



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO DE UNA MAQUINA PORTATIL DESALINIZADORA DE AGUA DE
MAR PARA USO DOMÉSTICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Mecánico

AUTORES: BYRON JAVIER MOGROVEJO CHALAN
FABIÁN JORDANO VIVAR ROMERO
TUTOR: ING. FRAN ZHONAVI REINOSO AVECILLAS, MSC.

Cuenca - Ecuador
2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Byron Javier Mogrovejo Chalan con documento de identificación N° 0105748867 y Fabián Jordano Vivar Romero con documento de identificación N° 0302295464; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 13 de abril del 2022

Atentamente,



Byron Javier Mogrovejo Chalan

0105748867



Fabián Jordano Vivar Romero

0302295464

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Byron Javier Mogrovejo Chalan con documento de identificación N° 0105748867 y Fabián Jordano Vivar Romero con documento de identificación N° 0302308895, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico con Enfoque Social: “Diseño de una máquina portátil desalinizadora de agua de mar para uso doméstico”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de abril del 2022

Atentamente,



Byron Javier Mogrovejo Chalan

0105748867



Fabián Jordano Vivar Romero

0302295464

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fran Zhovani Reinoso AVECILLAS con documento de identificación N° 0102257425, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA PORTÁTIL DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR PARA USO DOMÉSTICO, realizado por: Byron Javier Mogrovejo Chalan con documento de identificación N° 0105748867 y por Fabián Jordano Vivar Romero con documento de identificación N° 0302295464, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico con Enfoque Social que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 13 de abril del 2022

Atentamente,



Ing. Fran Zhovani Reinoso AVECILLAS, MsC.

0102257425

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a toda mi familia, especialmente a mis abuelas, a mis padres, hermanos y a mis tíos Geovanny y Carlos que han sido mis segundos padres, por su apoyo incondicional a través de toda mi vida.

- Byron Mogrovejo

Este trabajo va dedicado a mis hijas las cuales han sido mi motivación para superarme día a día y lograr culminar con éxito este proyecto.

-Jordano Vivar

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres por su gran esfuerzo en el transcurso de estos años para poder culminar mi carrera, siendo mis grandes pilares ya que gracias a su apoyo nunca me dejaron rendir y me fueron enseñando a ser mejor persona cada día.

Agradezco a cada uno de los profesores que formaron parte de esta formación académica, por su paciencia y respaldo en cada una de sus materias.

Agradezco al Ing. Fran Reinoso por su colaboración en la realización de este proyecto.

- Byron Mogrovejo

Les agradezco a todos mis familiares en especial a mis padres por haberme dado la oportunidad de superarme y por motivarme día a día con su ejemplo.

Quiero agradecer a la universidad por dejarme formar parte de la gran familia salesiana.

Quiero agradecer al Ing. Fran Reinoso por su apoyo incondicional para la terminación de este proyecto de titulación.

- Jordano Vivar

Resumen

En el presente proyecto se realiza el diseño de una máquina portátil desalinizadora de agua de mar para uso doméstico en las poblaciones del perfil costanero del Ecuador; para el efecto se analiza las necesidades del consumo de agua en la región litoral ecuatoriano, a continuación se diseña el sistema desalinizador de agua de mar y finalmente se determina los costos fabricación del sistema. Los resultados muestran que la tecnología de Ósmosis Inversa presenta una mayor efectividad en el proceso de desalinización el agua de mar con una capacidad de procesamiento de 10 GPM.

Palabras claves temáticas:

Desalinizadora, Agua de mar, Ósmosis inversa

Abstract

In the present project, the design of a portable seawater desalination machine for domestic use in the populations of the coastal profile of Ecuador is carried out; For this purpose, the needs of water consumption in the Ecuadorian coastal region are analyzed, then the seawater desalination system is designed and finally the manufacturing costs of the system are determined. The results show that the Reverse Osmosis technology is more effective in the seawater desalination process with a processing capacity of 10 GPM

Thematic keywords:

Watermaker, Seawater, Reverse Osmosis

Índice General

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	VI
Abstract	VII
Índice de Anexos	XI
Índice de Tablas	XII
Índice de Figuras	XIII
Acrónimos	XIV
Simbología	XV
1. Introducción	16
1.2. La problemática del proceso de desalinización de agua de mar en el Ecuador	16
<i>1.2.1 Antecedentes</i>	16
<i>1.2.2. Definición del problema</i>	18
<i>1.2.3. Delimitación de la investigación</i>	18
<i>1.2.4. Justificación e importancia</i>	18

1.3. Objetivos de la investigación	19
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	19
<i>1.3.2. Objetivos Específicos</i>	19
2. Situación de consumo de agua en la región costanera del Ecuador	20
En este apartado se analiza el consumo de agua potable en la región costanera del Ecuador, viendo el problema del suministro del líquido vital en diferentes zonas de la región costanera del país, características que esta debe tener y la norma que se aplica en el país.	20
2.1. Consumo promedio de agua por persona en el Ecuador	20
2.2. Consumo promedio de agua por persona en la zona costanera del Ecuador	21
2.3. Sistemas de abastecimiento de agua potable en la región costanera del Ecuador	22
2.4. Saneamiento	22
2.5. Normativa Ecuatoriana	24
2.6. Agua apta para el consumo humano	25
2.6.1. Principales características del agua potable	25
3. Procesos y tecnologías para la desalinización de agua de mar	26
3.1. Principios de desalinización	27
3.2. Evaporación Instantánea Multietapa (MSF)	28
3.3. Destilación Multiefecto (MED)	30
3.4. Compresión de Vapor (VC)	31
3.5. Desalinización Solar	33

	X
3.6. Electrodiálisis (ED)	35
3.7. Ósmosis Inversa (OI)	36
3.7.1. Características de la Ósmosis Inversa	38
3.7.2. Técnicas de limpieza de la membrana	39
3.8. Descripción de criterios para selección de una tecnología de desalinización	39
3.9. Análisis FODA de las tecnologías de desalinización	40
4. Diseño de la máquina portátil de desalinización de agua de mar	43
4.1 Selección de la tecnología para el proceso desalinización de agua de mar	43
4.2. Esquema general del sistema portátil de desalinización	44
4.2.1. <i>Datos de partida para el diseño</i>	46
4.3 Cálculo de la curva resistente del sistema de tuberías	46
4.3.1. <i>Selección de la bomba</i>	51
4.3.2. <i>Familia de bombas</i>	51
4.3.3. <i>Determinación del punto de operación del sistema de bombeo</i>	52
4.3.4. <i>Selección de la membrana de ósmosis inversa para desalinización</i>	53
5. Costos unitarios del sistema de desalinización de agua de mar	54
6. Conclusiones	56
7. Recomendaciones	58
8. Bibliografía	59

Índice de Anexos

Anexo 1. <i>Planos constructivos del sistema de desalinización de la máquina</i>	63
Anexo 2. <i>Sección de filtros y membrana</i>	64
Anexo 3. <i>Planos constructivos del remolque</i>	65
Anexo 4. <i>Nivel estático de pozos de agua datos de profundidad con respecto a la superficie del terreno</i>	66
Anexo 5. <i>Características de la bomba Top Multi 1</i>	67
Anexo 6. <i>Tabla de dimensiones y pesos de la bomba Top Multi 1</i>	68
Anexo 7. <i>Proforma de los elementos de la máquina por la Ferretería San Roque</i>	69
Anexo 8. <i>Proforma facilitada por la Empresa INTISA la cual manifiesta el costo de la construcción de acceso al pozo, Costo de la Bomba Sumergible Top Multi 1 y de la Membrana de Osmosis Inversa.</i>	70
Anexo 9. <i>Coefficientes de pérdidas</i>	71
Anexo 10. <i>Cuadro para la obtención de la eficiencia de la bomba sumergible</i>	71

Índice de Tablas

Tabla 1. Porcentaje de población con agua segura y sus componentes (2016)	21
Tabla 2. <i>Porcentaje de población con manejo básico de saneamiento (2016)</i>	23
Tabla 3. Suministro de agua en el Ecuador por cantones con coberturas inferiores al 25% de población	23
Tabla 4. Clasificación de las técnicas de desalinización de agua de mar	27
Tabla 5. Matriz FODA - Tecnologías de desalinización	41
Tabla 6. Matriz de ponderación para la selección de la tecnología de desalinización	43
Tabla 7. Coeficiente de pérdida de accesorios (K)	46
Tabla 8. Tipos de membranas y sus características	53
Tabla 9. Costos de los accesorios	54
Tabla 10. Mano de obra y diseño de la máquina	54
Tabla 11. Costo de construcción del remolque	55
Tabla 12. Costo de la torre para la ubicación del tanque	55
Tabla 13. <i>Costo de elaboración de acceso al pozo</i>	55

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Esquema de proceso de Evaporación Instantánea Multietapa (MSF)</i>	28
Figura 2. <i>Esquema del proceso Destilación Multiefecto (MED)</i>	30
Figura 3. <i>Esquema del proceso de Compresión de Vapor (VC)</i>	32
Figura 4. <i>Esquema del proceso de Desalinización Solar</i>	34
Figura 5. <i>Esquema del proceso de Electrodialisis</i>	35
Figura 6. <i>Tamaño del poro de las membranas</i>	37
Figura 7. <i>Esquema del proceso Osmosis Inversa</i>	38
Figura 8. <i>Esquema del diseño de la máquina</i>	45
Figura 9. <i>Bombas Top Multi</i>	51
Figura 10. <i>Punto de operación</i>	52

Acrónimos

INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
ENEMDU	Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo del Ecuador
OMS	Organización Mundial de la Salud
SENAGUA	Secretaría Nacional de Agua Potable y Saneamiento
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
MSF	Evaporación Instantánea Multietapa
MED	Destilación Multiefecto
VC	Compresión de Vapor
ED	Electrodialisis
OI	Ósmosis Inversa
K	Coefficiente de pérdidas de los accesorios
pH	Potencial hidrógeno del agua
	AP- Grifos Públicos
la	DE-Letrinas sin arrastre de agua
	AP- Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
lb	DE- Letrinas con o sin arrastre de agua.
	AP- Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
lla	Letrinas
	DE- Letrinas con o sin arrastre de agua
	AP- Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
llb	Sistema
	DRL- Sistema al alcantarillo sanitario.

Simbología

Q	Caudal
V	Velocidad de flujo
V	Volumen
T	Temperatura
Di	Diámetro tubería
P	Potencia
n	Eficiencia
v	Viscosidad cinemática
g	Gravedad
L	Longitud
e	Rugosidad de la tubería
A	Área
Re	Reynolds
Ht	Altura dinámica total
Qp	Caudal de recuperación
t	Tiempo
P	Potencia
USD	Dólares Americanos

1. Introducción

En el presente proyecto técnico con enfoque social se desarrolla el diseño de una máquina desalinizadora de agua de mar para uso doméstico en la región costanera del Ecuador. El estudio analiza el abastecimiento del agua potable el cual es muy escaso y limitado, el grado de purificación del agua ya que esto ha provocado enfermedades gastrointestinales en la región costanera del Ecuador por el cual se estudia las diferentes tecnologías existentes para el proceso de desalinización de agua de mar, el cual es poco utilizado en el país y es una opción factible para resolver la falta de agua potable; abastecimiento que por derecho merecen tener todas las personas para el subsistir diario por ello se analiza los pros y los contras de los diferentes sistemas y se elige el más viable a la economía y obtención de las partes de la máquina.

El documento está organizado en cuatro capítulos (apartados). En el primer apartado se establece la situación actual del suministro de agua en la región costanera del Ecuador. En el segundo apartado se estudia las tecnologías. En el tercer apartado se realiza el diseño de la máquina portátil desalinizadora de agua de mar. En el cuarto apartado desglosamos los costos de la máquina.

1.2. La problemática del proceso de desalinización de agua de mar en el Ecuador

En este apartado se revisan los antecedentes de la falta de suministro de agua no solo a nivel del país sino alrededor de todo el mundo, demostrando realmente la magnitud de este problema, delimitaremos su estudio, se habla de la importancia que tiene poder contar con el líquido vital y con ello se establecerá los objetivos de estudio para la realización de este proyecto.

1.2.1 Antecedentes

Para demostrar los beneficios de implementar este proyecto, se encontró que 2.200 millones de personas no tienen acceso a servicios de agua potable; casi 2.000 millones de

personas dependen de establecimientos de salud que carecen de servicios básicos de agua. Más de la mitad de los 4200 millones de personas carecen de servicios de salud seguros. El problema afecta principalmente a los niños, ya que 297.000 niños menores de 5 años mueren cada año a causa de enfermedades diarreicas causadas por un saneamiento deficiente o falta de acceso al agua. Las estadísticas también nos dicen que más de 2 mil millones de personas viven en países con estrés hídrico; el 80% de las aguas residuales se devuelven a los ecosistemas sin tratamiento ni reutilización (Naciones Unidas Nueva York, 2019).

Para solucionar este problema, muchos países del mundo han decidido construir plantas desalinizadoras y depuradoras de agua de mar, las mismas serán las encargadas de distribuir el agua ya tratada a las personas. Esto no es suficiente, porque este servicio vital no está disponible en determinadas zonas de muchos países, por lo que se han establecido varias empresas privadas dedicadas a la fabricación de equipos de desalación para seguir ayudando a más personas, el problema de estas máquinas es que su precio es muy alto, porque según el tipo de máquina, el lugar de producción, etc., el precio oscila entre los 3800 dólares estadounidenses y los 5000 dólares estadounidenses. Estos son de muy alto valor para personas o sectores extremadamente pobres (Naciones Unidas Nueva York, 2019).

Poblaciones aborígenes que se establecieron en el territorio de la República del Ecuador, lo hicieron junto a importantes fuentes de agua: deshielos del volcán Pichincha en Quito, el río Daule en Guayaquil, y los 4 ríos (Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara) de Cuenca. Con el pasar de los años el suministro de agua no ha mejorado y la población rural es la que más carece del líquido vital, especialmente aquellos en la línea de pobreza sin siquiera agua entubada, razón por la cual este núcleo importante de la población dependía del monopolio privado del agua, camiones cisterna y su suministro de agua a un costo elevado sin ningún

control, por ejemplo en el siglo XVIII, Guayaquil tenía una población de no más de 6.500 personas, las cuales se abastecían a través de pozos de agua ubicados al pie del Cerro Santa Ana, y se decidió usar el agua del río Daule cuando aumentó la población, suministro similares han abastecido a las diferentes poblaciones a lo largo de la región (Martínez Moscoso, 2019).

1.2.2. Definición del problema

La salud de la población del litoral ecuatoriano se ve afectada por la falta del suministro de agua potable para consumo humano en las viviendas y negocios que se ubican en las cercanías del mar, ciertas de estas se encuentran alejadas de los caseríos y por ello en ciertos casos no cuentan con el servicio de agua potable que por derecho nos corresponde a todas las personas, por tal razón se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible la construcción de una máquina portátil desalinizadora de agua de mar de uso doméstico?

1.2.3. Delimitación de la investigación

Para el desarrollo del proyecto se realiza el análisis de las poblaciones costeras del Ecuador las cuales no cuentan con el servicio de agua potable y las zonas en las que el servicio no es de manera constante por ello se estudia las diferentes tecnologías para la desalinización del agua de mar.

1.2.4. Justificación e importancia

Con el fin de hacerle frente a la escasez de agua potable que existe en la actualidad y en los próximos años, estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, pretenden buscar sistemas alternativos para el tratamiento de aguas que provienen de mantos acuíferos contaminados por alta salinidad, tal es el caso de los acuíferos contaminados por agua subterránea salobre y/o por intrusión marina, los cuales están ubicados principalmente en zonas costeras.

Los sistemas de desalinización que existen a nivel internacional son varios, sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados con el fin de desarrollar sistemas que eventualmente pudieran abordar esta problemática en particular y realizar prototipos que validen principios de funcionamiento y viabilidad de la tecnología.

El fin de obtener agua desalinizada se basa en las necesidades de las personas que viven junto al mar y de las pequeñas embarcaciones que viajan por semanas para dedicarse a la pesca y poder traer su producto para la comercialización alrededor del país.

Si se realiza la transferencia y desagregación tecnológica para diseñar un sistema de desalinización de agua de mar que sea portable y de fácil instalación, se estaría poniendo en práctica distintos conocimientos adquiridos durante el desarrollo de los estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica y sobre todo con una posterior implementación se estaría realizando un aporte sustancial a la sociedad en general.

Se desarrolla este proyecto para la obtención del título de tercer nivel como Ingeniero Mecánico.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

-Diseñar una máquina portátil desalinizadora de agua de mar para uso doméstico para la zona costanera del Ecuador.

1.3.2. Objetivos Específicos

-Determinar las necesidades de consumo de agua potable para un hogar promedio de la región costanera del Ecuador.

- Estudiar sistemas de desalinización de agua de mar existentes en el mercado.

- Realizar el diseño hidráulico del sistema portátil desalinizadora de agua de mar.
- Determinar los costos para la construcción de una máquina portátil para la desalinización de agua de mar.

2. Situación de consumo de agua en la región costanera del Ecuador

En este apartado se analiza el consumo de agua potable en la región costanera del Ecuador, viendo el problema del suministro del líquido vital en diferentes zonas de la región costanera del país, características que esta debe tener y la norma que se aplica en el país.

2.1. Consumo promedio de agua por persona en el Ecuador

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona requiere de 100 litros de agua al día para satisfacer sus necesidades, tanto de consumo como de higiene (Naciones Unidas Nueva York, 2019); mientras que la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 establece que la dotación de agua para una vivienda debe ser entre 200 a 350 l/hab/día (MIDUVI, 2011), reflejando un rango muy amplio a comparación a lo establecido por la OMS.

El consumo máximo de agua del pueblo ecuatoriano para una población que tiene 10.000 habitantes es en promedio de 240 l/hab-día. La norma prevé que para una población entre 5.000 y 50.000 habitantes el consumo es de 220 l/hab-día, resultando una diferencia faltante de 20 l/hab-día, y esto resulta en un sistema de agua potable subdimensionado (Arellano et al., 2018).

En el Ecuador, en lo referente al consumo de agua, saneamiento e higiene, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), de manera conjunta con el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Banco Mundial, trabajaron en el levantamiento de información de calidad del agua y prácticas de higiene en una encuesta a hogares del país: la Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), para contar con información en los

ámbitos nacional, urbano y rural. Con dicha encuesta, se presentan los indicadores que servirán de línea base para los objetivos de desarrollo sostenible en agua, saneamiento e higiene (Molina et al., 2018).

Comparando datos por regiones del Ecuador como se muestra en la tabla 1, es importante destacar que la región de la Sierra presenta una cobertura de agua segura mayor al promedio nacional (75,7% de la población tiene agua segura), la región de la Costa presenta una cobertura de 68,1% de su población, y finalmente la región de la Amazonía donde solo el 42,5% de la población cuenta con agua segura (Molina et al., 2018).

Tabla 1

Porcentaje de población con agua segura y sus componentes (2016)

Tipo / Nivel	Nacional	Urbano	Rural	Sierra	Costa	Amazonía
Agua segura (a)	70,1	79,1	51,4	75,7	68,1	42,5
Calidad	79,3	84,6	68,2	81,9	79,6	54,8
Cercanía	96,9	99,7	90,8	97,6	97,5	85,2
Suficiencia (a)	94,7	97,0	89,8	93,6	96,9	91,9
Continuidad (b)	82,0	82,2	81,3	89,4	74,2	86,6
Suficiencia y Continuidad (c)	81,6	81,3	82,3	87,8	75,7	85,0
Fuente mejorada	92,9	95,7	84,7	97,6	88,7	80,2

Adaptado de (Molina et al., 2018).

2.2. Consumo promedio de agua por persona en la zona costanera del Ecuador

De acuerdo a los datos proporcionados por la Secretaría Nacional de Agua Potable y Saneamiento (SENAGUA), el consumo promedio de agua por persona al día en las provincias costeras del Ecuador es de 205 litros. La SENAGUA (2016) explica las razones de esta particularidad cuando destaca que la continuidad del servicio de agua tiene diferencias regionales; así, “en la Sierra se tiene mayor continuidad por las facilidades y menor costo que tiene el funcionamiento al ser en su mayoría sistemas por gravedad, mientras que en la Costa

que tienen en su mayoría sistemas por bombeo, la continuidad del servicio disminuye” (Molina et al., 2018).

2.3. Sistemas de abastecimiento de agua potable en la región costanera del Ecuador

Es importante dar prioridad a aquellas fuentes cuyas aguas requieran un mínimo tratamiento para alcanzar la calidad de agua potable, aun cuando esto signifique tener conducciones de mayor longitud. En este sentido, para los niveles de servicio de grifo público (Ia-AP) y grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño (Ib-AP), se recomiendan las siguientes fuentes y sistemas de captación (NTE 2346, 2006):

- Pozo raso, con bomba manual o molino de viento.
- Pozo mediano, con bomba de mano, molino de viento o bombeo mecánico.
- Vertientes.
- Para la alternativa llave para grifo público (Ia -AP), alimentación a tanques de reserva, mediante tanqueros.
- A falta de las fuentes mencionadas anteriormente, se captará el agua de fuentes superficiales, contemplando el tratamiento requerido.

Para los niveles de servicio domiciliario de un grifo (IIa-AP) y servicio domiciliario con más de un grifo (IIb-AP), se sugiere considerar (NTE 2346, 2006):

- Pozo mediano o profundo con bombeo mecánico
- Vertientes
- Fuentes superficiales

2.4. Saneamiento

El uso doméstico del agua, es decir lo que corresponde al abastecimiento de agua potable y saneamiento, viene siendo el segundo uso de más importancia en el Ecuador. Siendo

uno de los principales usos para la satisfacción de las necesidades básicas, el abastecimiento de agua potable y el servicio de saneamiento (tabla 2) en el país no llega a ser del 100% (FLACSO et al., 2008).

Tabla 2

Porcentaje de población con manejo básico de saneamiento (2016)

	Nacional	Urbano	Rural	Sierra	Costa	Amazonía
Manejo Básico	85.5	88.5	80.4	87	86.9	68.6
Uso en exclusividad	86.8	88.9	82.4	87.3	88.3	69.4
Instalación mejorada	95.9	98.6	90.1	97.3	96.1	82.7

Adaptado de (Molina et al., 2018).

El acceso al agua potable es un derecho que todos tenemos y es un factor fundamental para poder sobrevivir y crecer saludablemente (tabla 3 se presenta el suministro de agua en el Ecuador por cantones). Por otra parte, el saneamiento del agua es el encargado de la recogida, transporte y los tratamientos para que no haya un efecto negativo en el medioambiente. El acceso al agua potable y al saneamiento adecuado son los recursos más significativos de la salud pública y así poder prevenir diversas enfermedades que sean infecciosas y poder proteger la salud de todas las personas (FLACSO et al., 2008).

Tabla 3

Suministro de agua en el Ecuador por cantones con coberturas inferiores al 25% de población

Cantón	% Población con agua básica en 2010	Tamaño del cantón según población	Variación cobertura agua 2001 y 2010 en pp	Variación porcentual población entre 2001 y 2010	Población 2010	Región	% Pobreza por consumo 2014
Bolívar	21,9	24.000 – 100.000	9,0	12,1	39.822	Costa/ Manabí	47,5
Loreto	22,3	Menos de 24.000	10,1	57,2	21.061	Amazonía	70,2
Huamboya	22,3	Menos de 24.000	-3,6	42,9	8.396	Amazonía	85,1

Aguarico	22,4	Menos de 24.000	4,6	18,2	4.478	Amazonía	64,7
Pedro Carbo	22,7	24.000 – 100.000	5,4	18,3	43.403	Costa/ Guayas	38,1
Valencia	22,8	24.000 – 100.000	1,8	31,7	42.447	Costa/ Los Ríos	44,5
Cuyabeno	22,9	Menos de 24.000	5,4	26,0	6.518	Amazonía	50,4
Putumayo	22,9	Menos de 24.000	22,8	63,0	9.635	Amazonía	57,0
Pangua	23,5	Menos de 24.000	-1,9	10,4	21.895	Sierra	59,8
Montecristi	24,4	24.000 – 100.000	-2,4	62,1	70.262	Costa/ Manabí	32,8
Quinsaloma	25,2	Menos de 24.000	8,0	25,3	16.468	Costa/ Los Ríos	44,5
Tiwintza	25,6	Menos de 24.000	-6,4		6.299	Amazonía	82,2
Taisha	7,2	Menos de 24.000	0,1	40,8	18.096	Amazonía	90,9
Olmedo	9,3	Menos de 24.000	-3,0	6,6	9.843	Costa/ Manabí	60,7
Muisne	10,3	24.000 – 100.000	-7,5	13,7	28.473	Costa/ Esmeraldas	63,8
Manga del Cura	14,5	Menos de 24.000	-0,4	17,3	20.745	No delimitada	
Flavio Alfaro	14,7	24.000 – 100.000	3,4	-1,5	25.000	Costa/ Manabí	50,7
Las Golondrinas	14,7	Menos de 24.000	-8,6	30,7	5.300	No delimitada	
Puerto Quito	15,7	Menos de 24.000	1,1	19,9	20.441	Sierra	36,6
Rioverde	16,0	24.000 – 100.000	11,4	21,2	26.865	Costa/ Esmeraldas	65,4
Paján	17,4	24.000 – 100.000	0,1	2,7	36.898	Costa/ Manabí	58,2
24 de Mayo	17,8	24.000 – 100.000	2,6	1,9	28.811	Costa/ Manabí	57,3
Pichincha	18,4	24.000 – 100.000	5,9	1,3	30.217	Costa/ Manabí	63,3
Pedernales	19,9	24.000 – 100.000	8,4	17,4	54.985	Costa/ Manabí	53,8
Baba	21,1	24.000 – 100.000	4,7	12,8	39.656	Costa/ Los Ríos	44,9
Isidro Ayora	21,7	Menos de 24.000	-10,4	32,3	10.868	Costa/ Guayas	42,2

Adaptado de (Molina et al., 2018).

El saneamiento del agua, tiene por objetivo alcanzar los niveles crecientes de todo lo que es la salud ambiental. El manejo sanitario del agua potable, las aguas residuales, los residuos orgánicos y alimenticios, el comportamiento higiénico todo esto reduce los riesgos para la salud y previene de una u otra forma la contaminación. Todo esto tiene como finalidad mejorar las condiciones de vida tanto rurales como urbanas (EcuRed, n.d.).

2.5. Normativa Ecuatoriana

En el Ecuador existen normas técnicas que posibilitan la regulación de la calidad del suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales. Entre las normas más importantes para

el uso de conservación y distribución de agua potable se dispone de la “*Norma de calidad ambiental de efluentes: recurso agua*”, que determina los criterios de las aguas para sus distintos usos, los métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua y los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado (CPE INEN 5, 2018).

Otra norma que establece los estándares de calidad de agua, es la “*Norma Técnica Ecuatoriana 1108: Agua potable. Requisitos*”. Esta determina los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano y se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros (CPE INEN 5, 2018).

2.6. Agua apta para el consumo humano

El potencial hidrógeno del agua (pH) es un importante parámetro de la calidad del agua. Las aguas demasiado ácidas disuelven los metales empleados en las tuberías tales como plomo, cobre y zinc; estos al ser ingeridos, afectan nuestra salud. El pH para el agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como un valor guía. Las aguas con los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración (Marín Galvín, 2003).

2.6.1. Principales características del agua potable

Las principales características del agua para verificar su calidad y poder medirla son concretas debido a los daños que podría ocasionar en nuestra salud y estas son (Marín Galvín, 2003):

- Limpia y segura para su consumo y producción de otros alimentos: no puede presentar ningún riesgo y evitar así que las personas contraigan enfermedades gastrointestinales.

-Incolora: El agua potable debe ser transparente, en ocasiones, por el cloro, parecería blanquecina.

-Inodora: En su composición no se puede agregar nada que pueda generar olor en ella.

- Insípida: No debe tener sabor. Si lo tiene, existe algún elemento extraño en su composición que lo genera.

-Carecer de elementos en suspensión: El agua potable no presenta turbiedad, salvo la que provoca la presión de las tuberías. Si así fuera, debería desaparecer en un corto lapso de tiempo.

-Libre de contaminantes orgánicos, inorgánicos o radiactivos.

-Mantener una proporción determinada de gases y sales inorgánicas disueltas.

-No debe contener microorganismos patógenos que puedan poner en riesgo la salud. Por ello se debe realizar análisis sobre la concentración de bacterias coliformes y otras de origen fecal

3. Procesos y tecnologías para la desalinización de agua de mar

En este apartado se analiza las tecnologías más conocidas que desarrollan el proceso de desalinización de agua mar de las cuales se optará por la más favorable para la realización del proyecto revisando sus diferentes procedimientos.

3.1. Principios de desalinización

Hoy en día se han desarrollado varias tecnologías para la desalinización del agua de mar como se muestra en la tabla 4, a pesar de sus diferentes características por el tipo de método que utilizan, todos tienen el mismo objetivo el cual es reducir la concentración de sal en el agua de mar.

Tabla 4

Clasificación de las técnicas de desalinización de agua de mar

Tipo de separación	Proceso	Tecnología
Procesos que separan el Agua	Evaporación	Destilación multiefecto (MED)
		Destilación multietapa(MSF)
		Proceso de compresión mecánica(CMV)
		Proceso de compresión térmica(CTV)
		Destilación Solar
	Congelación	Congelación
	Procesos Químicos	Extracción con disolventes Formación de Hidratos
	Filtración	Ósmosis Inversa
Proceso que separan las sales	Filtración selectiva	Electrodialisis
	Intercambio Iónico	Intercambio Iónico
	Depuración Química	Precipitación

Adaptado de (Domínguez Carrasco, 2018).

El proceso de desalinización del agua de mar consiste en separar el agua de alta salinidad en dos partes diferentes; por un lado agua con baja concentración de sales disueltas, llamado permeado, y por otro lado agua con resto de las sales disueltas, llamado rechazo (Domínguez Carrasco, 2018).

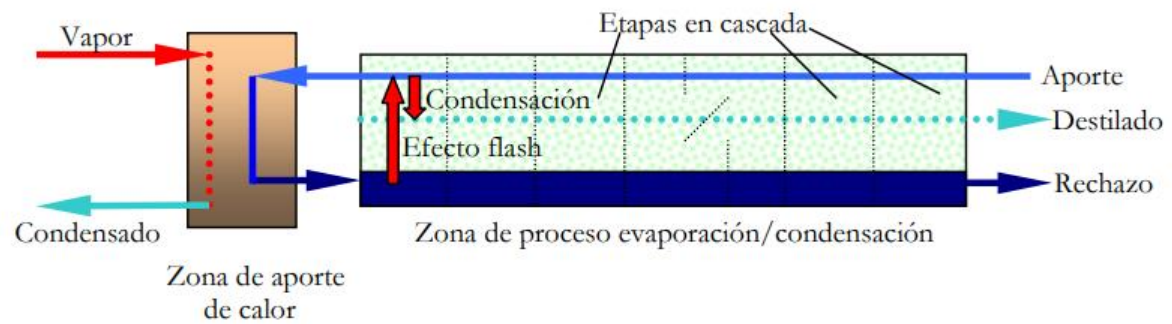
3.2. Evaporación Instantánea Multietapa (MSF)

Este proceso termodinámico de Evaporación Instantánea Multietapa (MSF) consiste en realizar la desalación calentando el agua de mar en un depósito de baja presión en el que se produce la evaporación del agua precipitadamente. El proceso se basa en la reducción de presión del agua de mar por debajo de la presión de saturación a la temperatura con la que se realiza la evaporación para obtener el agua dulce (Peña Torreblanca, 2017).

Este proceso tiene una desventaja y es su consumo específico (definido como la energía consumida para producir 1m^3 de agua dulce) es uno de los más elevados entre los procesos estudiados. A este consumo se le suma el consumo térmico de la planta productora de electricidad, que es superior a otros procesos de destilación por el efecto flash de su producción; y el consumo de energía por la gran cantidad de bombas necesarias para que circule el caudal de la planta. Aparte de su alto costo operativo, su costo de instalación no es menor que otros procesos de desalación (Valero et al., 2001).

Figura 1

Esquema de proceso de Evaporación Instantánea Multietapa (MSF)



Tomado de (Valero et al., 2001).

Las ventajas del proceso de desalación MSF son (Cánovas Cuenca, 2011):

- Las plantas MSF se construyen para manipular grandes capacidades de agua.
- Produce agua de muy alta calidad.
- El estricto procedimiento de operación y mantenimiento de otros procesos no son tan rigurosos para MSF.
- Tiene una fiabilidad comercial.
- Se puede combinar con otros procesos, por ejemplo, utilizando la energía térmica de una planta de generación.

Las desventajas de la utilización de destilación instantánea multi-etapa para la desalinización son (Cánovas Cuenca, 2011):

- Alto costo de construcción y operarlos requieren un alto nivel de técnica y conocimiento.
- Necesidad de energía constante debido a que se necesita hervir el agua de alimentación.

-La recuperación es baja, por lo tanto, se requiere de más agua de alimentación para producir la misma cantidad de agua constantemente”

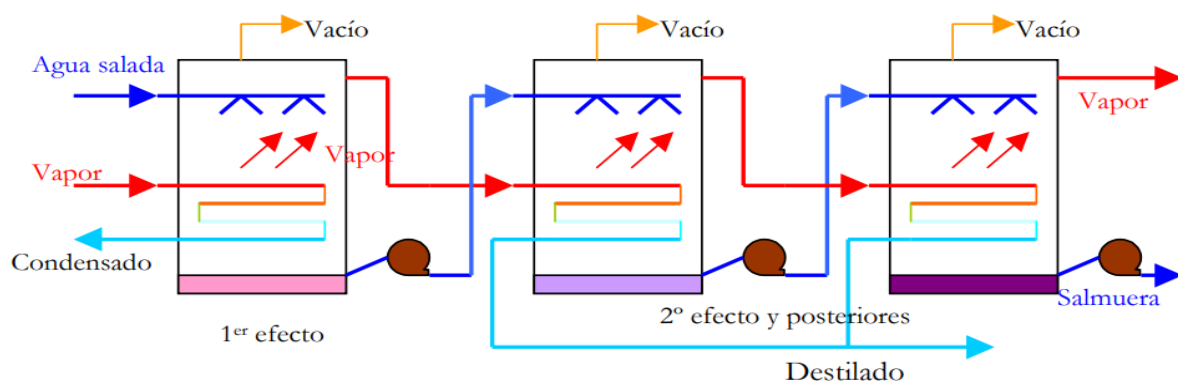
-La planta no opera por debajo del 70-80% de la capacidad de diseño.

3.3. Destilación Multiefecto (MED)

Este proceso de Destilación Multiefecto (MED) es muy similar al proceso MFS, consta de un conjunto de depósitos, aunque el proceso es completamente diferente. En este caso, el agua de mar ingresa hasta formar una fina película en el tubo que conduce el vapor de agua de la caldera, realizando así la evaporación del fluido. Este vapor se utiliza en la siguiente etapa de la película de agua salada. Este es un proceso de desalinización de mejor rendimiento a comparación del proceso MSF. Este tipo de sistema requiere menos consumo y costo energético y de mantenimiento, además de bajos costos de instalación y bombeo; por otra parte la capacidad de producción es más reducida que el proceso MFS (Imitola et al., 2019).

Figura 2

Esquema del proceso Destilación Multiefecto (MED)



Tomado de (Valero et al., 2001).

Las ventajas del proceso de desalación MED son (Cánovas Cuenca, 2011):

- La exigencia del pre-tratamiento del agua de alimentación es mínima.
- El agua es de alta calidad.
- Estas plantas MED son muy confiables, incluso sin un riguroso mantenimiento.
- La planta se puede combinar con otros procesos tal como, el uso de la energía térmica a partir de una planta de energía.
- La planta puede soportar niveles normales de materia biológica o suspendida.
- Los requisitos para el personal de operación son mínimos.

Las desventajas de la utilización de destilación multi-efecto para la desalinización son (Cánovas Cuenca, 2011):

- Son caros de construir y operar - el consumo de energía es muy alto.
- La planta puede ser susceptible a la corrosión. Esto por lo general puede ser controlado por la elección de material.
- El agua producto tiene una temperatura elevada y puede requerir refrigeración antes de que pueda ser utilizada como agua potable.
- La tasa de recuperación es baja, aunque no tan baja como para MSF.

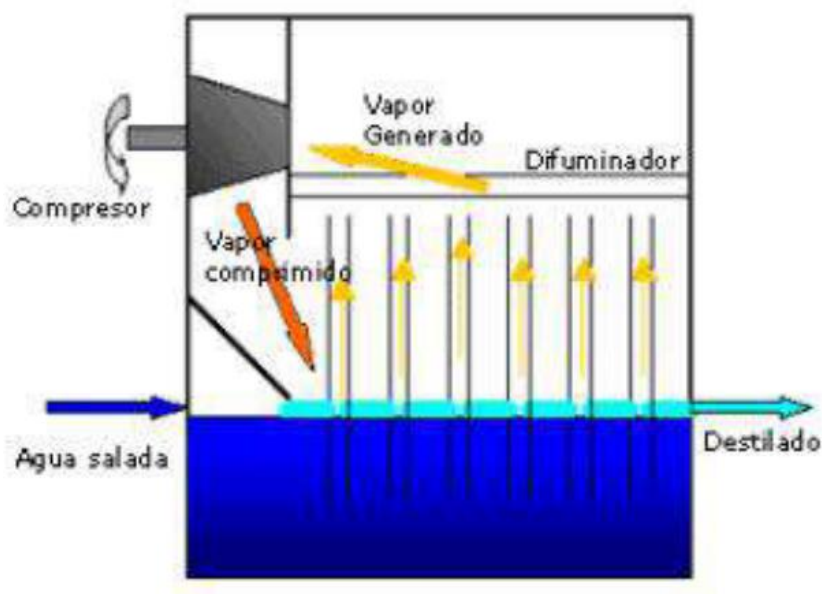
3.4. Compresión de Vapor (VC)

El sistema de Compresión de Vapor (VC) funciona mediante compresión de vapor de agua, que provoca condensación en su superficie de transferencia de calor, permitiendo calentar el agua hacia el otro lado de la superficie, logrando recoger el agua evaporada siendo este el

producto deseado para su consumo. El compresor es la principal fuente de energía. El compresor aumenta la presión en un lado del vapor y reduce la presión del agua de mar para reducir su punto de ebullición (Dévora et al., 2013).

Figura 3

Esquema del proceso de Compresión de Vapor (VC)



Tomado de (Domínguez Carrasco, 2018).

Las ventajas de la utilización de destilación por compresión de vapor para la desalinización son (Castillo Téllez, 2013):

- Plantas muy compactas y pueden ser diseñadas para ser portátiles.
- Requiere un mínimo de pre-tratamiento.
- El costo de la planta es razonable y el funcionamiento es simple y confiable.
- Su tasa de recuperación es buena.
- El agua es de alta calidad.

- El requerimiento de energía es relativamente bajo, aunque no es tan bajo como el sistema de Osmosis Inversa (OI)

Las desventajas de la utilización de destilación por compresión de vapor para la desalinización son (Castillo Téllez, 2013):

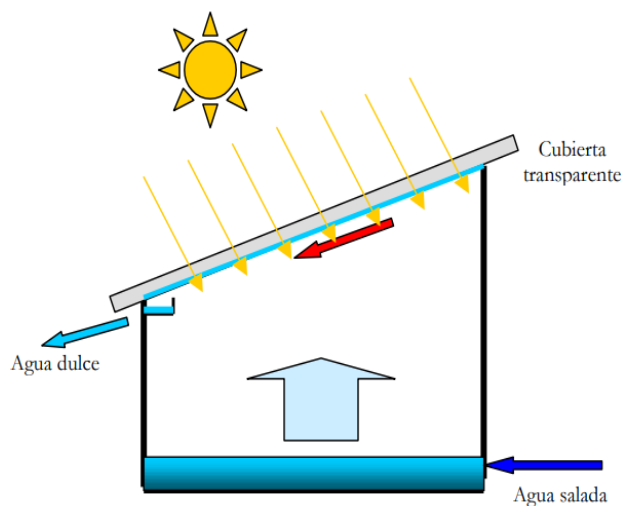
- La puesta en marcha de la planta es compleja.
- Se requiere un calentador auxiliar para obtener la temperatura del agua de alimentación hasta el punto en el que se forma algo de vapor, luego se puede utilizar un compresor.
- Requiere compresores de vapor grandes y caros, los cuales no son fácilmente accesibles.

3.5. Desalinización Solar

El proceso de desalinización solar es más o menos similar al ciclo hidrológico natural del planeta en el que el agua de mar se calienta con los rayos del sol; luego el vapor de agua se condensa en la superficie fría y el condensado se recolecta como agua producto. Este proceso tiene un gran inconveniente que es recolectar una gran cantidad de agua y por ende la captación de luz solar constante para el debido proceso de la desalación. Aunque esta energía puede ser gratuita, se requiere energía adicional para bombear el agua al lugar requerido (Khawaji et al., 2008).

Figura 4

Esquema del proceso de Desalinización Solar



Tomado de (Valero et al., 2001).

Ventajas de la desalinización solar son (Castillo Téllez, 2013):

- Fácil construcción.
- Elaborado con materiales de fácil adquisición.
- Tiene una larga vida útil.
- Puede servir de superficie captadora de agua lluvia.
- Utiliza energía renovable como es la luz solar.

Desventajas de la desalinización solar son (Castillo Téllez, 2013):

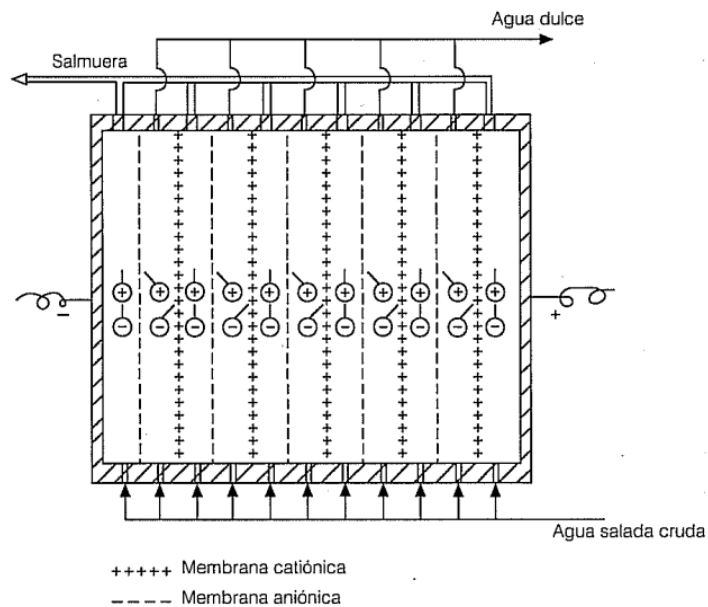
- La producción es limitada.
- Para una planta destiladora se requiere mano de obra especializada, y de costos elevados.
- Su producción baja relativamente en días nublados.

3.6. Electrodialisis (ED)

Este es un proceso de separación en el que los iones se transfieren a través de membranas selectivas de cationes-aniones a soluciones de concentración más baja o más alta debido al flujo de corriente continua. Unas membranas solo son permeables a los cationes, mientras que otras solo son permeables a los aniones. La celda de electrodialisis consta de un depósito que está dividido en múltiples compartimentos por una serie de membranas espaciadas 1 mm entre sí, con membranas catiónicas y membranas aniónicas dispuestas alternadamente. El agua penetra en el espacio entre las membranas, según la dirección de flujo de agua uno de los espacios pierde salinidad, mientras que la salinidad de los espacios adyacentes aumenta; recoge agua dulce de un lado y agua salada del otro lado por separado (Arreguín y Domiguez, 2000).

Figura 5

Esquema del proceso de Electrodialisis



Tomado de (Arreguín y Domiguez, 2000).

Las ventajas de la utilización de plantas de electrodiálisis para la desalinización son (Medina Roa, 2007):

- Produce una alta relación de recuperación (85-94%).
- Puede tratar el agua de alimentación con un mayor nivel de sólidos en suspensión.
- El pre-tratamiento tiene bajo uso de productos químicos.
- Las membranas tienen una vida útil de 7-10 años, que es más largo que de OI.
- Estas membranas no son susceptibles a ataque bacteriano o de escala de sílice.
- Se puede operar a una baja presión moderada.

Las desventajas de la utilización de electrodiálisis para la desalinización son (Medina Roa, 2007):

- Requiere una limpieza continua de las membranas con productos químicos.
- Las fugas ocurren a veces en las pilas de las membranas.
- Las bacterias o sustancias no iónicas y turbidez residual no se ven afectados por el sistema y por ello puede permanecer en el agua producto y requieren tratamiento adicional antes que se cumplan ciertas normas de calidad del agua.

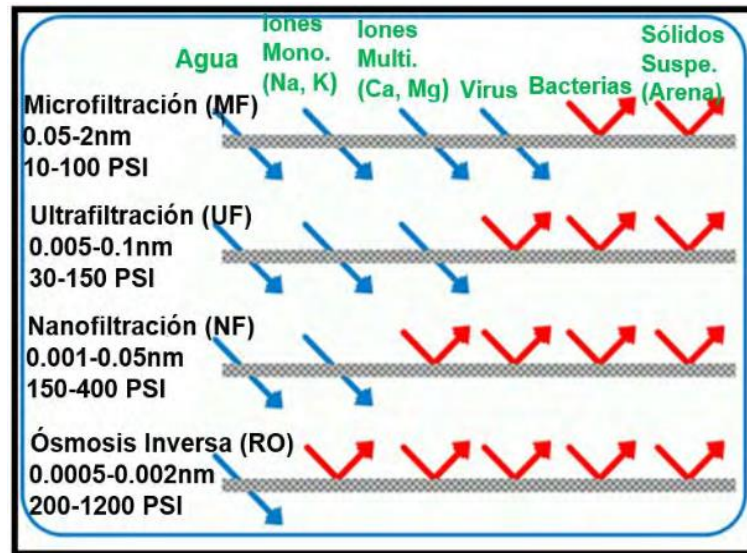
3.7. Ósmosis Inversa (OI)

Este proceso es un tratamiento de separación por membrana; en el que la membrana es permeable al agua pero esencialmente impermeable a los solutos por ejemplo el cloruro de sodio. El tamaño de poro de la membrana de ósmosis inversa es de 0,0005-0,002 nm, que es más pequeño que otros tipos de membranas de separación como microfiltración, ultrafiltración

y nanofiltración, por lo que puede retener partículas más pequeñas que estas últimas (Claudio Gómez, 2018).

Figura 6

Tamaño del poro de las membranas

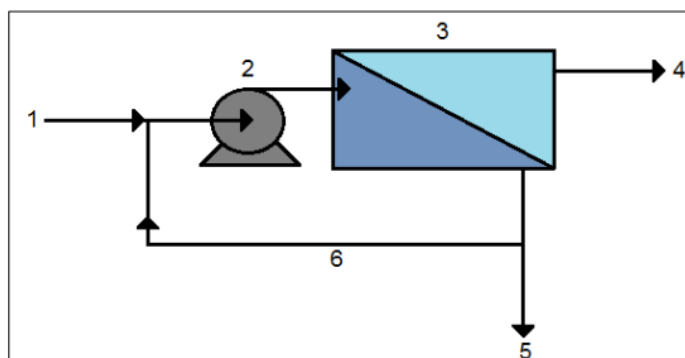


Tomado de (Claudio Gómez, 2018).

La presión que se aplica para el proceso es mayor que la presión osmótica, que se aplica en el compartimento que contiene la mayor concentración de sólidos disueltos, dejando impurezas. La permeabilidad de la membrana es muy pequeña, casi todas las impurezas, moléculas de sal, bacterias y virus se separan del agua. El agua que se recolecta para ser procesada pasa de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de la membrana (Moreno Benavides, 2011).

Figura 7

Esquema del proceso Osmosis Inversa



Tomado de (Moreno Benavides, 2011).

Dónde:

- (1) Fuente de agua de alimentación
- (2) Bomba de alta presión que supere la presión osmótica
- (3) Membranas semipermeables
- (4) Flujo de Permeado (agua dulce)
- (5) Flujo de Rechazo (salmuera)
- (6) Retroalimentación para mayor obtención de permeado.

3.7.1. Características de la Ósmosis Inversa

Las características de la ósmosis inversa indican ciertas ventajas y son (Moreno Benavides, 2011):

- Permite remover la mayoría de los sólidos inorgánicos u orgánicos disueltos en el agua.
- Remueve materiales suspendidos y microorganismos.
- La purificación se realiza de manera continua.

- La tecnología utilizada no requiere de un mantenimiento exhaustivo.

3.7.2. Técnicas de limpieza de la membrana

A medida que avanza el proceso de desalinización, la producción disminuye y esta disminución varía según su grado de ensuciamiento. Para restaurar el equipo y que no pierda su efectividad, es necesario limpiar la membrana con regularidad (Claudio Gómez, 2018). Esta limpieza se puede realizar de las siguientes formas (Claudio Gómez, 2018):

- Limpieza con permeado a presión o Flushing: Consiste en permitir que el permeado sin sustancias disueltas llegue a la membrana, arrastrando así la suciedad.
- Limpieza mecánica: Consiste en retirar la suciedad depositada en la membrana con una esponja o cepillo. Esto no se recomienda porque rayará y destruirá la capa activa.
- Limpieza química: Incluye una serie de sustancias químicas disueltas en el agua a través del módulo de circulación, estas sustancias químicas pueden disolver la precipitación o eliminar sedimentos.

3.8. Descripción de criterios para selección de una tecnología de desalinización

Para seleccionar una tecnología conveniente para el proceso de desalinización debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Costo de la tecnología
- Fácil uso.
- Mantenimiento sencillo.
- Operación de modo manual o automático.

- Consumo eléctrico.
- Cumplir con las normas de seguridad.
- Capacidad de procesamiento de agua desalinizada.
- Diseño estético.
- Instrumentación para el control del nivel del tanque, para que no se desperdicie agua en el proceso.
- Material del tanque adecuado y resistente para el proceso.
- Material de las tuberías de agua que sea adecuado y resistente para el proceso.
- Sistema amigable con el medio ambiente.

3.9. Análisis FODA de las tecnologías de desalinización

En este punto se presenta la Matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) la cual ayudará a analizar de mejor manera el contenido del estudio.

Tabla 5
Matriz FODA - Tecnologías de desalinización

Procesos	Fuerzas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Ósmosis Inversa	<ul style="list-style-type: none"> - El procedimiento es simple en términos generales. - Los costos de instalación son bajos. - Las plantas de producción emplean Ósmosis Inversa generalmente tienen una alta tasa de producción. - El uso de energía para procesar agua salobre es del rango de 2 a 2.8 Kwh/m³ de agua producida. - Este proceso puede hacer uso de prácticamente cualquier tipo de agua sin importar su origen. - Permite remover con cierta sencillez contaminantes orgánicos e inorgánicos. - El impacto ambiental de este proceso es prácticamente mínimo 	<ul style="list-style-type: none"> - Buscar alternativas para mejorar los materiales de las membranas que eficienten su limpieza pues el proceso es muy dependiente de ellas. - Generar dispositivos con procedimientos de auto limpieza de membranas para preservarlas mayor tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> - El único factor complicado es encontrar o producir un suministro limpio que minimice la limpieza frecuente de la membrana. - El agua empleada usualmente necesita ser pre tratada para remover inicialmente las partículas contaminantes y prolongar la vida de la membrana - Las plantas que requieran procesar el agua con este método deben garantizar la calidad de sus servicios, maquinaria y materiales mediante procesos de certificación. - El deshecho de la salmuera debe ser tratado con mucho cuidado para no impactar nocivamente el ambiente. - Se corre un alto riesgo de contaminación bacterial en las membranas mismas que pueden introducir olores y sabores desagradables en el producto final. - Se requiere de una fuente confiable de energía, es decir de un suministro permanente para generar el producto, pues no puede ser interrumpido. 	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso de lechos compactados, es investigado actualmente, para la desalinización de agua.
Electrodialisis	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza corriente eléctrica para forzar las sales disueltas por membranas. - Maneja a base de membranas para 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede utilizar diferentes fuentes de energía eléctrica (combustibles fósiles o renovables como solar o eólica). 	<ul style="list-style-type: none"> - Es el método más aplicable a agua salobre. - Consume mucha energía. 	

	separar las sales			
Destilación Multiefecto (MED)	<ul style="list-style-type: none"> - Maneja cámaras de baja presión para ayudar en la vaporización. - El calor que se utiliza en una etapa es utilizado para la vaporización de agua de la siguiente. - El acomodo de los destiladores ocupa menos superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar energías alternas. 	<ul style="list-style-type: none"> - El mantenimiento costoso de maquinaria. 	<ul style="list-style-type: none"> - El crecimiento de los procesos por ósmosis inversa.
Evaporación de múltiples etapas (MSF)	<ul style="list-style-type: none"> - Es aplicable a proyectos de mediana o grande escala. - Utiliza calor. - Maneja cámaras de baja presión para ayudar en la vaporización. - A mayor etapas en el proceso, mayor eficiencia en sus resultados 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar energías alternas. 	<ul style="list-style-type: none"> - El mantenimiento costoso de maquinaria. - Genera muchos residuos con alto contenido mineral, los cuales requieren un manejo especial. - A mayores etapas del proceso, son necesarios más espacios, capital y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - El crecimiento de los procesos por ósmosis inversa.
Destilación Solar	<ul style="list-style-type: none"> - Se vale de la energía solar para calentar el agua salada. - Captura el vapor del agua condensado como agua pura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene gran potencial para proyectos pequeños en lugares con condiciones favorecedoras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es aplicable principalmente a proyectos de menor escala debido a su simplicidad e independencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los factores climáticos pueden influir en el desempeño del proceso

Adaptado de (Lechuga A et al., 2007).

4. Diseño de la máquina portátil de desalinización de agua de mar

En este apartado se realiza la selección de la tecnología considerando varios puntos, se realiza el diseño hidráulico, mecánico de la tecnología de desalinización de agua de mar elegido.

4.1 Selección de la tecnología para el proceso desalinización de agua de mar

Para la selección de la tecnología de desalinización de agua de mar se analiza diferentes características de las mismas tomando en cuenta los parámetros del punto 3.8

Tabla 6

Matriz de ponderación para la selección de la tecnología de desalinización

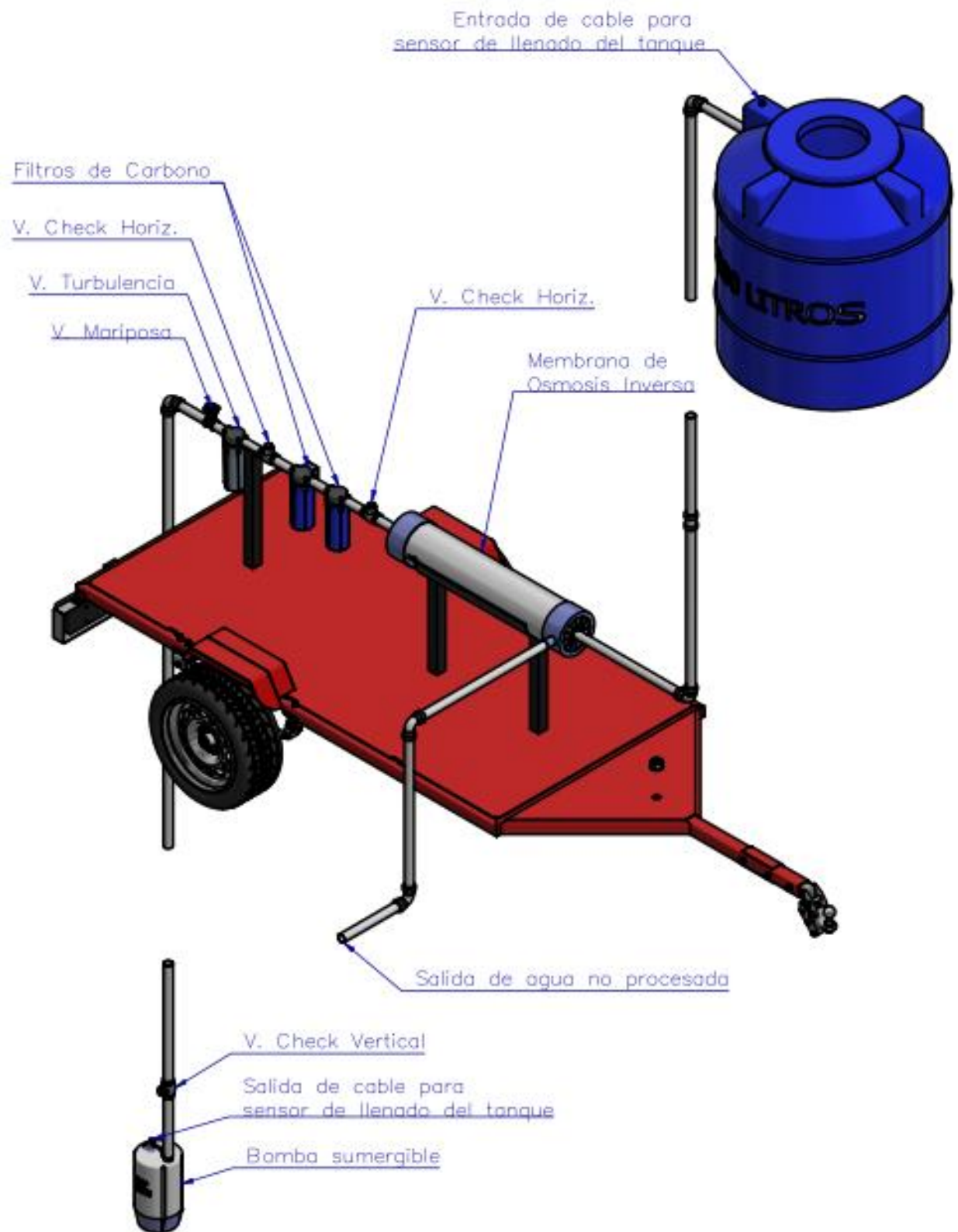
	Costo de la tecnología	Consumo de energía	Materiales ecológicos	Complejidad de construcción	Capacidad de procesamiento	Pureza del agua	Accesibilidad de los productos	Mantenimiento
Evaporación Instantánea Multietapa	X	X	-	X	O	X	O	X
Destilación Multiefecto	X	O	-	O	-	O	O	O
Compresión de Vapor	O	O	-	O	O	O	X	O
Destilación Solar	-	-	O	-	-	O	X	-
Electrodialisis	X	X	-	X	O	X	O	X
Ósmosis Inversa	O	-	O	-	X	X	X	-

Adaptado por el autor

Una vez analizado lo establecido en los parámetros se opta por el método de ÓSMOSIS INVERSA siendo este el idóneo.

4.2. Esquema general del sistema portátil de desalinización

El esquema muestra la bomba a una profundidad de 12 metros que en promedio se encuentra un pozo de agua (Anexo 1), en el sistema se coloca un filtro de turbulencia para reducir la fuerza con la que la bomba envía el agua y así evitar daños en los accesorios, luego el agua llega a dos filtros de carbono activado que ayudan a reducir las impurezas. Finalmente llega a la membrana de ósmosis inversa que se encarga de eliminar las sales y bacterias entregándonos el agua con un pH de 7, apta para el consumo humano.

Figura 8*Esquema del diseño de la máquina*

4.2.1. Datos de partida para el diseño

Por lo revisado con anterioridad se ha colocado los siguientes datos de partida para el diseño del sistema de desalinización.

Personas por Familia	Consumo por Persona	Consumo por Familia	Caudal (GPM)	pH del agua (ppm)
5	240	1200	10	7

4.3 Cálculo de la curva resistente del sistema de tuberías

Para determinar la curva resistente del sistema de tuberías, en primera instancia se determina las pérdidas de cada accesorio (k) en la tabla 7.

$$Q=10 \text{ G/min} = 2.27 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Hest} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Capacidad de tanque} = 1200 \text{ litros}$$

$$D= 25 \text{ mm}$$

Tabla 7

Coefficiente de pérdida de accesorios (K)

Cantidad	Tabla K	K	
3	Válvula Check	2.5	7.5
1	Válvula de Globo	2	2
5	Uniones	0.1	0.5
3	Codos 90°	0.9	2.7
1	Filtro de turbulencia	3.5	3.5
2	Filtro Carbón Activo	3.5	7
1	Filtro de Arena	2.5	2.5
1	Membrana	4.5	4.5
1	Entrada	0.5	0.5
1	Salida	1.2	1.2
		Σk	31.9

Tomado de (Choy Bejar, 2002)

Para obtener el régimen de flujo se obtiene la sumatoria de las pérdidas por accesorio

$$K = 31,9$$

Se realiza una estimación del caudal deseado

$$Q \Rightarrow 10 \text{ gal/min.} \Rightarrow 6,309 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

donde:

Q Caudal [gal/min]

El régimen de flujo se determina a partir de la ecuación (1)

$$Re = \frac{\delta DV}{\mu} \quad (1) \quad \longrightarrow \quad v = \frac{\mu}{\delta}$$

donde:

μ Viscosidad dinámica

δ Densidad específica del flujo

Se determina el régimen de flujo con las siguientes condiciones

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (1) \quad T = 30^\circ\text{C} \quad v = 16.03 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

donde:

Re Reynolds

V Velocidad del flujo [m/s]

ν viscosidad cinemática [m²/s]

D Diámetro de tubería [m]

T Temperatura [°C]

El área de la sección transversal de la tubería se determina a partir de la expresión (2) de un tubo de una pulgada.

$$A = \frac{Di^2}{4} \pi \quad (2) \quad Di = 22.8 \text{ mm}$$

$$A = \frac{(22.8 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} \pi = 4.08 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Cálculo de velocidad del flujo en la tubería a partir de la expresión (3)

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

$$V = \frac{6,309 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{4,08 \times 10^{-3} \text{ m}^2} = 0,1546 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Re = \frac{0,1546 \frac{\text{m}}{\text{s}} (22,8 \times 10^{-3} \text{ m})}{16,03 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 219,89$$

Determinación del coeficiente de fricción mediante de la ecuación de Colebrook (4)

$$e = 0,0015 \text{ mm} \quad \frac{e}{D} = \frac{0,0015}{22,8} = 6,57 \times 10^{-5}$$

$$D = 22,8 \text{ mm}$$

donde:

e Rugosidad de la tubería [mm]

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \log \left(\frac{\frac{e}{D}}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (4)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \log \left(\frac{6,57 \times 10^{-5}}{3,7} + \frac{2,51}{219,89 \sqrt{f}} \right)$$

$$f = 0,1158$$

La altura dinámica total se calcula a partir de la siguiente relación (5)

$$H_T = H_{est} + \left(\sum f \frac{L}{D} + K\right) \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (5)$$

donde:

Hest Altura estática

g gravedad [m/s²]

L longitud de la tubería [m]

$$H_T = 20m + \left(\frac{0,1158 \cdot 22m}{22,8 \times 10^{-3}m} + 31,9\right) \frac{Q^2}{2(9,81m/s^2)(4,08 \times 10^{-3}m^2)^2}$$

$$H_T = 20m + \frac{143,63 Q^2}{3,26 \times 10^{-4}} = 20m + 440582,8221Q^2$$

Para calcular el tiempo de llenado pasamos el caudal a $\frac{m^3}{h}$

$$Q = 6,309 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 6,309 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \cdot \frac{3600s}{h} = 2,27 \frac{m^3}{h}$$

Para obtener el caudal recuperado a través de la membrana se aplica la siguiente fórmula (6)

$$Q_p = \% \text{ de recuperación} \cdot Q \quad (6)$$

$$Q_p = 0,15(2,27) \frac{m^3}{h} = 0,34 \frac{m^3}{h}$$

Transformación del volumen del tanque a m³

$$V = 1200 \text{ Litros} \rightarrow 1,2 m^3$$

Para el cálculo del tiempo de llenado del tanque aplicamos la fórmula (7)

$$t = \frac{V}{Qp} = \frac{1,2}{0,34} = 3.52 \text{ h} \quad (7)$$

Cálculo del consumo eléctrico en Kw

$$P = 0,37 \text{ Kw} \quad n = 0,57$$

Donde:

P Potencia de la bomba en Kw

n eficiencia de la bomba (anexo)

Para la obtención de la potencia real de la bomba aplicamos la fórmula (8)

$$P_{real} = \frac{P}{n} = \frac{0,37}{0,57} = 0,65 \text{ Kw} \quad (8)$$

El consumo eléctrico lo calculamos multiplicando la potencia real por el tiempo de llenado del tanque (9)

$$Consumo = P_{real} \cdot h = 0,65 \text{ Kw} \cdot 3.52 \text{ h} \quad (9)$$

$$Consumo = 2,288 \text{ Kwh}$$

El costo monetario por el tiempo de utilización de la bomba se da multiplicando el consumo eléctrico por el costo en Kwh (10)

$$USD = 2,288 \text{ Kwh} \cdot 0,1031 \text{ USD/Kwh} \quad (10)$$

$$USD = 0,24 \text{ USD}$$

4.3.1. Selección de la bomba

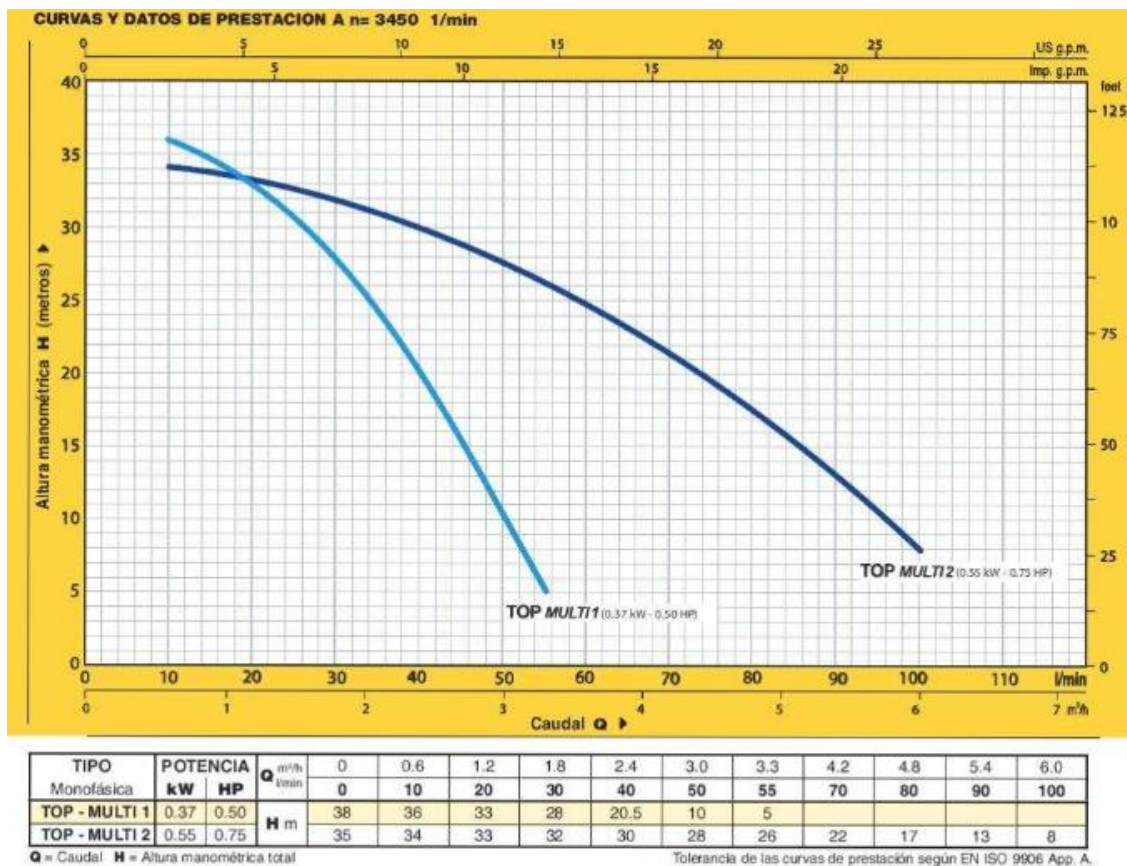
Para la selección de la bomba se toma en cuenta la profundidad a la que se encuentra el pozo (anexo 1) y la altura a la cual se necesita llevar el agua según el diseño, por otro lado que no sea costosa y que al mismo tiempo cumpla con los requerimientos necesarios ya establecidos.

4.3.2. Familia de bombas

Las bombas con lo mínimo necesario para realizar el trabajo son las siguientes, tienen un bajo costo y bajo consumo eléctrico.

Figura 9

Bombas Top Multi



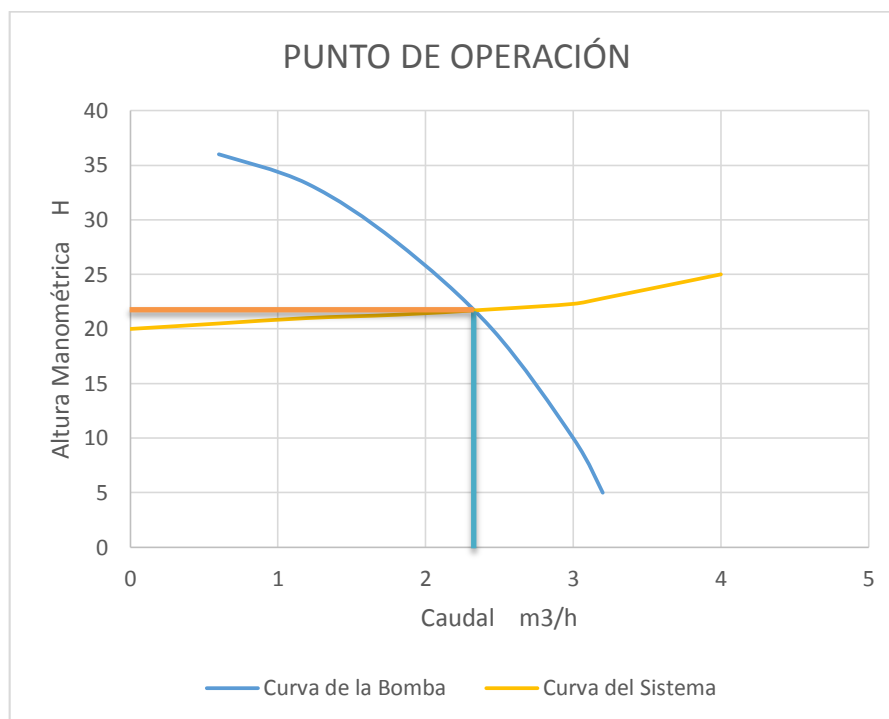
Tomado de (Pedrollo, n.d.)

4.3.3. Determinación del punto de operación del sistema de bombeo

El punto de operación se da entre la intersección de las dos curvas (figura 10) lo cual demuestra que la bomba cumplirá sin problema el trabajo en el sistema que se ha diseñado.

Figura 10

Punto de operación



Adaptado por el autor



La bomba seleccionada es la Top Multi 1 con una potencia de 0.50 HP y una eficiencia del 57%; nos indica su punto de operación en un caudal con 2.33 m³/h aproximadamente y entrega una altura alrededor de 22 metros parámetros que son suficientes para el diseño de la máquina desalinizadora.

4.3.4. Selección de la membrana de ósmosis inversa para desalinización

Las membranas presentadas en la siguiente tabla son idóneas para el sistema, de las cuales se ha elegido la TMG10, cumple con las especificaciones del diseño de la máquina desalinizadora entrega un rechazo del 99.5 % de la sal, un pH de 7 y más de los 1200 litros que se necesita por día.

Tabla 8

Tipos de membranas y sus características

				
Brackish Water RO Elements				
TMG (8" C-Style)				
Type	Diameter inch	Membrane Area ft ² (m ²)	Salt Rejection %	Product FlowRate gpd (m ³ /d)
TMG10	4"	87 (8)	99.5	2,400 (9.1)
TMG20-370C	8"	370 (34)	99.5	9,500 (36.0)
TMG20-400C	8"	400 (37)	99.5	10,200 (38.6)
TMG20-430C	8"	430 (40)	99.5	11,000 (41.6)
1. Membrane Type			Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite	
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH		110psi (0.76 MPa) 77 °F (25 °C) 500mg/l NaCl 15 % 7	
3. Minimum Salt Rejection			99.0 %	
4. Minimum Product Flow Rate			2,000 gpd (7.6 m ³ /d) (TMG10) 7,500 gpd (28 .4m ³ /d) (TMG20-370) 8,200 gpd (31 .0m ³ /d) (TMG20-400) 8,800 gpd (33 .3m ³ /d) (TMG20-430)	

Tomado de (Rejection et al., 2004)

5. Costos unitarios del sistema de desalinización de agua de mar

En el presente apartado, se establece los costos para la fabricación del sistema de desalinización de agua de mar, para el efecto se elaboraron tablas en donde se desglosan los valores unitarios de todos los materiales necesarios para el armado, instalación y mano de obra que intervienen para la fabricación de la máquina.

Tabla 9

Costos de los accesorios

Piezas	Cantidad	Precio Unitario[USD]	Costo Total[USD]
Bomba Sumergible Top Multi 1	1	380	360
Válvula Check	3	31.25	93.75
Válvula de Globo	1	9.50	9.50
Uniones	5	0.75	3.75
Codos 90°	3	0.58	1.74
Filtro de turbulencia	1	125	125
Filtro Carbón Activo	2	5.80	11.6
Filtro de Arena	1	3.95	3.95
Tubo de 1 pulgada plastigama de 6 metros	4	23.66	94.64
Membrana	1	350	350
Tanque de agua de 1200 litros	1	250	250
		TOTAL[USD]	1303.93

Adaptado por el autor

Tabla 10

Mano de obra y diseño de la máquina

	Costo por hora[USD]	Horas trabajadas	Sub Total[USD]
Ing. Mecánico	15.60	15	234
Operario mecánico	4.37	8	34.96
Ayudante	2.81	8	22.48
		TOTAL[USD]	291.44

Adaptado por el autor

Tabla 11*Costo de construcción del remolque*

	Costo por hora[USD]	Horas trabajadas	Sub Total[USD]
Soldador	5.62	16	89.92
Ayudante	2.81	16	44.96
Pintura			15.60
Llantas			30
Plancha antideslizante			35.60
Tubo cuadro de 4x4			17.50
Cubierta con aislante termico			60
		TOTAL[USD]	293.58

Adaptado por el autor

Tabla 12*Costo de la torre para la ubicación del tanque*

	Cantidad	Costo por hora[USD]	Horas trabajadas	Precio Unitario[USD]	Sub Total[USD]
Soldador		5.62	8		44.96
Ayudante		2.81	8		22.48
Pintura					15.60
Tubo cuadro de 4x4	12			17.50	210
				TOTAL[USD]	293.04

Nota: La plancha sobrante de la construcción del remolque ayudara para realizar la base de la torre

Adaptado por el autor

Tabla 13*Costo de elaboración de acceso al pozo*

Empresa INSITA	
Estudio de factibilidad	
Perforación	
Entubado	
Colocación de graba filtro	
Limpieza del pozo	
	TOTAL[USD]
	350

Costo total del sistema: 2531.99 USD

6. Conclusiones

- El estudio demuestra un déficit de abastecimiento de agua potable de un 35% a un 40% aproximadamente en la región costanera del Ecuador especialmente en la zona rural, y tanto como en la zona urbana y rural el agua no es 100% potable.

- El abastecimiento de agua se da mediante carros cisternas y la compra de botellones que a la larga representa un gasto monetario más elevado, sin mencionar la falta de suministro continuo; siendo este uno de los motivos para la realización de este proyecto.

- Las diferentes tecnologías estudiadas tienen sus ventajas y desventajas cualquiera de ellas ayudaría al objetivo de este proyecto pero ya que el mismo es con un enfoque social se opta por el sistema de Ósmosis Inversa siendo esta tecnología la indicada por su bajo costo económico y por la facilidad en la obtención de sus accesorios.

- Para obtener un suministro constante de agua en el tanque se tomó una bomba que cuenta con un interruptor flotante el cual ayudará a que la bomba se active si es necesario solamente y así no tener que estar pendiente en cada momento.

-El caudal suministrado abastece el requerimiento de agua desalinizada de una familia promedio de 5 miembros de la región costanera del Ecuador, por su tiempo de llenado y por la capacidad que ofrece la membrana podría suministrar más líquido vital de ser necesario.

-La operación del sistema es conveniente debido a que el rendimiento general del sistema mantiene un valor del 57 %.

- Siendo un sistema portátil la tubería que llega en conjunto con la bomba al pozo de agua viene siendo desmontable y así poder trasladarlo a otro lugar de ser necesario.

7. Recomendaciones

- Este proyecto está diseñado para las familias que no cuentan con el suministro de agua constante o que no dispongan de ello, para las familias que disponen del agua con irregularidad es recomendable usar el sistema si es netamente necesario ya que al obtener el agua de alimentación de un pozo subterráneo, en ocasiones estos podrían llegar a secarse y tardaría un cierto tiempo hasta volver a tener un volumen considerable de agua.

- Siendo este un sistema que involucra una Membrana de Ósmosis Inversa es recomendable limpiarla cada cierto tiempo dependiendo su uso para que esta mantenga su efectividad y nos entregue el pH indicado que requiere el agua para su consumo, de igual manera con los filtros de carbono activado.

8. Bibliografía

- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *Novasinería Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Arévalo, M. (2017). *Propuesta de Diseño de construcción, acondicionamiento de un pozo de agua y su incidencia en la vulnerabilidad del acuífero costero en Manglaralto*. 129.
- Arreguín Cortés, F. I., & Martín Domiguez, A. (2000). *Desalinización del agua*.
- Cánovas Cuenca, J. (2011). *REPORT ON WATER DESALINATION STATUS IN THE MEDITERRANEAN COUNTRIES*. www.imida.es
- Castillo Téllez, B. (2013). *ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL POTENCIAL DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE CONGELACIÓN PARA LA DESALACIÓN DEL AGUA DE MAR*.
- Choy Bejar, V. D. (2002). *Diseño de una línea de impulsión y selección del equipo de bombeo para la extracción de agua subterránea, planes de expansión de mínimo costo de agua potable y alcantarillado EPS Chimbote*.
- Claudio Gómez, I. O. G. (2018). *DESALINIZACIÓN DE AGUA PARA APLICACIONES DE POTABILIZACIÓN MEDIANTE EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍA SOLAR SUSTENTABLE*.
- CPE INEN 5, N. T. E. (2018). Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para. *Normas Para Estudio Y Diseño*

De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, 9, 186.

Dévora Isiordia, G. E., Gonzáles Enríquez, R., & Ruiz Cruz, S. (2013). *Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México*.

Domínguez Carrasco, M. T. (2018). *Análisis de la desalación por ósmosis inversa mediante energía solar térmica con respaldo de otras energías renovables en diversas localizaciones*.

EcuRed. (n.d.). *Saneamiento ambiental - EcuRed*. Retrieved February 23, 2022, from https://www.ecured.cu/Saneamiento_ambiental

FLACSO, MAE, & PNUMA. (2008). Estado del agua. *Geo Ecuador 2008: Informe Sobre El Estado Del Medio Ambiente.*, 10.

Imitola Gonzalez, A. A., Lopez Ortega, A. D., & Ramírez Gutiérre, J. A. (2019). *DISEÑO DE UNA PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR EN LA ZONA DE LA MEDIA-ALTA GUAJIRA*.
[https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8757/Proyecto Final.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8757/Proyecto_Final.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Khawaji, A. D., Kutubkhanah, I. K., & Wie, J. (2008). *Advances in seawater desalination technologies*. 221, 47–69. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.067>

Lechuga A, J., Rodríguez, M., & Lloveras M, J. (2007). *Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica*.

Marín Galvín, R. (2003). *Físico-química y microbiología de los medios acuáticos*:

tratamiento y control de la calidad de las aguas. 336.

- Martínez Moscoso, A. (2019). La regulación del abastecimiento de agua en Ecuador. Evolución histórica y realidad actual. *Sustainability Economic Social and Environmental*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.14198/sostenibilidad2019.1.03>
- Medina Roa, I. F. (2007). *Tratamiento de aguas de producción con electrodiálisis.* 130. http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos/30/TDE-2012-03-28T20:33:25Z-1534/Publico/medinaisrael.pdf
- MIDUVI, M. de D. U. y V. (2011). *Norma Hidrosanitaria NHE Agua.*
- Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador.*
- Moreno Benavides, J. A. (2011). *DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA PARA LA EMPRESA DOBER OSMOTECH DE COLOMBIA LTDA.*
- Naciones Unidas Nueva York. (2019). Los objetivos de desarrollo sostenible. *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* <https://doi.org/10.2307/j.ctv14t4706>
- NTE 2346. (2006). Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 50.
- Pedrollo. (n.d.). *Catálogo General.*
- Peña Torreblanca, D. L. (2017). Propuesta de uso de Agua Desalinizada de Mar para el Procesamiento de Harina y Aceite de Pescado en la Provincia de Ilo - Región Moquegua. *Universidad Católica San Pablo*, 77.

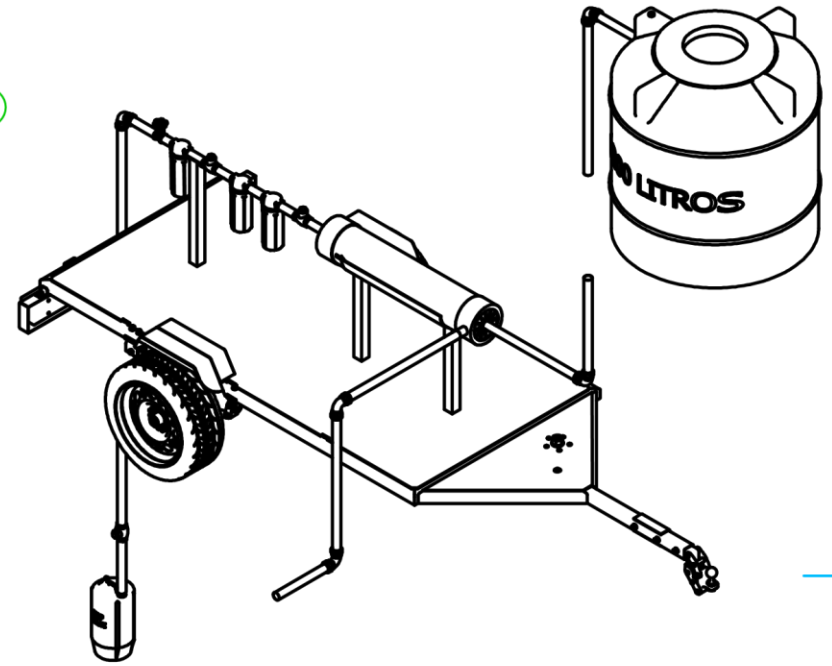
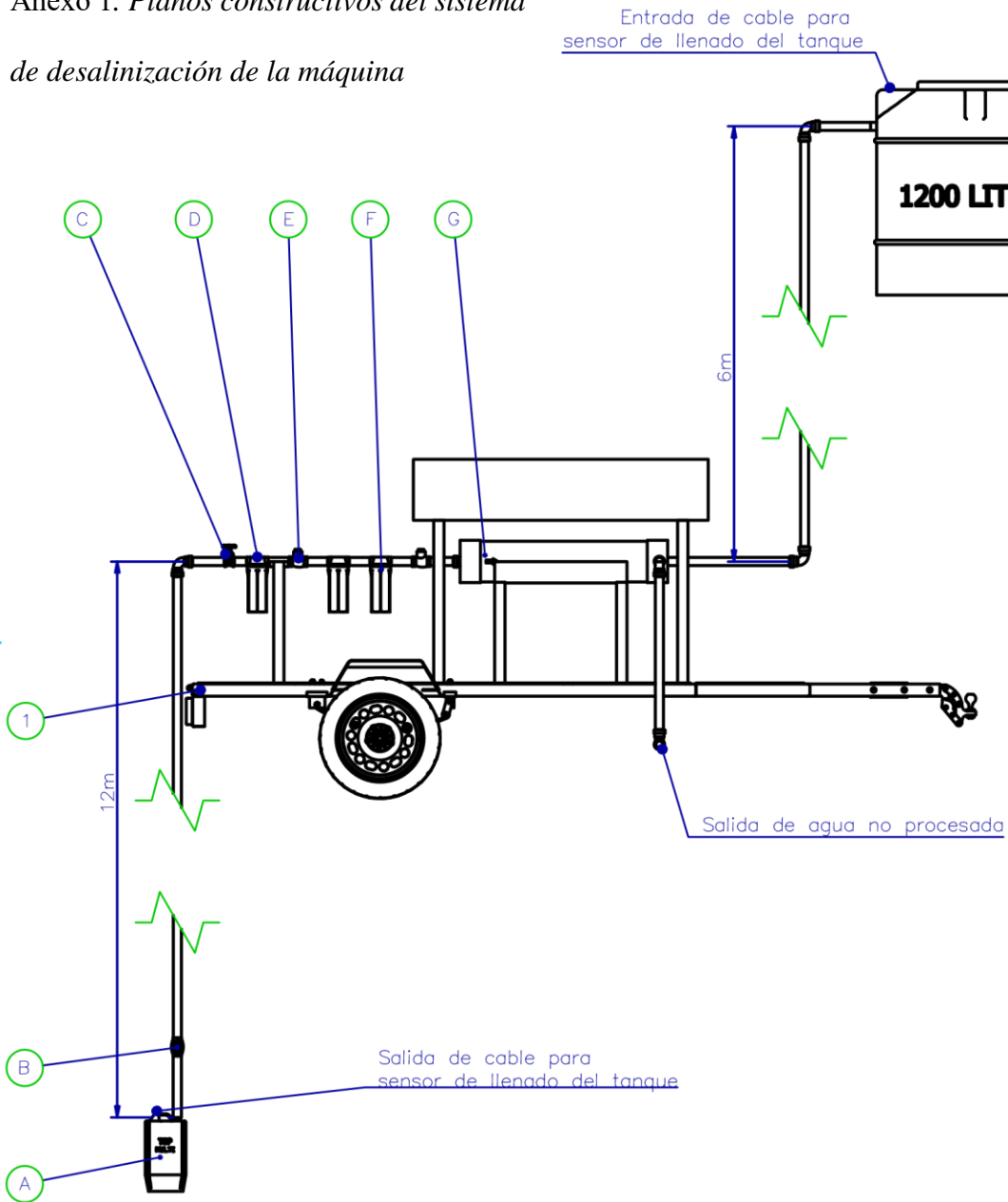
http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/15523/1/PEÑA_TORREBLANCA_DEN_PRO.pdf

Rejection, S., Area, M., & Rate, P. F. (2004). *Lenntech Brackish Water RO Elements*. 40(1016), 40–41.

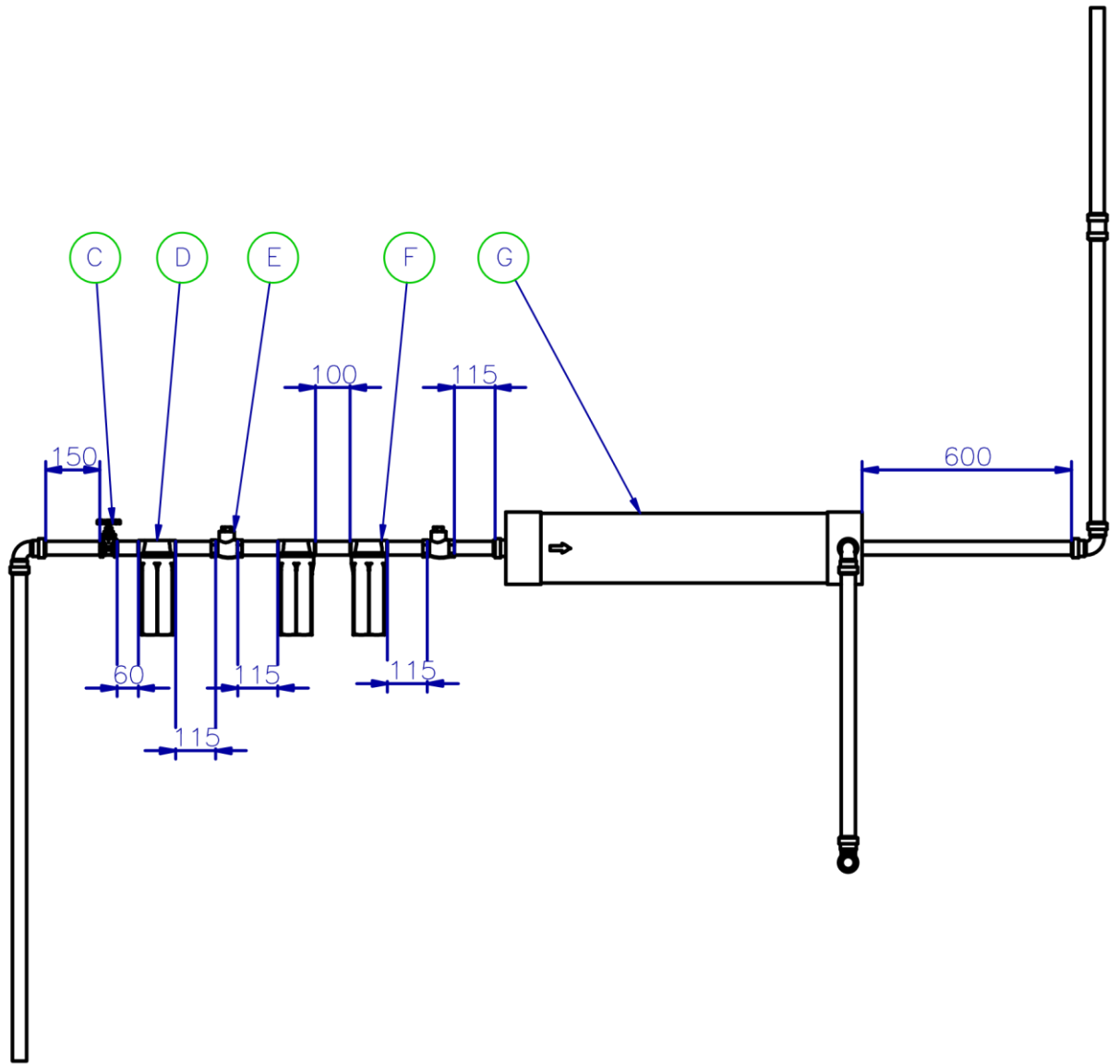
SPA, D. H. (2018). *TECHNICAL CATALOGUE*.

Valero, A., Uche, J., & Serra, L. (2001). *LA DESALACIÓN COMO ALTERNATIVA AL PLAN HIDROLÓGICO NACIONAL*. <http://circe.cps.unizar.es>

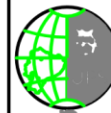
Anexo 1. Planos constructivos del sistema de desalinización de la máquina



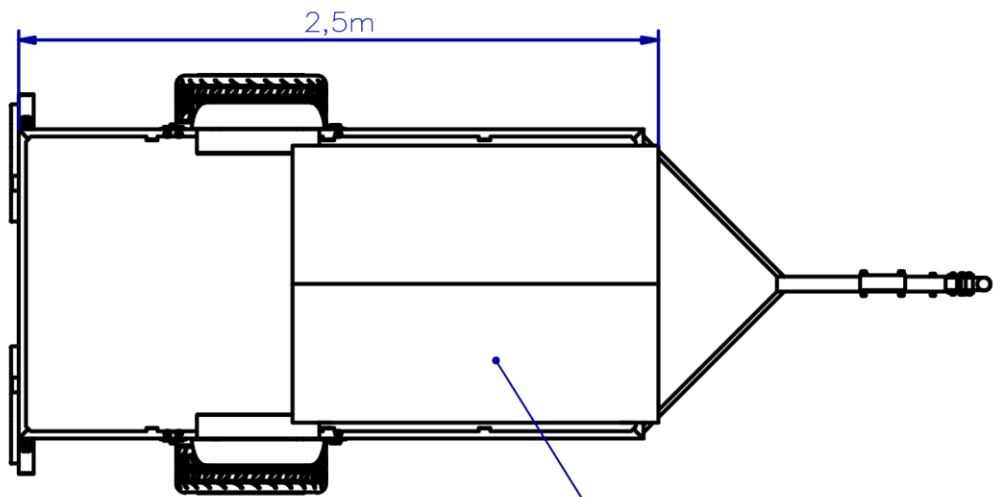
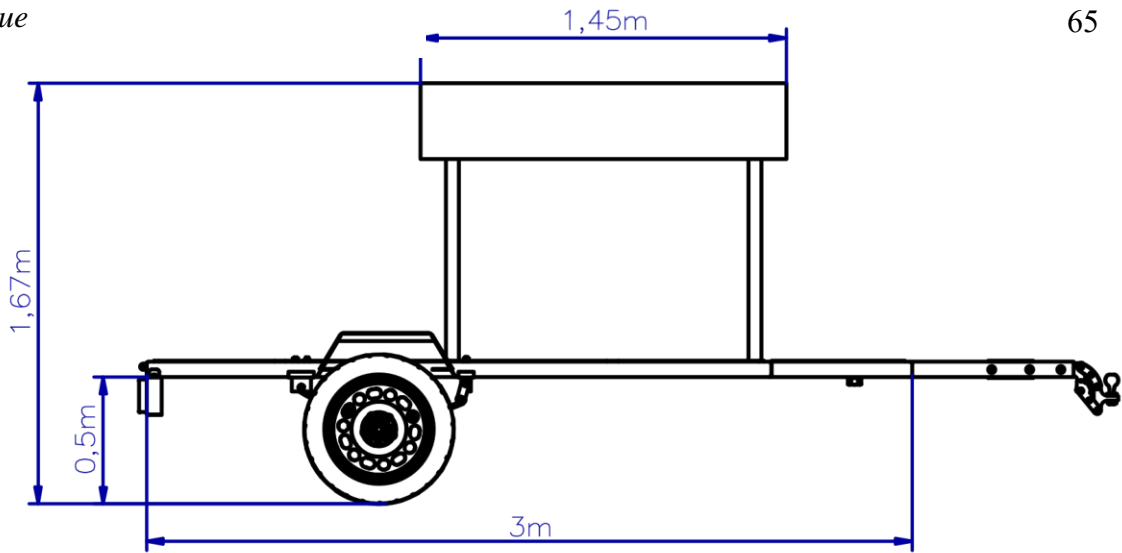
H	1	Tanque para reserva de agua			
G	1	Membrana de Osmosis Inversa			
F	2	Filtro de carbono			
E	2	Válvula check horizontal			
D	1	Válvula de turbulencia			
C	1	Válvula mariposa			
B	1	Válvula Check Vertical			
A	1	Bomba sumergible			
1	1	Remolque			
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN	NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
DIBUJADO		Mogrovejo B. Vivar J.	20/01/2022	SEDE MATRIZ CUENCA	
COMPROBADO		Ing. Fran Reinoso			
PROYECCIÓN	MÁQUINA PORTÁTIL DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR				ESCALA: 1:25
					LÁMINA Nº 1/3



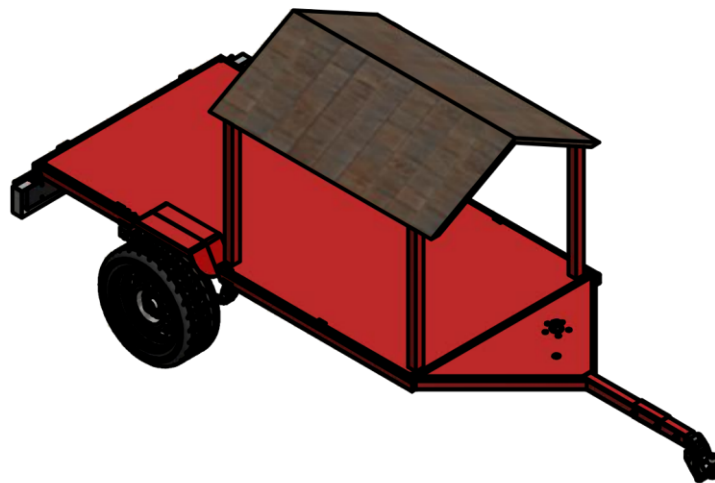
G	1	Membrana de osmosis inversa			
F	2	Filtro de carbono			
E	2	Válvula check horizontal			
D	1	Válvula de turbulencia			
C	1	Válvula mariposa			
-	-	DETALLE DE ACERCAMIENTO			
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN	NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA	
DIBUJADO	Mogrovejo B. Vivar J.		20/01/2022	SEDE	
COMPROBADO	Ing. Fran Reinoso			MÁTRIZ CUENCA	
PROYECCIÓN	MÁQUINA PORTÁTIL DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR				ESCALA: 1:20
					LÁMINA N° 2/3



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA



Cubierta con aislante térmico



I	I	REMOLQUE				
Pos.	CANT.	DENOMINACIÓN		NORMA	MATERIAL	DIM. EN BRUTO
		NOMBRE	FECHA	INGENIERÍA MECÁNICA SEDE MATRIZ CUENCA	 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	
DIBUJADO		Mogrovejo B. Vivar J.	20/01/2022			
COMPROBADO		Ing. Fran Reinoso				
PROYECCIÓN		MÁQUINA PORTÁTIL DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR				ESCALA: 1:30
						LÁMINA N° 3/3

Anexo 4. Nivel estático de pozos de agua datos de profundidad con respecto a la superficie del terreno

Fecha	Nivel Estático (m)											
	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Pozo 6	Pozo 7	Pozo 8	Pozo 9	Pozo 10	Pozo 11	Pozo 12
11/05/2016	8,99	9,42	10,91	12,71	13,45	11,7	10,68	8,77	16,69	8,85	10,16	7,02
25/05/2016	9,36	9,6	11,75	13,27	13,73	11,88	11,58	9,9	16,8	9,29	10,4	8
08/06/2016	9,96	9,92	11,94	13,53	14,33	13,13	11,75	11,87	16,98	10,17	11,03	8,3
15/06/2016	10,1	10,2	12,08	13,82	14,95	13,65	12,02	12,35	17,03	10,44	11,35	8,53
07/07/2016	10,26	10,42	12,69	14,39	15,11	14,02	12,4	13,79	17,4	11,77	11,68	9,21
28/07/2016	10,57	10,78	13	14,86	15,58	14,3	13,3	14,89	17,68	12,7	12,07	10,01
09/08/2016	10,71	11,02	13,11	15,01	16,3	14,52	13,67	15,02	17,94	13,05	12,28	11,28
17/08/2016	10,96	11,25	13,48	15,12	16,65	15,11	14,12	15,39	18	16,89	12,48	12,02
20/12/2016			15	16,6	18,3	17	15,6	15,65	17,75		13,75	10,75
23/02/2017		9,8	12				12	14	17,1		12	
09/03/2017				14,7	13		11,18	11,55	17,5			
17/03/2017				14	12,35	9,08	9,8	12,06	16,77			
24/03/2017				13,37	11,8	8,9	9,85	10,64	17,25			
30/03/2017								8			17,7	
11/04/2017				14,9			9,5	13,7			16,4	13,43
22/04/2017												9,36
25/04/2017									17,2		9,14	7,59
04/05/2017				10,2							8,4	
08/06/2017			7,66	9,9	9,3	6,4	8,15	11,5	16,2	8,63	8,8	8,2
PROMEDIO	10,11	10,27	12,15	13,76	14,22	12,47	11,71	12,44	17,22	11,31	11,84	9,52

Tomado de (Arévalo, 2017)

Anexo 5. Características de la bomba Top Multi 1

**CAMPO DE PRESTACIONES**

Caudal hasta 100 l/min (6 m³/h)
 Altura manométrica hasta 38 m

LIMITES DE USO

Máxima profundidad hasta 10 m por debajo del nivel del agua.
 Máxima temperatura del líquido hasta + 40°C
 Máximo contenido de arena 50 g/m³
 Máximo nivel de vaciado hasta los 30 mm del fondo

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60 335-1	EN 60034-1
IEC 335-1	IEC 34-1
CEI 61-150	CEI 2-3

**EMPLEOS E INSTALACIONES**

SON ACONSEJADAS PARA BOMBEAR AGUA LIMPIA CON UN CONTENIDO DE ARENA NO SUPERIOR A LOS 50 g/m³. POR SU ELEVADO RENDIMIENTO Y FIABILIDAD SON APTAS PARA EL ABASTECIMIENTO HIDRICO DOMESTICO DE TINAS, TANQUES O POZOS RELATIVAMENTE PROFUNDOS, PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUAS DE LLUVIAS DE CISTERNAS, PARA REGAR A MANO O ALIMENTAR UNA INSTALACIÓN DE RIEGO, ETC.

GARANTIA 2 AÑOS según nuestras condiciones generales de venta.

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- CUERPO DE IMPULSION Y REJILLA DE ASPIRACIÓN: tecnopolímero cargado con fibra de vidrio, particularmente resistente a los golpes y a la corrosión, con bocas de impulsión roscadas ISO 228/1.
- RODETES Y DIFUSORES: tecnopolímero.
- CAJA PORTA DIFUSORES: acero inoxidable AISI 304.
- PORTA MOTOR: acero inoxidable AISI 304.
- EJE MOTOR: acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104.
- DOBLE SELLO MECANICO: cerámica - carburo de silicio - NBR lado bomba y anillo de cierre por el lado motor (con cámara de aceite de cierre interpuesta para la lubricación y el enfriamiento de las superficies de cierre en caso de falta de agua).
- MOTOR: sumergible asíncrono monofásico, para servicio continuo.
 TOP MULTI: monofásico 220+240 V - 60 Hz con condensador e salvamotor térmico incorporado.
- AISLAMIENTO: clase F.
- PROTECCION: IP 68.
- MODELO REGISTRADO N° 72765.

LAS ELECTROBOMBAS ESTAN EQUIPADAS CON:

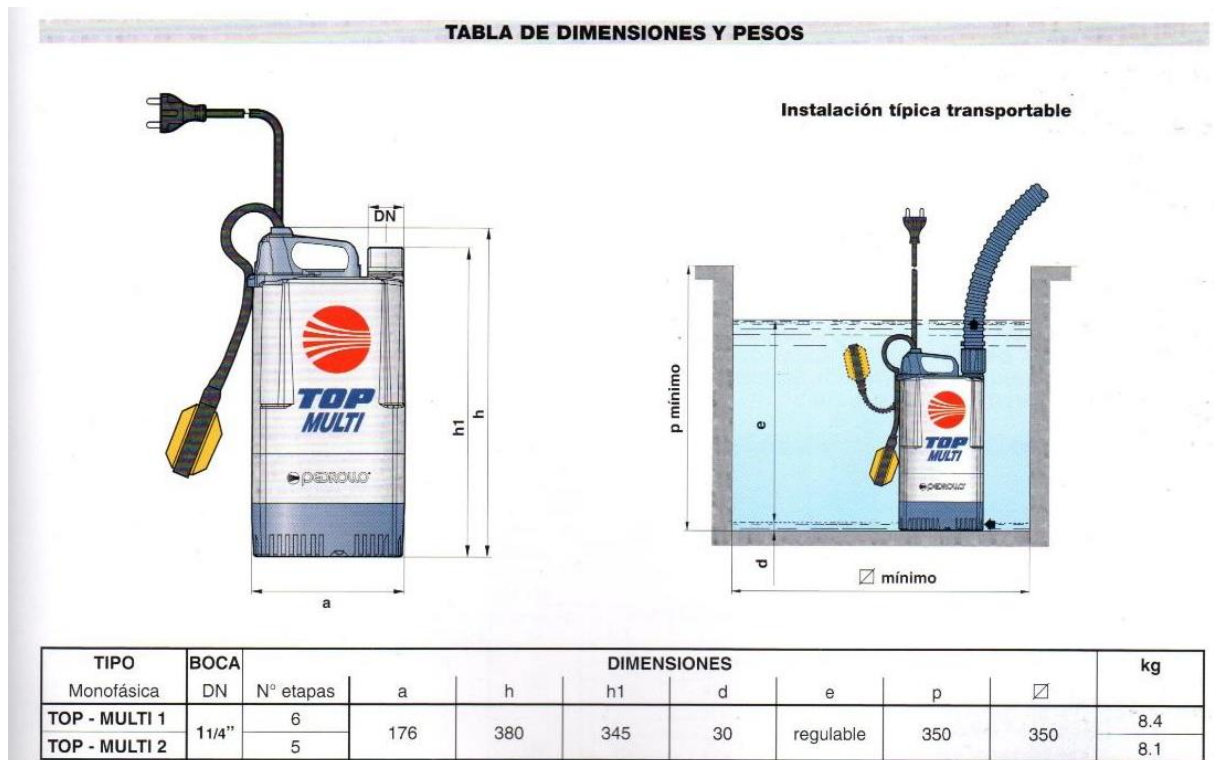
TOP-MULTI Interruptor flotante
 Cable de alimentación en neoprene "H07 RN-F" longitud 10 metros
 Prensacable.
 Manguito con válvula a clapet.

EJECUCION BAJO PEDIDO

⇒ otras tensiones o frecuencias

Tomada de (Pedrollo, n.d.).

Anexo 6. Tabla de dimensiones y pesos de la bomba Top Multi 1



Tomada de (Pedrollo, n.d.).

Anexo 7. Proforma de los elementos de la máquina por la Ferretería San Roque

FERRETERIA SAN ROQUE
GUARANGO ZAMORA ROMAN POLIVIO
R.U.C: 0101692630001
Teléfono: 072880536
PRO FORMA: RR-EX-00067416

CLIENTE: Byron Mogrovejo

R.U.C.:

DIREC.:

TELÉF:

FECHA: 25/02/2022

A continuación ponemos a su consideración la siguiente pro forma:

CODIGO	PRODUCTO	CANTIDAD	P.V.P	TOTAL
	VALVULA CHECK 1" R/W	1	31.2500	31.25
	VALVULA DE GLOBO 1"	1	9.5000	9.50
	UNION LASCO 1"	1	0.7500	0.75
	CODO LASCO 1*90	1	0.5800	0.58
	FILTRO DE TURBUENCIA	1	125.0000	125.00
	FILTRO CARBON ACTIVO	1	5.8000	5.80
	FILTRO DE ARENA	1	3.9500	3.95
	TANQUE DE RESERVA 1200LTR PLASTIGAMA	1	250.0000	250.00
	TUBO 1" PLASTIGAMA X6MTR	1	23.6600	23.66
			TOTAL	450.49
			IVA 12%	54.06
			TOTAL	504.55

Anexo 8. Proforma facilitada por la Empresa INTISA la cual manifiesta el costo de la construcción de acceso al pozo, Costo de la Bomba Sumergible Top Multi 1 y de la Membrana de Osmosis Inversa.

INTISA

A petición del Sr. Jordano Vivar

Mano de obra calificada

Estudio de Factibilidad en el que se analiza; profundidad, ubicación y coordenadas mediante GPS; todo esto, para saber en dónde y a que profundidad se encuentra el pozo acuífero.

La empresa está en capacidades de realizar el proceso con la técnica correcta, es capaz de solucionar imprevistos que se presenten durante el proceso, garantizan la estabilidad del pozo, realizan la evacuación correcta del aire comprimido para evitar posibles accidentes durante el proceso, etc.

El proceso consta de los siguientes pasos:

- Estudio de factibilidad
- Perforación
- Entubado
- Colocación de graba filtro
- Limpieza del pozo

Luego de todo este proceso, el pozo queda listo para la instalación de una bomba.

Tiempo del proceso:

Ensayo de factibilidad: 1 día.

Informe; 2-3 días

Perforación: 50m.: 20 días, 12m.: 8-10 días.

Valor aproximado: \$250-\$350.

Accesorios a petición:

Bomba Sumergible Top Multi 1: \$360

Membrana de Osmosis Inversa: \$350

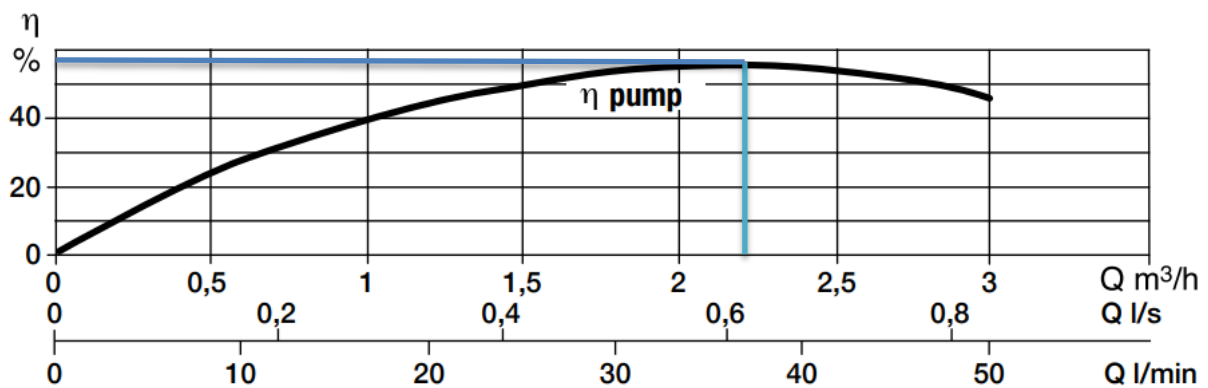
<https://www.intisa.net/>

Anexo 9. Coeficientes de pérdidas

Accesorios	k
Codo 90°	0.9
Codo 45°	0.40
Codo 11.25°	0.10.
Codo 22.5°	0.20
Entrada	0.5
Unión de Desmontaje	0.10
Unión de Gibault	0.40
Tee paso Directo	0.10
Medidor de Caudal	2.50
Válvula de mariposa	0.25
Válvula de Retención	2.5
Válvula Check	2.5
Válvula Ventosa	0.25
Valvula de Globo	2
Válvula Compuerta	0.20
Filtro de turbulencia	3.5
Filtro de Carbon	3.5
Filtro tipo membrane	4.5
Filtro de arena	2.5
Ampliación (Reducción Inversa)	0.30
Salida	1.2

Adaptado de (Choy Bejar, 2002)

Anexo 10. Cuadro para la obtención de la eficiencia de la bomba sumergible



Tomado de (DWT HOLDING SPA, 2018)