished disc edge and hub for minimum torque and maximum sealing capability.
- Equipped with non-corrosive bushing and self-adjusting stem seal.
- Bi-directional and tested to 110% of full rating.
- Bi-directional pressure ratings:  
2"-12" valves: 175 psi, 14"-20" valves: 150 psi  
Lug bodies for dead end service  
With downstream flanges or vulcanized seats, pressure ratings are equal to bi-directional ratings as stated above.  
With no downstream flanges or non-vulcanized seats: 2"-12" valves: 75 psi, 14"-20" valves: 50 psi
- No field adjustment necessary to maintain optimum field performance.
- The valve shall be Bray Series 30 wafer / 31 lug or equal.

### WEIGHTS

Valve Size	Series 30	Series 31
ins mm		
2 50	5.5	7.0
2½ 65	7.0	8.0
3 80	7.5	9.0
4 100	11.5	15.0
5 125	14.0	20.0
6 150	17.0	23.0
8 200	34.0	42.0
10 250	49.0	66.0
12 300	67.0	88.0
14 350	95.0	114.0
16 400	135.0	166.0
18 450	200.0	226.0
20 500	260.0	305.0

Weights are in lbs.

### MATERIALS SELECTION

2"-20" (50mm-500mm)

#### BODY:

- Cast Iron ASTM A126 Class B
- Ductile Iron ASTM A536
- Cast Steel ASTM A216 WCB
- Aluminum ASTM B26

#### SEAT:

- Buna-N – Food Grade
- EPDM – Food Grade
- FKM\*
- White Buna-N – Food Grade

#### STEM:

- Coated Carbon Steel
- 416 Stainless Steel ASTM A582 Type 416
- 304 Stainless Steel ASTM A276 Type 304
- 316 Stainless Steel ASTM A276 Type 316
- Monel

#### DISC:

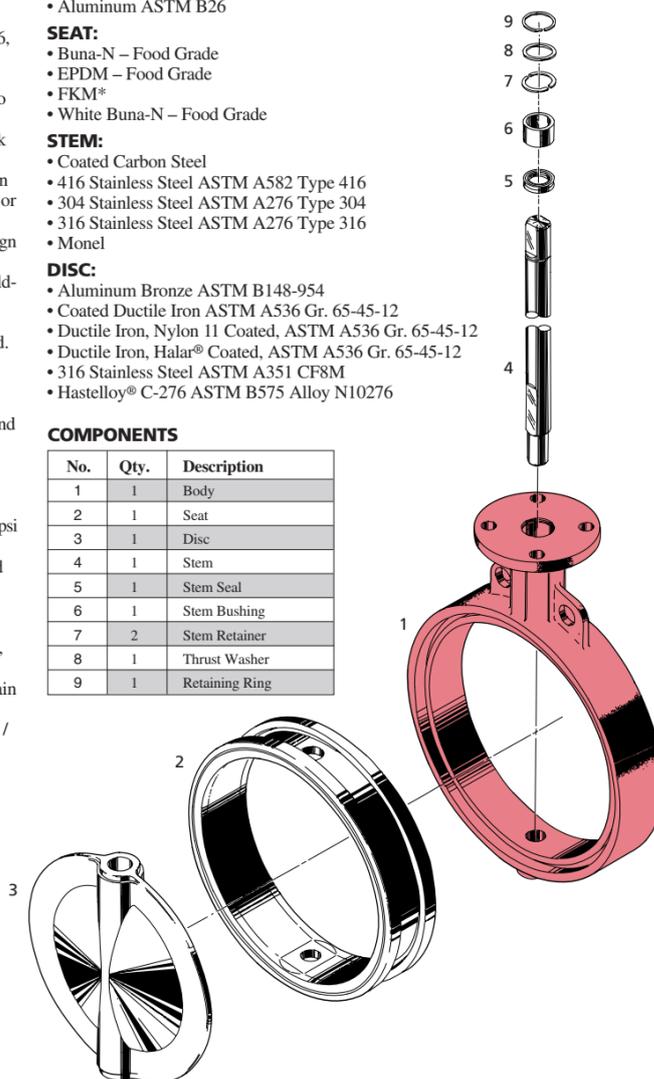
- Aluminum Bronze ASTM B148-954
- Coated Ductile Iron ASTM A536 Gr. 65-45-12
- Ductile Iron, Nylon 11 Coated, ASTM A536 Gr. 65-45-12
- Ductile Iron, Halar® Coated, ASTM A536 Gr. 65-45-12
- 316 Stainless Steel ASTM A351 CF8M
- Hastelloy® C-276 ASTM B575 Alloy N10276

### COMPONENTS

No.	Qty.	Description
1	1	Body
2	1	Seat
3	1	Disc
4	1	Stem
5	1	Stem Seal
6	1	Stem Bushing
7	2	Stem Retainer
8	1	Thrust Washer
9	1	Retaining Ring

### TEMPERATURE RANGE OF SEATS

Type	Maximum	Minimum
EPDM	+250°F(121°C)	-40°F(-40°C)
Buna-N	+212°F(100°C)	0°F(-18°C)
FKM*	+400°F(204°C)	0°F(-18°C)



\*FKM is the ASTM D1418 designation for Fluorinated Hydrocarbon Elastomers (also called Fluoroelastomers).

Hastelloy® is a registered trademark of Haynes International, Inc.

Halar® is a registered trademark of Ausimont U.S.A., Inc.

# ANEXO 18: NORMATIVA DE CÉDULA DE TUBERÍAS DE PVC SEGÚN ASTM D1785

Pars Ethylene Kish Co.

www.parsethylene-kish.com



TABLE 1 Outside Diameters and Tolerances for PVC Plastic Pipe Schedules 40, 80, and 120, In. (mm)

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Average	Tolerances	
			Maximum Out-of-Roundness (maximum minus minimum diameter)	
			Schedule 40 sizes 3½ in. and over; Schedule 80 sizes 8 in. and over	Schedule 40 sizes 3 in. and less; Schedule 80 sizes 6 in. and less; Schedule 120 sizes all
¼	0.405 (10.29)	±0.004 (±0.10)	---	0.016 (0.41)
⅜	0.540 (13.72)	±0.004 (±0.10)	---	0.016 (0.41)
½	0.675 (17.14)	±0.004 (±0.10)	---	0.016 (0.41)
⅝	0.840 (21.34)	±0.004 (±0.10)	---	0.016 (0.41)
¾	1.050 (26.67)	±0.004 (±0.10)	---	0.020 (0.51)
1	1.315 (33.40)	±0.005 (±0.13)	---	0.020 (0.51)
1¼	1.680 (42.16)	±0.005 (±0.13)	---	0.024 (0.61)
1½	1.900 (48.26)	±0.006 (±0.15)	---	0.024 (0.61)
2	2.375 (60.32)	±0.006 (±0.15)	---	0.024 (0.61)
2½	2.875 (73.02)	±0.007 (±0.18)	---	0.030 (0.76)
3	3.500 (88.90)	±0.008 (±0.20)	---	0.030 (0.76)
3½	4.000 (101.60)	±0.008 (±0.20)	0.100 (2.54)	0.030 (0.76)
4	4.500 (114.30)	±0.009 (±0.23)	0.100 (2.54)	0.030 (0.76)
5	5.563 (141.30)	±0.010 (±0.25)	0.100 (2.54)	0.060 (1.52)
6	6.625 (168.28)	±0.011 (±0.28)	0.100 (2.54)	0.070 (1.78)
8	8.625 (219.08)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.090 (2.29)
10	10.750 (273.05)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.100 (2.54)
12	12.750 (323.85)	±0.015 (±0.38)	0.150 (3.81)	0.120 (3.05)
14	14.000 (355.60)	±0.015 (±0.38)	0.200 (5.08)	---
16	16.000 (406.40)	±0.019 (±0.48)	0.320 (8.13)	---
18	18.000 (457.20)	±0.019 (±0.48)	0.360 (9.14)	---
20	20.000 (508.00)	±0.023 (±0.58)	0.400 (10.2)	---
24	24.000 (609.60)	±0.031 (±0.79)	0.480 (12.2)	---

TABLE 2 Wall Thicknesses and Tolerances for PVC Plastic Pipe, Schedules 40, 80, and 120,<sup>A, B</sup> In. (mm)

Nominal Pipe Size	Wall Thickness <sup>A</sup>					
	Schedule 40		Schedule 80		Schedule 120	
	Minimum	Tolerance	Minimum	Tolerance	Minimum	Tolerance
¼	0.088 (1.73)	+0.020 (+0.51)	0.095 (2.41)	+0.020 (+0.51)	---	---
⅜	0.088 (2.24)	+0.020 (+0.51)	0.119 (3.02)	+0.020 (+0.51)	---	---
½	0.091 (2.31)	+0.020 (+0.51)	0.128 (3.20)	+0.020 (+0.51)	---	---
⅝	0.109 (2.77)	+0.020 (+0.51)	0.147 (3.73)	+0.020 (+0.51)	0.170 (4.32)	+0.020 (+0.51)
¾	0.113 (2.87)	+0.020 (+0.51)	0.154 (3.91)	+0.020 (+0.51)	0.170 (4.32)	+0.020 (+0.51)
1	0.133 (3.38)	+0.020 (+0.51)	0.179 (4.55)	+0.021 (+0.53)	0.200 (5.08)	+0.024 (+0.61)
1¼	0.140 (3.56)	+0.020 (+0.51)	0.191 (4.85)	+0.023 (+0.58)	0.215 (5.46)	+0.026 (+0.66)
1½	0.145 (3.68)	+0.020 (+0.51)	0.200 (5.08)	+0.024 (+0.61)	0.225 (5.72)	+0.027 (+0.68)
2	0.154 (3.91)	+0.020 (+0.51)	0.218 (5.54)	+0.026 (+0.66)	0.250 (6.35)	+0.030 (+0.76)
2½	0.203 (5.16)	+0.024 (+0.61)	0.278 (7.01)	+0.033 (+0.84)	0.300 (7.62)	+0.036 (+0.91)
3	0.216 (5.49)	+0.026 (+0.66)	0.300 (7.62)	+0.036 (+0.91)	0.350 (8.89)	+0.042 (+1.07)
3½	0.228 (5.74)	+0.027 (+0.68)	0.318 (8.08)	+0.038 (+0.96)	0.350 (8.89)	+0.042 (+1.07)
4	0.237 (6.02)	+0.028 (+0.71)	0.337 (8.56)	+0.040 (+1.02)	0.437 (11.10)	+0.052 (+1.32)
5	0.258 (6.55)	+0.031 (+0.79)	0.375 (9.52)	+0.045 (+1.14)	0.500 (12.70)	+0.060 (+1.52)
6	0.280 (7.11)	+0.034 (+0.86)	0.432 (10.97)	+0.052 (+1.32)	0.582 (14.27)	+0.067 (+1.70)
8	0.322 (8.18)	+0.039 (+0.99)	0.500 (12.70)	+0.060 (+1.52)	0.718 (18.24)	+0.086 (+2.18)
10	0.365 (9.27)	+0.044 (+1.12)	0.593 (15.06)	+0.071 (+1.80)	0.843 (21.41)	+0.101 (+2.56)
12	0.406 (10.31)	+0.049 (+1.24)	0.687 (17.45)	+0.082 (+2.08)	1.000 (25.40)	+0.120 (+3.05)
14	0.437 (11.10)	+0.053 (+1.35)	0.750 (19.05)	+0.090 (+2.29)	---	---
16	0.500 (12.70)	+0.060 (+1.52)	0.843 (21.41)	+0.101 (+2.57)	---	---
18	0.562 (14.27)	+0.067 (+1.70)	0.937 (23.80)	+0.112 (+2.84)	---	---
20	0.593 (15.06)	+0.071 (+1.80)	1.031 (26.19)	+0.124 (+3.15)	---	---
24	0.687 (17.45)	+0.082 (+2.08)	1.218 (30.94)	+0.146 (+3.71)	---	---

<sup>A</sup> The minimum is the lowest wall thickness of the pipe at any cross section. The maximum permitted wall thickness, at any cross section, is the minimum wall thickness plus the stated tolerance. All tolerances are on the plus side of the minimum requirement.

<sup>B</sup> These dimensions conform to nominal IPS dimensions, with the exception that Schedule 120 wall thickness for pipe sizes ¼ to 3½ in. (12.5 to 87.5 mm), inclusive, are special PVC plastic pipe sizes.

6.4 **Flattening**—There shall be no evidence of splitting, cracking, or breaking when the pipe is tested in accordance with 8.6.

6.5 **Extrusion Quality**—The pipe shall not flake or disintegrate when tested in accordance with Test Method D2152.

## ANEXO 19: ANÁLISIS ECONÓMICO SOLUCIÓN 1

### Ingresos por nuevo volumen

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción de Granel	3000.00	3600.00	4320.00	5184.00	6220.80	7464.96	8957.95	10749.54	12899.45	15000.00
Capacidad de fabricación	7500000	9000000	10800000	12960000	15552000	18662400	22394880	26873856	32248627.2	37500000
<b>Ingresos por ventas</b>	<b>449101.7964</b>	<b>538922.1557</b>	<b>646706.5868</b>	<b>776047.9042</b>	<b>931257.485</b>	<b>1117508.982</b>	<b>1341010.778</b>	<b>1609212.934</b>	<b>1931055.521</b>	<b>2245508.982</b>

Ganacia por unidad de venta usd	0.05988024
Volumen de agua en la unidad de venta (m3)	0.0004

### Inversión

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Total
Equipo osmosis inversa	1	63200	63200
Equipo de ultrafiltración	1	37000	37000
Bomba dosificadora	1	3000	3000
tableros de control de equipos	2	5000	10000
Comissioning y star up	1	11000	11000
Tanque PVC 2500 L	1	500	500
Tanque PVC 25000 L	1	4500	4500
Bomba centrifuga vertical multietapa UF	2	3000	6000
Bomba cebtrifuga vertical multietapa OI	2	2300	4600
Bomba cebtrifuga vertical multietapa retrolavado	1	4500	4500
Bomba cebtrifuga vertical multietapa CIP	1	2300	2300
tableros de control de bombas	2	4100	8200
Valvulas 2"	8	100	800
Valvulas check 2"	2	50	100
Tuberias de PVC 2" sch 80 x m y accesorios	120	11	1320
Instalacion y montaje de tuberias y bombas	1	5000	5000
Instalaciones electricas	1	20000	20000
Pozo a tierra	3	600	1800
obras civiles(base de equipos)	1	13000	13000
<b>Total usd</b>			<b>196820</b>

**Demanda de agua purificada**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Demanda diario</b>	10.00	12.00	14.40	17.28	20.74	24.88	29.86	35.83	43.00	50.00
<b>Demanda mensual</b>	250.00	300.00	360.00	432.00	518.40	622.08	746.50	895.80	1074.95	1250.00
<b>Demanda anual</b>	3000.00	3600.00	4320.00	5184.00	6220.80	7464.96	8957.95	10749.54	12899.45	15000.00

**Horas de operación**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Horas al día	1.18	1.41	1.69	2.03	2.44	2.93	3.51	4.22	5.06	5.88
Horas al mes	29.41	35.29	42.35	50.82	60.99	73.19	87.82	105.39	126.47	147.06
Horas al año	352.94	423.53	508.24	609.88	731.86	878.23	1053.88	1264.65	1517.58	1764.71

potencia instalada kw	21
Precio Kwh en usd	0.074
Precio por m3 de agua en usd	1.721556886
precio de Quimico por m3 de agua	0.4

**Costo Anual por consumo de agua**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
consumo de agua diario	14.29	17.14	20.57	24.69	29.62	35.55	42.66	51.19	61.43	71.43
consumo de agua mensual	357.14	428.57	514.29	617.14	740.57	888.69	1066.42	1279.71	1535.65	1785.71
consumo de agua año	4285.71	5142.86	6171.43	7405.71	8886.86	10664.23	12797.07	15356.49	18427.79	21428.57
costo Anual por consumo de agua en usd	<b>7378.100941</b>	<b>8853.721129</b>	<b>10624.46536</b>	<b>12749.35843</b>	<b>15299.23011</b>	<b>18359.07613</b>	<b>22030.89136</b>	<b>26437.06963</b>	<b>31724.48356</b>	<b>36890.5047</b>

**Costo anual por consumo de electricidad**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
consumo de electricidad Anual	<b>548.47</b>	<b>658.16</b>	<b>789.80</b>	<b>947.76</b>	<b>1137.31</b>	<b>1364.77</b>	<b>1637.72</b>	<b>1965.27</b>	<b>2358.32</b>	<b>2742.35</b>

**Costo anual por consumo de Químicos**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
costo Anual por consumo de quimicos en usd	<b>1200.00</b>	<b>1440.00</b>	<b>1728.00</b>	<b>2073.60</b>	<b>2488.32</b>	<b>2985.98</b>	<b>3583.18</b>	<b>4299.82</b>	<b>5159.78</b>	<b>6000.00</b>

**Gastos administrativos por año**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operario	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Supervisor	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Jefe	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200
otros gastos administrativos	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540
<b>Total</b>	<b>41341</b>	<b>41342</b>	<b>41343</b>	<b>41344</b>	<b>41345</b>	<b>41346</b>	<b>41347</b>	<b>41348</b>	<b>41349</b>	<b>41350</b>

**Costo anual por mantenimiento**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
costos por membranas de osmosis al año	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
costo por limpieza química	7920	7920	7920	7920	7920	7920	7920	7920	7920	7920
costos por filtro de ultrafiltrado al año	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
<b>Total mantenimiento</b>	<b>11021</b>	<b>11022</b>	<b>11023</b>	<b>11024</b>	<b>11025</b>	<b>11026</b>	<b>11027</b>	<b>11028</b>	<b>11029</b>	<b>11030</b>

**CUADRO DE RESUMEN DE VAN Y TIR**

<b>Nombre de Proyecto</b>	Planta de purificación de agua por Osmosis inversa
<b>Sociedad</b>	
<b>País</b>	Perú
<b>Inversión (USD)</b>	196,820
<b>Responsable</b>	JLQ
<b>Año Inicio</b>	1
<b>WACC (%)</b>	8.7%
<b>IR (%)</b>	36.6%
<b>Tipo Cambio (Estimado)</b>	3.345 Soles / USD

**VAN, TIR Y PAYBACK DE LA SOLUCIÓN 1**

<b>WACC USD (%)</b>	<b>8.7%</b>
<b>VAN (USD)</b>	<b>3,786,013</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>150.3%</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>0.8</b>
<b>Beneficio Neto Promedio Anual (USD)</b>	<b>1,082,717</b>

FLUJO DE CAJA

Partes	Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	(+) Aumento de Volumen	449,101.80	538,922.16	646,706.59	776,047.90	931,257.49	1,117,508.98	1,341,010.78	1,609,212.93	1,931,055.52	2,245,508.98	
	(-) Gasto por Servicios Agua	-7,378.10	-8,853.72	-10,624.47	-12,749.36	-15,299.23	-18,359.08	-22,030.89	-26,457.07	-31,724.48	-36,890.50	
	(-) Gasto por Servicios electricidad	-548.47	-658.16	-789.80	-947.76	-1,137.31	-1,364.77	-1,637.72	-1,965.27	-2,388.32	-2,742.35	
1. Información Técnica	(-) Insumos Químicos	-1,200.00	-1,440.00	-1,728.00	-2,073.60	-2,468.32	-2,985.98	-3,583.18	-4,299.82	-5,159.78	-6,000.00	
Beneficio y Gasto Adicional)	(-) Gasto por Mantenimiento	-11,021.00	-11,022.00	-11,023.00	-11,024.00	-11,025.00	-11,026.00	-11,027.00	-11,028.00	-11,029.00	-11,030.00	
	(-) Gasto Administrativo	-41,341.00	-41,342.00	-41,343.00	-41,344.00	-41,345.00	-41,346.00	-41,347.00	-41,348.00	-41,349.00	-41,350.00	
<b>Total</b>		<b>387,613</b>	<b>475,606</b>	<b>581,198</b>	<b>707,909</b>	<b>859,953</b>	<b>1,042,427</b>	<b>1,261,385</b>	<b>1,524,135</b>	<b>1,839,435</b>	<b>2,147,495</b>	
	Depreciación (USD)	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882	-19,882
	Utilidad Operativa (USD)	367,931	455,924	561,516	688,227	840,281	1,022,745	1,241,703	1,504,453	1,819,753	2,127,814	
2. Información Económica	Imp. y Part. 36.55% (USD)	-134,479	-166,640	-205,234	-251,547	-307,123	-373,813	-453,842	-549,877	-665,120	-777,716	
	Utilidad Antes Imp. (USD)	233,452	289,284	356,282	436,680	533,158	648,932	787,861	954,575	1,154,633	1,350,098	
	Capital Trabajo (USD)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Flujo de Caja Neto (USD)	-95,227	253,134	308,966	375,964	456,962	552,840	668,614	807,543	974,257	1,174,315	1,369,780
3. Resultado de KPIs Económicos	VAN (USD)	-199,520	36,054	297,542	590,286	917,148	1,281,442	1,686,762	2,137,121	2,636,968	3,191,235	3,786,013
	TIR (%)	28.6%	105.1%	131.9%	142.3%	146.7%	148.6%	149.6%	150.0%	150.2%	150.3%	
	Flujo de Caja Neto (USD)	0.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

## ANEXO 20: ANÁLISIS ECONÓMICO SOLUCIÓN 2

### Ingresos por nuevo volumen

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción de Granel	3000.00	3510.00	4106.70	4804.84	5621.66	6577.34	7695.49	9003.73	10534.36	12000.00
Capacidad de fabricación	7500000	8775000	10266750	12012097.5	14054154.08	16443360.27	19238731.51	22509315.87	26335899.57	30000000
<b>Ingresos por ventas</b>	<b>359281.4371</b>	<b>420359.2814</b>	<b>491820.3593</b>	<b>575429.8204</b>	<b>673252.8898</b>	<b>787705.8811</b>	<b>921615.8809</b>	<b>1078290.581</b>	<b>1261599.979</b>	<b>1437125.749</b>

Ganacia por unidad de venta usd	0.0479
Volumen de agua en la unidad de venta (m3)	0.0004

### Inversión

Inversión	Cantidad	Costo unitario	Total
Equipo nanofiltración	1	40000	40000
Equipo de desionizador	1	20000	20000
Bomba dosificadora neumatica	1	1000	1000
tableros de control de equipos	2	5000	10000
Comissioning y star up	1	11000	11000
Tanque de acero inoxidable 2500 L	1	10000	10000
Tanque de acero inoxidable 25000 L	1	40000	40000
Bomba cebtrifuga desionizador	2	2500	5000
Bomba cebtrifuga nanofiltración	2	1800	3600
Bomba cebtrifuga retrolavado	1	4000	4000
Bomba cebtrifuga CIP	1	2000	2000
tableros de control de bombas	2	4100	8200
Valvulas 2"	8	300	2400
Valvulas check 2"	2	50	100
Tuberias de PVC 2" sch 80 x m y accesorios	80	11	880
Tuberias de acero inoxidable 316 2" OD x m, accesorios e instalación.	40	178	7120
Instalacion y montaje de tuberias y bombas	1	5000	5000
Instalaciones electricas	1	20000	20000
Pozo a tierra	3	600	1800
obras civiles(base de equipos)	1	15000	15000
<b>INVERSIÓN TOTAL usd</b>			<b>207100</b>

**Demanda de agua purificada**

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Demanda diario</b>	10.00	11.70	13.69	16.02	18.74	21.92	25.65	30.01	35.11	40.00
<b>Demanda mensual</b>	250.00	292.50	342.23	400.40	468.47	548.11	641.29	750.31	877.86	1000.00
<b>Demanda anual</b>	3000.00	3510.00	4106.70	4804.84	5621.66	6577.34	7695.49	9003.73	10534.36	12000.00

**Horas de operación**

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Horas al día	1.43	1.67	1.96	2.29	2.68	3.13	3.66	4.29	5.02	5.71
Horas al mes	35.71	41.79	48.89	57.20	66.92	78.30	91.61	107.19	125.41	142.86
Horas al año	428.57	501.43	586.67	686.41	803.09	939.62	1099.36	1286.25	1504.91	1714.29

Potencia instalada kw	25
Precio Kwh en usd	0.074
Precio por m3 de agua en usd	1.721556886
Precio de Químico por m3 de agua	0.9

**Costo Anual por consumo de agua**

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
consumo de agua diario	12.50	14.63	17.11	20.02	23.42	27.41	32.06	37.52	43.89	50.00
consumo de agua mensual	312.50	365.63	427.78	500.50	585.59	685.14	801.61	937.89	1097.33	1250.00
consumo de agua año	3750.00	4387.50	5133.38	6006.05	7027.08	8221.68	9619.37	11254.66	13167.95	15000.00
costo Anual por consumo de agua en usd	<b>6455.84</b>	<b>7553.33</b>	<b>8837.40</b>	<b>10339.75</b>	<b>12097.51</b>	<b>14154.09</b>	<b>16560.29</b>	<b>19375.53</b>	<b>22669.37</b>	<b>25823.35</b>

**Costo anual por consumo de electricidad**

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
consumo de electricidad Anual	<b>792.86</b>	<b>927.64</b>	<b>1085.34</b>	<b>1269.85</b>	<b>1485.72</b>	<b>1738.30</b>	<b>2033.81</b>	<b>2379.56</b>	<b>2784.08</b>	<b>3171.43</b>

**Costo anual por consumo de Químicos**

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
costo Anual por consumo de quimicos en usd	<b>2700.00</b>	<b>3159.00</b>	<b>3696.03</b>	<b>4324.36</b>	<b>5059.50</b>	<b>5919.61</b>	<b>6925.94</b>	<b>8103.35</b>	<b>9480.92</b>	<b>10800.00</b>

**Gastos administrativos por año**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operario	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Supervisor	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800	10800
Jefe	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200	19200
otros gastos administrativos	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540	9540
<b>Total</b>	<b>41341</b>	<b>41342</b>	<b>41343</b>	<b>41344</b>	<b>41345</b>	<b>41346</b>	<b>41347</b>	<b>41348</b>	<b>41349</b>	<b>41350</b>

**Costo anual por mantenimiento**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
costos por cambio de nanofiltros al año	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
costo por limpieza química	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
costos por cambio de resinas al año	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400
costo por regeneracion de resinas al año	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
<b>Total mantenimiento</b>	<b>11300</b>									

### CUADRO DE RESUMEN DE VAN Y TIR

<b>Nombre de Proyecto</b>	Planta de purificación de agua por Nanofiltración
<b>Sociedad</b>	
<b>País</b>	Perú
<b>Inversión (USD)</b>	207,100
<b>Responsable</b>	JLQ
<b>Año Inicio</b>	1
<b>WACC (%)</b>	8.7%
<b>IR (%)</b>	36.6%
<b>Tipo Cambio (Estimado)</b>	3.345 Soles / USD

### VAN, TIR Y PAYBACK DE LA SOLUCIÓN 2

<b>WACC USD (%)</b>	<b>8.7%</b>
<b>VAN (USD)</b>	<b>2,517,822</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>113.2%</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>1.1</b>
<b>Beneficio Neto Promedio Anual (USD)</b>	<b>725,832</b>



**ANEXO 21: PLANOS**