

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

APLICACIÓN DE SISTEMA DE DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR
PARA ABASTECIMIENTO DE DOMO GEODÉSICO

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN CONSTRUCCIÓN

Alumno:
LUIS PATRICIO CASTILLO MUÑOZ

Profesor Guía:
Sr. MAURICIO GALEAS SILVA

2020

RESUMEN

KEYWORDS: DEZALINIZACIÓN, OSMOSIS INVERSA, DOMO GEODESICO.

Actualmente el cambio climático ha llevado a que muchas localidades, regiones, comunidades se vean afectadas por uno de los bienes más importantes para la vida; el agua. Por otra parte, su escasez se debe al alto consumado desde las industrias, mineras, manufactura, procesos químicos, refrigeración, por nombrar algunos de ellos. Esto ha impulsado que desde varias décadas se vengán buscando soluciones que resuelvan la problemática de generar agua potable de una de la fuente más abundante en la tierra; el mar. Por lo que han nacido las desalinizadoras, están utilizan diversos sistemas que varían en funcionamiento, composición y costo.

En el presente se implementará el sistema de osmosis inversa, el cual funciona por medio de filtros compuestos por membras y estará alimentado por energía solar por medio de paneles solares que captan los rayos solares y la convierten en energía eléctrica.

Su diseño estará aplicado a un domo geodésico de dos plantas ubicado a las cercanías del mar, por lo que el diseño de una potabilizadora de agua solar se ajusta a las necesidades de abastecerse de agua dulce y potabilizada. El diseño contempla el uso de una potabilizadora de la marca H2Optima que funcionara durante las horas del día en donde hay luz solar, ya que no contempla el uso de baterías, pues se piensa en el mínimo mantenimiento y en la máxima autonomía. Para dicho diseño a implementar se toman en cuenta todas las fases para su funcionamiento, partiendo por la captación mediante una bomba solar la cual se alimenta de energía sola, pretratamiento por métodos de filtramiento, la generación de agua dulce por osmosis inversa y la distribución del agua generada hacia el interior de la vivienda por medio de una bomba con sistema hidroneumático a través de la red interior de agua fría y caliente.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1. Objetivo general

1.1.2. Objetivos Específicos

1.2. PLANTEAMIENTO PROBLEMA

1.2.1. Situación hídrica mundial

1.2.2. Situación hídrica en Chile

1.3. ESCENARIO ACTUAL DE LAS DESALINIZADORAS

1.3.1. Situación internacional

1.3.2. Situación en Chile

CAPITULO 2 : MARCO TEÒRICO

2. PROCESO DE DEZALINIZACIÒN CON ENERGÌA SOLAR

2.1. Tecnologías tradicionales de desalinizaciòn

2.1.1. Multi-Etapa Fash (MSF)

2.1.2. Destilación de múltiple efecto (MED)

2.1.3. Destilación con compresión de vapor (VC)

2.1.4. Electrodialisis(ED)

2.1.5. Destilación por Humidificación-Deshumidificación (HDH)

2.1.6. Ósmosis inversa (OI)

CAPITULO 3: Descripción e Implementaciòn del Sistema de Desalaciòn

3. PROCESO

3.1. CAPTACIÓN DEL AGUA MARINA

3.2. PRETRATAMIENTO POR FILTRACIÓN

3.3. OSMOSIS INVERSA

3.4. DISPOSICIÓN DEL AGUA DE RECHAZO

3.5. MANTENIMIENTO, LIMPIEZA Y CONSERVACIÓN

3.6. APARATOS UTILIZADOS

3.6.1. Tubería PVC

- 3.6.2. Bomba solar
- 3.6.3. Bomba diafragma 12 v 3.8 l/min
- 3.6.4. Potabilizadora de agua solar H2Optima
- 3.6.5. Estanque para agua 2.500 lts.
- 3.6.6. Bomba centrifuga y kit hidroneumático
- 3.7. IMPLEMENTACION A DOMO GEODESICO
- 3.7.1. Descripción de Domo Geodésico
- 3.8. DISEÑO RED DE AGUA POTABLE
- 3.8.1. Calculo consumo máximo instalado y consumo máximo probable
- 3.8.2. Calculo perdida de presión
- 3.8.3. Calculo diámetro tubería
- 3.8.4. Red de agua potable

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A: PLANOS DE IMPLEMENTACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

ANEXO B: PLANOS DE PLANTA DOMO GEODESICO

ÍNDICE DE FIGURAS

IMAGEN 1-1: Zonas críticas por escasez de agua.

IMAGEN 1-2: Niveles de demanda de agua a nivel mundial.....

IMAGEN 1-3: Niveles de demanda de agua en Chile

IMAGEN 1-4: Distribución de plantas desaladoras en el mundo.....

IMAGEN 1-5: Planta desaladora ubicada en Tocopilla, Región de Antofagasta

IMAGEN 2-1: Diagrama de flujo del proceso M.S.F

IMAGEN 2-2: Diagrama de flujo del proceso M.E.D.

IMAGEN 2-3: Diagrama de flujo del proceso V.C.

IMAGEN 2-4: Esquema general de una planta de electrodiálisis.....

IMAGEN 2-5: Diagrama de flujo del proceso H.D.H.

IMAGEN 2-6: Esquema proceso osmosis inversa.....

IMAGEN 3-1: Esquema bomba de captación de agua.

IMAGEN 3-2: Esquema protección bomba y fieltro geotextil.

IMAGEN 3-3: Diagrama Hidráulico para el equipo desalador.

IMAGEN 3-4: Diagrama expulsión agua de rechazo.

IMAGEN 3-5: PVC hidráulico.

IMAGEN 3-6: Bomba solar Anauger P100.

IMAGEN 3-7: Bomba diafragma 12v 3.8 l/min.

IMAGEN 3-8: Potabilizadora H2Optima.

IMAGEN 3-9: Estanque para agua potable 5.000 lts.....

IMAGEN 3-10: Bomba centrifuga y kit hidroneumático.

IMAGEN 3-11: Planta 1 y 2 nivel

IMAGEN 3-12: Planta 1 y 2 nivel.

IMAGEN 3-13: Isometría agua fría.

IMAGEN 3-14: Isometría agua caliente.

INDICE DE TABLAS

TABLA 3-1: Calculo consumo máximo instalado y probable.....

TABLA 3-2: Calculo perdida de presión agua fria.....

TABLA 3-3: Cuadro de cañerías de agua fría.

TABLA 3-4: Cuadro de cañerías de agua caliente.....

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLA

MSF	:	Multi-estapa flash
MED	:	Destilación de múltiple efecto
VC	:	Destilación en compresión de vapor
ED	:	Electridialisis
HDH	:	Destilación por Humidificación-Deshumidificación
OI	:	Osmosis inversa
V	:	voltio o volt
CIP	:	Cleaning In Place O limpieza insitu
HDPE	:	High Density Polyethylene o polietileno expandido de alta densidad
UV	:	Ultravioleta
RIDAA	:	Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado
QMI	:	Consumo máximo instalado
QMP	:	Consumo máximo probable
PVC	:	Policloruro de vinilo

B. SIMBOLOGÍA

cm	:	Centímetro
Lps	:	Litro por segundo
lt/día	:	Litro por día
lts	:	litros
l/min	:	Litros por minutos
m/s	:	Metros por segundo
mg/l	:	Miligramo por litro
psi	:	Libra de fuerza por pulgada cuadrada
HP	:	Horse Power
°c	:	Grado Celsius
%	:	Porcentaje

INTRODUCCIÓN

Si bien nuestro planeta está casi en un 70% cubierto por agua, esta corresponde sólo el 2.5% es dulce y el 97.5% restante es salada. Además, casi el 70% del agua dulce está congelada en glaciares y el resto en la humedad del suelo o yace en las profundidades de la tierra en las capas acuíferas inaccesibles para el hombre.

Hoy en día estos niveles de agua dulce apta para el consumo han ido en decadencia, esto por vario factores que junto con el cambio climático y niveles de contaminación han llevado a que la preocupación por el recurso base de la vida aumente, es por esto se estima que el año 2025 dos tercios de la población mundial probablemente vivan en países con escasez moderada o severa de este recurso.

La preocupación ha impulsado que la industria de generar agua dulce de la fuente más abundante que es el mar hayan desarrollado diversos tipos de tecnologías que buscan aprovechar este recurso, sin embrago por el elevado precio y la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento se limita a cierta zonas y áreas, por ejemplo en nuestro país se ha masifica en la industria minera, la cual depende de grandes cantidades de agua para llevar a cabo los proceso para producir los diferente minerales que se extraen, también se ha globalizado en algunas ciudades nortinas que se abastecen casi en su totalidad de agua dulce para uso doméstico producida por desalación.

Por todo lo anterior mencionado en el presente trabajo se desarrollará el diseño por medio del sistema de desalinización por osmosis inversa para abastecer de agua potable a una vivienda unifamiliar con un diseño de domo geodésico. A este sistema se le suma que será alimentado por energía producto de paneles fotovoltaico, lo cual la convierte en una gran alternativa a la hora de pensar en el impacto ambiental al usar estos sistemas.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

El presente trabajo tiene por finalidad realizar un estudio de aplicación de sistema de desalinización de agua de mar para el abastecimiento de una vivienda geodésica de dos niveles, teniendo en cuenta los beneficios que presenta la utilización de estos sistemas y la accesibilidad de agua potable para aquellas comunidades que lo necesitan.

1.1.OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación, se presentará los objetivos que se desean alcanzar en la presente aplicación, obteniendo los resultados correspondientes a la factibilidad del sistema y la aplicación para el diseño de red de agua potable. Estos se dividen en objetivos generales y objetivos específicos.

1.1.1. Objetivo general

- El objetivo general de este trabajo es diseñar y construir un equipo de desalinización por método de Osmosis Inversa (OI) acoplado con energía solar, para su aplicación en domo geodésico destinado para uso habitacional, de bajo costo, mantención sencilla y vida útil significativa.

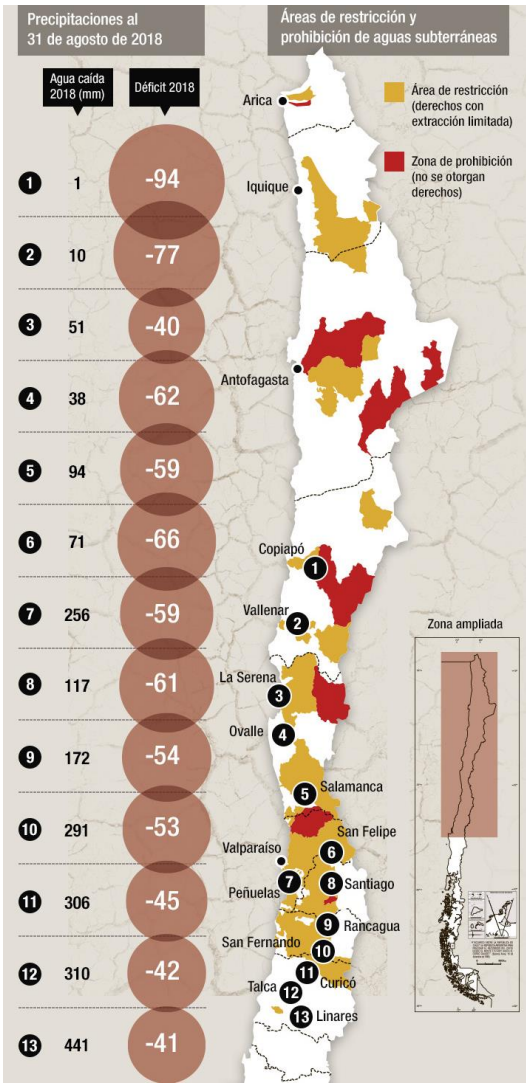
1.1.2. Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un estado del arte que incluya las tecnologías de desalinización más utilizadas, para estar al tanto de las opciones que frecuentemente se usan.
- Explicar el sistema de generación por Osmosis Inversa, para aprender a grandes rasgos en que consiste este tipo de extracción de agua dulce.
- Seleccionar, dimensionar y especificar componentes adecuados para el sistema de desalinización y el suministro de energía solar para una operación autónoma.
- Explorar el diseño y componentes de un generador de agua dulce por Osmosis Inversa, para estar en pleno conocimiento de cómo se compone y que función le brinda cada pieza al sistema.
- Aprender a como dar mantención a un sistema de desalinización al vacío y evitar así la destrucción, como también la baja durabilidad del equipo.

1.2. PLANTEAMIENTO PROBLEMA

El cambio climático y el calentamiento global, junto con las emisiones, contaminación han llevado a generar que las lluvias hallan ido disminuyendo a en diversas zonas donde antaño eran frecuentes, además que el recurso se ha visto disminuido o contaminado por las industrias, por lo que ha llevado a las comunidades y países a generar alertas por la escasez hídrica e implementar proyectos que buscan generar agua dulce a partir de aguas contaminadas y/o saladas.



FUENTE: Emol.cl

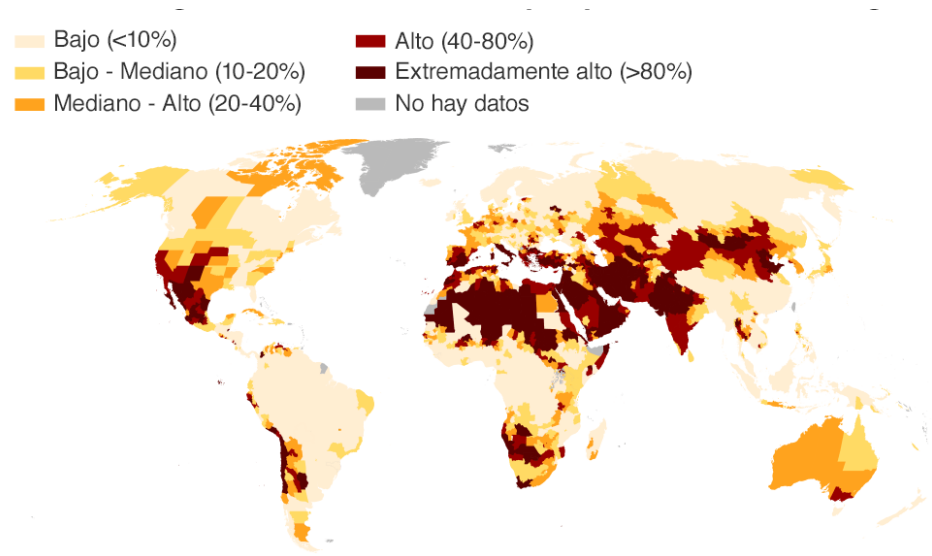
IMAGEN 1-1: Zonas críticas por escasez de agua.

1.2.1. Situación hídrica mundial

La demanda del agua se ha multiplicado en 6 veces en los últimos 100 años, debido a la fuerte importancia en el área de la agricultura, industrias, mineras, etc. a nivel mundial. Se prevé que el uso de agua siga aumentando a nivel mundial en función del aumento de población, el desarrollo económico y los patrones de consumo cambiantes, entre otros factores.

Actualmente Casi un tercio de la población global, cerca de 2.600 millones de personas, vive en países en situación de estrés hídrico "extremadamente alto", incluyendo 700 millones de personas en el mundo las que no tienen acceso al agua y 1.700 millones de personas en 17 naciones con "escasez extremada de agua"

El cambio climático está acelerando la escasez hídrica tanto a nivel mundial como en el país y todos los panoramas apuntan hacia una mayor presión sobre el recurso, ya sea para la extracción minera, agricultura o abastecimiento de agua potable.



FUENTE: sostenibilidad.semana.com/

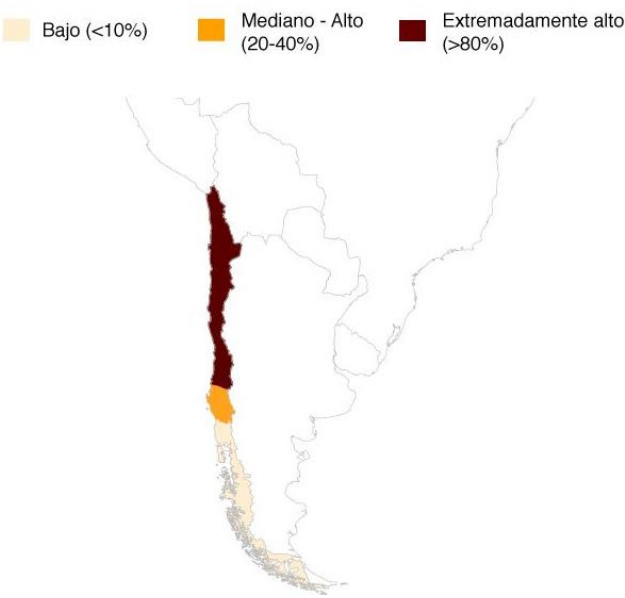
IMAGEN 1-2: Niveles de demanda de agua a nivel mundial

1.2.2. Situación hídrica en Chile

La escasez hídrica y sequía viene azotando hace ya más de 1 década a varias regiones del territorio chileno, en la actualidad, ya son seis las regiones de Chile que se encuentran bajo decreto de Emergencia Agrícola y Escasez Hídrica entre el norte y el centro del país. Para hacer frente a esta realidad, el gobierno busca impulsar proyectos de desalinización de agua, lo que ha generado que existan funcionando 24 plantas y sistemas de impulsión de agua de mar, los cuales producen 5.570 litros por segundo de agua potable a partir de agua de mar. y 22 proyectos en diferentes etapas de desarrollo. Estas cifras se pretenden aumentar en 160% en un plazo de 5 años más.

Este proceso para generar agua potable a partir de agua de mar, ya se viene utilizando en gran medida en la zona norte de Chile, principalmente en la minería y las industrias, con los cual con ese tipo de tecnología buscan garantizar el acceso a agua y dar continuidad operacional a las faenas. Ambos sectores representan, en conjunto, el 65,2% del total de plantas instaladas y el 82,4% de la capacidad total de desalinización.

Mientras que para uso domiciliario en la ciudad de Antofagasta presenta la mayor concentración de plantas, por ejemplo, LA CHIMBA que abastece en un 85% las necesidades de agua potable de consumo básico con una producción de 73.440 m3/d, la cifra se pretende aumentar para 2020, convirtiéndose en la primera ciudad de América Latina cuyo suministro será 100% con agua desalada.



FUENTE: www.bbc.com/

IMAGEN 1-3: Niveles de demanda de agua en Chile

1.3. ESCENARIO ACTUAL DE LAS DESALINIZADORAS

Debido al interés de generar agua dulce a partir de agua salada, y teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico, ha llevado a que la preocupación social frente a la escasez vaya creciendo, por lo que ha impulsado la creación de múltiples plantas desalinizadoras repartidas en el mundo, no obstante, nuestro territorio no se ha quedado atrás, ya que también ha escogido esta alternativa como solución a la falta de agua.

1.3.1. Situación internacional

Si bien la técnica de desalinización o desalación se conoce desde la Edad Media, ha sido en estos últimos treinta años donde ha crecido de manera exponencial el número de este tipo de infraestructura, actualmente existen alrededor de 20.000 plantas repartidas en los 5 continentes, siendo Arabia Saudí uno de los países líder en desalinización de agua del mar. En este país cuatro de cada cinco litros que se consumen provienen de plantas desalinizadoras, seguido en la lista por Emiratos Árabes, Libia, Kuwait, Qatar, Estados Unidos, Japón y España.

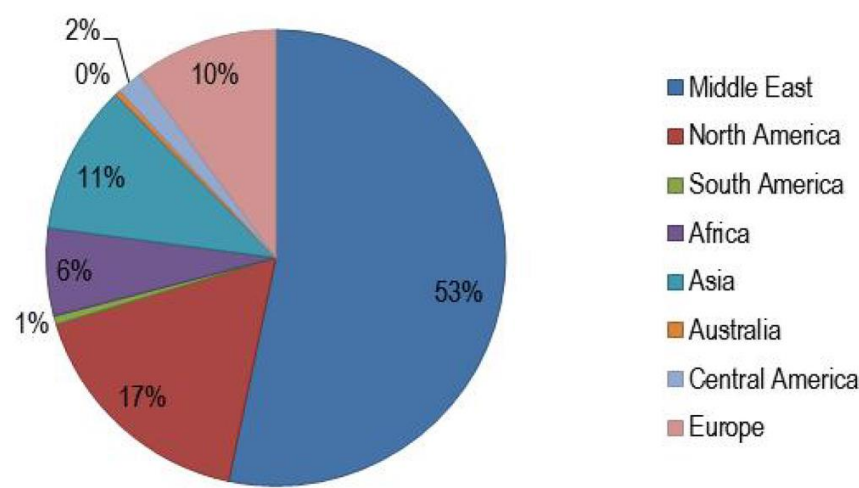
Este último no se ha quedado atrás, ya que fue uno de los impulsores en el uso de esta tecnología, el cual en 1965 en Lanzarote se construyó la primera la que funcionaba con la tecnología de evaporación, a través de la energía solar, que hoy apenas se utiliza, y que ha sido sustituida por la de ósmosis inversa. Posteriormente en Las Palmas de Gran Canaria se construyó la primera desalinizadora de España con el método de ósmosis inversa en 1971. Actualmente cuenta con 765 plantas, de ellas, 360 son desaladoras de agua de mar y 405 de agua salobre, las que juntas producen alrededor de 5.000.000 de m³/día de agua desalada para abastecimiento, riego y uso industrial.

Si bien el principal uso que tiene el agua desalada es el abastecimiento, los usos industriales y agrícolas no son despreciables. De hecho, el uso del agua desalada para riego agrícola es bastante destacable respecto al de otros países y se ha extendido mucho más y antes que en otros lugares del mundo.

La técnica más utilizada actualmente a nivel mundial para desalar agua es la Ósmosis Inversa, que alcanza casi el 70% del total; seguida de la Evaporación Instantánea

Multietapa (MSF) 18%, la Destilación Multiefecto (MED) 7%, la Nanofiltración (3%) y por último la Electrodialisis (2%).

Respecto al tipo de fuente de energía para la industria desalinizadora, la mayor parte de la industria está instalada en lugares donde la energía convencional (fósil) es abundante y barata, como ocurre en el Arabia Saudita (17% de la producción mundial) y Emiratos Árabes Unidos (13,4% de producción mundial). Sin embargo, esta situación no se repite en el resto del mundo con escasez, por lo que las fuentes de energía renovables, como por ejemplo la energía solar son una alternativa válida y más viables.



FUENTE: www.iagua.es

IMAGEN 1-4: Distribución de plantas desaladoras en el mundo

1.3.2. Situación en Chile

El proceso de desalinización en Chile data de la mitad del siglo IX, precisamente las primeras desaladoras del mundo fueron creadas en la región de Atacama. En 1872 fue creada la primera desaladora solar en las oficinas salitreras de Las Salinas, posteriormente entre esa fecha y 1907 fueron construidas otras dos plantas solares en la Oficina Domeyko y Sierra Gorda. Dichas fueron fabricas por ingenieros británicos y eran capaz de producir 18927 litros de agua desalada por día. Sin embargo, luego del boom del Salitre se extinguió rastro de las existencias de las instalaciones de estos sistemas.

Fue hasta fines de los 90` cuando comenzó a ganar el interés de esta tecnología para obtención de agua, pues en unos años posteriores se investigó la prefactibilidad del sistema y fue hasta 1998, en enero de ese año que se construyeron 2 plantas, una en San Pedro de

Atacama para abastecimiento de agua potable rural, y otra desaladora fue instalada en Arica para procesar aguas salobres. En 2003 se construyó la primera planta por osmosis inversa en Antofagasta la cual era capaz de producir 50 litros de agua por segundo, para abastecer la comunidad de la ciudad nortina.

Actualmente Tocopilla, es la única ciudad de mayor población de América latina en abastecer en un 100% a la población con agua desalada, está a cargo de la empresa La sanitaria Aguas Antofagasta, la que puede generar 75 litros de agua por segundo (lps), ampliables a 100 lps. Adicionalmente existen en Chile 18 plantas de osmosis inversa instaladas en sistemas de agua potable rural, ubicadas en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Coquimbo y Aysén, cuyas fuentes corresponden principalmente a pozos. Asimismo, hay otros 22 proyectos en diferentes etapas de avance.



FUENTE: revistamarina.cl

IMAGEN 1-5: Planta desaladora ubicada en Tocopilla, Región de Antofagasta

CAPITULO 2 : MARCO TEÒRICO

2. PROCESO DE DEZALINIZACIÓN CON ENERGÍA SOLAR

Para generar agua dulce a través de tecnologías de desalinización se necesita una cantidad de energía que rodea 3,2 kilovatios por cada m³ producido, el problema está en que los lugares cercanos a zonas costeras no cuentan con accesibilidad a la red eléctrica, por lo que se implementa como solución el uso de energía solar para generar energía eléctrica, esto se hace por medio de paneles solares los que captan la radiación mediante celdas fotovoltaicas y la transforman en corriente. La mayor parte de los paneles fotovoltaicos están hechos a base de silicio en su mayoría para su posible transformación. Cuando la luz del sol incide en una de las caras de la célula solar es capaz de generar corriente eléctrica. El proceso de fabricación de las placas es laborioso y a la vez complicado por el silicio que contienen.

2.1. TECNOLOGÍAS TRADICIONALES DE DESALINIZACIÓN

Dentro de las tecnologías utilizadas para desalar agua, son variadas, las cuales su uso depende del tipo de método utilizado, ya sea a través de membranas, a partir de vapor, entre otras, los costos asociados a su funcionamiento, etc. Los diferentes métodos de desalinización se describen a continuación.

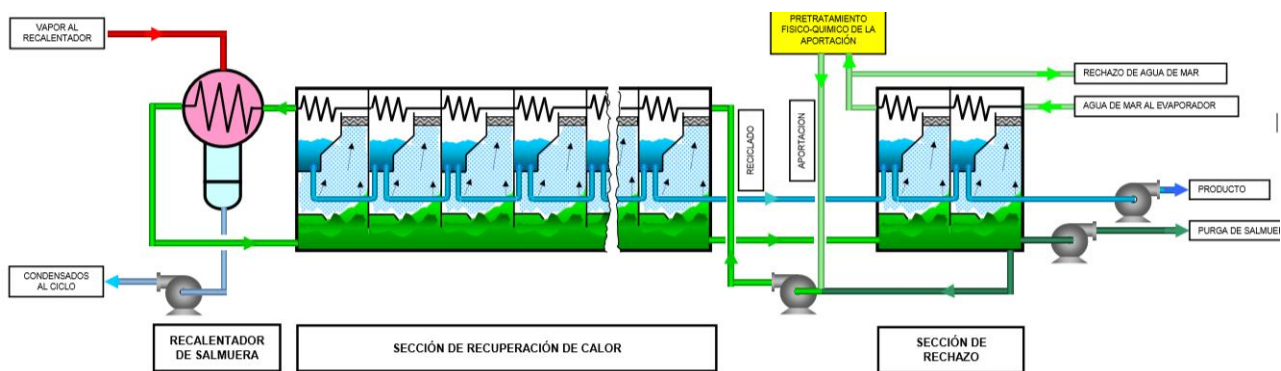
2.1.1. Multi-Etapa Flash (MSF)

El proceso MSF o también conocido como evaporación súbita por efecto flash o por sus siglas en inglés M.S.F. que corresponde a Multistage Flash Evaporation.

La idea de este método de desalinización es destilar el agua de mar y condensar el vapor obtenido, recuperando el calor latente para así seguir calentando y evaporando agua de mar. El proceso consta en introducir agua de mar en cámaras (etapas) que tienen diferentes temperaturas y diferentes presiones que se van reduciendo progresivamente, correspondientes a los puntos de ebullición del agua a las temperaturas de la etapa.

Al generarse el paso del agua entre cada etapa, esta se introduce a través de un orificio a la etapa que se encuentra con una presión inferior a la saturación provocando que una parte del agua se evapore de forma “instantánea”. Debido a la naturaleza violenta y turbulenta de la evaporación, el área de la superficie del agua expuesta aumenta beneficiando la producción de vapor. El vapor así producido pasa a través de mallas que separan el vapor de gotas de salmuera arrastrada por el vapor.

Posteriormente el vapor se condensa en la superficie exterior del condensador de la etapa, goteando a la bandeja que hay debajo del haz de tubos donde se recoge.



FUENTE: EcoAgua.cl

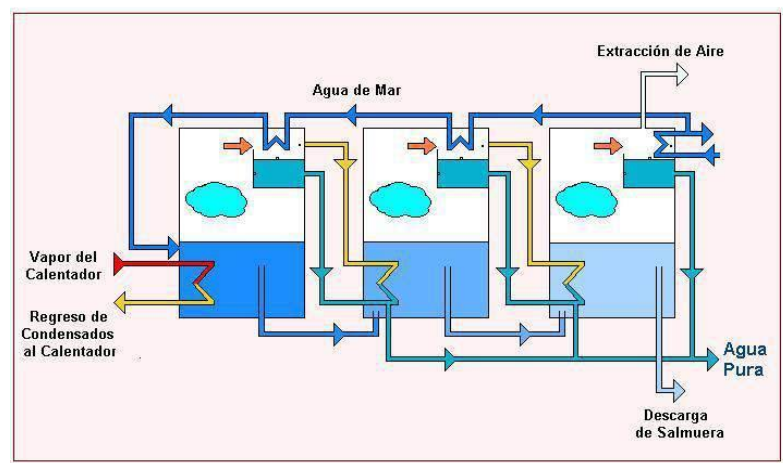
IMAGEN 2-1: Diagrama de flujo del proceso M.S.F

2.1.2. Destilación de múltiple efecto (MED)

El proceso del sistema MED es similar al sistema MSF, al igual que su reciproca consta de varias etapas en serie para disminuir la temperatura y la presión en forma consecutiva, en cada etapa el agua de alimentación se calienta mediante vapor de agua en tubos, generalmente por pulverización de agua salina en ellos. Una parte del agua se evapora, y este vapor fluye en los tubos de la siguiente etapa (efecto) para así ayudar a calentar y evaporar más agua. Cada etapa reutiliza esencialmente la energía de la etapa anterior, con temperaturas sucesivamente inferiores y presiones más bajas después de cada uno. Además, entre las etapas de este vapor utiliza un poco de calor a través de un precalentador para precalentar el agua salina entrante.

La primera etapa es alimentada con vapor externo y en el resto de las etapas se va utilizando el calor de condensación del vapor producido por la etapa anterior. De esta

forma, se va elevando la temperatura del agua del mar, hasta la temperatura del vapor de alimentación. Simultáneamente, el condensado (agua desalada) va perdiendo temperatura hasta igualar, en la salida del proceso, a la del mar. Este proceso se realiza en un vacío constante en todas las etapas, aproximadamente, equivalente a un punto de ebullición de 33°C.



FUENTE: docplayer.es

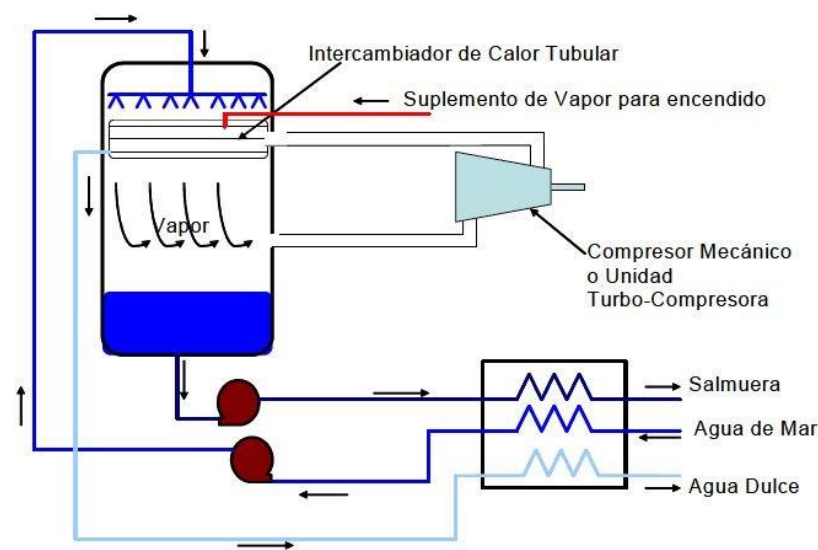
IMAGEN 2-2: Diagrama de flujo del proceso M.E.D.

2.1.3. Destilación con compresión de vapor (VC)

El sistema de compresión de vapor consiste en evaporar el agua del mar, al aumentar la temperatura de condensación de vapores mediante un compresor y su posterior condensación en un intercambiador de calor, enfriado con la misma agua evaporante. En la primera parte el agua de mar ingresa a una Cámara donde coexiste agua de mar en fase líquida y vapor. La evaporación se produce en la parte más baja de la cámara, previa eliminación de los gases incondensables (aire) mediante una bomba o eyector de vacío, luego el vapor se extrae por medio de un compresor, el cual incrementa la temperatura y la presión del vapor haciéndolo circular por el interior de los tubos condensadores. El vapor condensa el calor a la cámara para producir la destilación dentro de la cámara. Luego el agua que ha sido condensada se retira del sistema.

En el proceso el calor necesario para llevar el agua de mar a ebullición se obtiene directamente del vapor que es removido del evaporador y reinyectado en la primera etapa

luego de ser comprimido para elevar su temperatura de saturación. Cabe destacar que la compresión del vapor puede ser efectuada por un compresor mecánico (plantas de CMV) o por un termocompresor (plantas de CTV).



FUENTE: desalinizaciondelagua.wordpress.com

IMAGEN 2-3: Diagrama de flujo del proceso V.C.

2.1.4. Electrodialisis (ED)

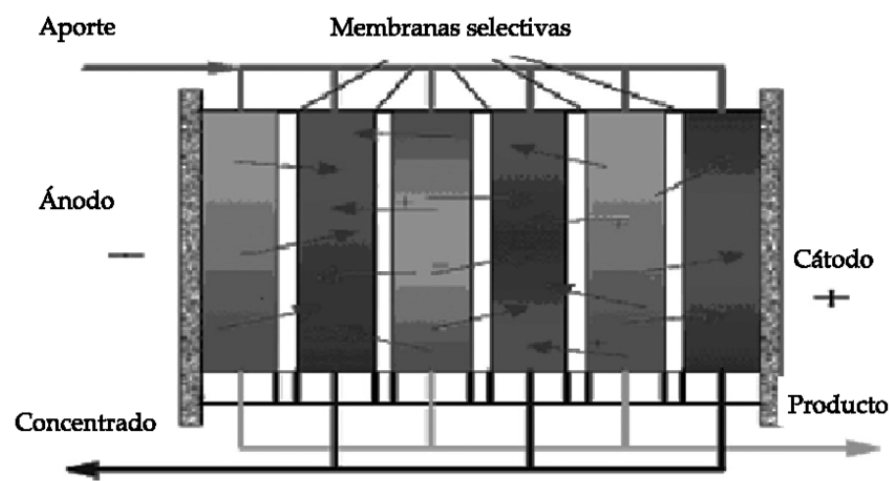
El proceso de electrodiálisis consiste en la separación de los iones a través de membranas adecuadas de intercambio iónico utilizando la energía eléctrica como fuerza impulsora para el intercambio iónico.

Las membranas dispuestas una al lado de la otra es catiónicas o aniónicas, lo cual básicamente indica qué iones, ya sean positivos o negativos, fluirán a través. Las membranas selectivas de cationes son polielectrolitos con materia negativamente cargada, que rechaza los iones con carga negativa y permite fluir a los iones con carga positiva.

Al colocar múltiples membranas en una fila, que permitan fluir iones con carga positiva o negativa alternativamente, los iones pueden ser removidos desde el agua residual. En algunas columnas la concentración de iones tendrá lugar, y en otras columnas los iones

serán removidos. el flujo concentrado de agua salada se circula hasta que alcanza un valor que permite la precipitación. En este punto el flujo se descarga.

La energía eléctrica aplicada permite que la transferencia de los iones sea desde la solución menos concentrada hacia la solución más concentrada.



FUENTE: researchgate.net

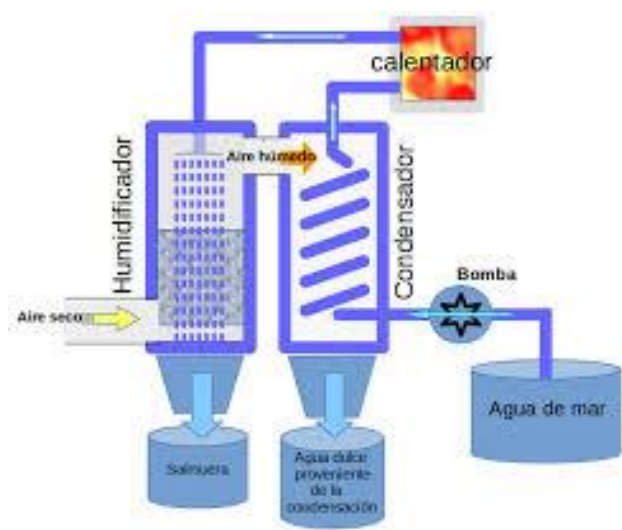
IMAGEN 2-4: Esquema general de una planta de electrodiálisis

2.1.5. Destilación por Humidificación-Deshumidificación (HDH)

Se basa en la evaporación de agua de mar o agua salobre y posterior condensación del aire húmedo generado, en su mayoría a presión ambiente. Este proceso imita el ciclo del agua, ya que el agua de mar se calienta (por radiación solar) y humidifica el aire que actúa como transportador. Este aire humedecido se levanta y forma nubes. Las nubes son transportadas a los valles y montañas, para finalmente “deshumidificar” como lluvia.

El sistema busca aprovechar el calor latente de la condensación y reutilizarlo para calentar el agua de alimentación, la cual ingresa al deshumidificador (condensador), donde el agua es precalentada por el aire caliente húmedo, luego es calentada por los colectores solares (puede ser de forma directa o indirecta, es decir, ingreso en los colectores solares o por medio de un intercambiador de calor). Luego el agua caliente ingresada al humidificador donde se pone en contacto con aire, aquí el flujo de aire aumenta su humedad y temperatura evaporando parte del agua y quitándole parte de la energía mediante calor latente de evaporación. Luego, ese flujo de aire saturado en humedad es transportado al

deshumidificador donde es enfriado por lo que parte del agua contenida en el aire se condensa, obteniéndose así el destilado final del proceso y precalentado el agua de alimentación. El aire a mayor temperatura puede transportar más agua en forma de humedad, por lo que el proceso se incrementa si se le añade energía externa a este, ya sea para calentar agua, el aire o ambas. Esta energía puede provenir de colectores solares de agua y/o aire. En la figura 2-2 muestra los componentes principales de un equipo desalinizador HDH, donde destacan el humidificador, deshumidificador y colectores solares.



FUENTE: edutecne.utn.edu.ar//

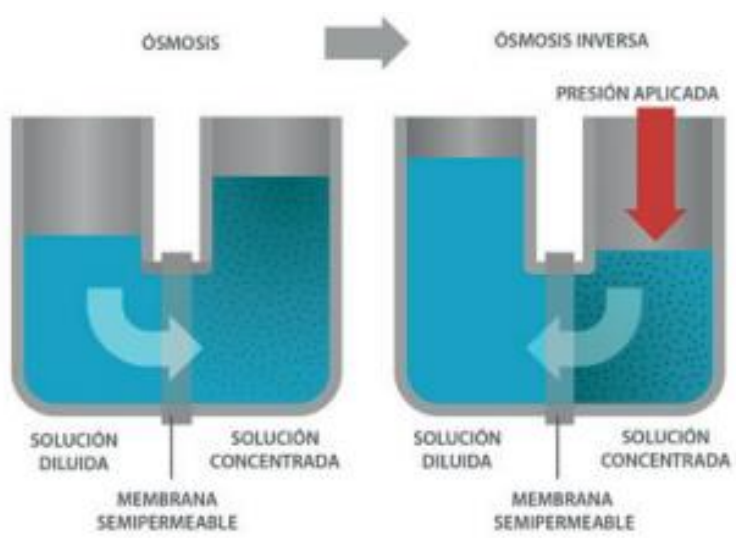
IMAGEN 2-5: Diagrama de flujo del proceso H.D.H.

2.1.6. Ósmosis inversa (OI)

El proceso de desalación de agua de mar por osmosis inversa requiere de una membrana semipermeable, generalmente de poliamida o acetato de celulosa, esta tiene una permeabilidad alta respecto al agua y baja respecto a las sales, permitiendo el paso de agua, pero no de sales, existiendo un flujo natural de agua de la parte menos concentrada a la parte más concentrada. Entre ambos lados de la membrana se produce un diferencial de presión y de altura denominada presión osmótica, capaz de separar tales componentes sin requerir cambio de fase. Dicha presión se genera por medio de accionar una bomba(accionadas eléctricamente) que aumenta la presión del agua de alimentación hasta el valor requerido, dicha presión externa es mayor a la presión osmótica de una disolución respecto de otra, el proceso se puede invertir, haciendo circular el solvente desde la solución más

concentrada y a la solución con menor concentración, obteniendo finalmente un agua de pureza admisible. Dicho proceso es inverso al proceso natural, por eso su nombre.

Una desventaja significativa respecto a los procesos térmicos es que esta tecnología exige que los niveles de sólidos en suspensión y materia viva (materias, algas, etc.) existente en el agua a tratar, sean lo mas pequeños posibles para evitar un rápido desgaste de la membrana, por lo que se necesita un sistema de pretratamiento físico-químico semejante al utilizado en las plantas de tratamiento y producción de agua potable, sin embargo esto se compensa con su principal cualidad es que es de bajo costo.



FUENTE: aguassanpedrodeatacama.cl

IMAGEN 2-6: Esquema proceso osmosis inversa

**CAPITULO 3: DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
DESALACIÓN**

3. **PROCESO**

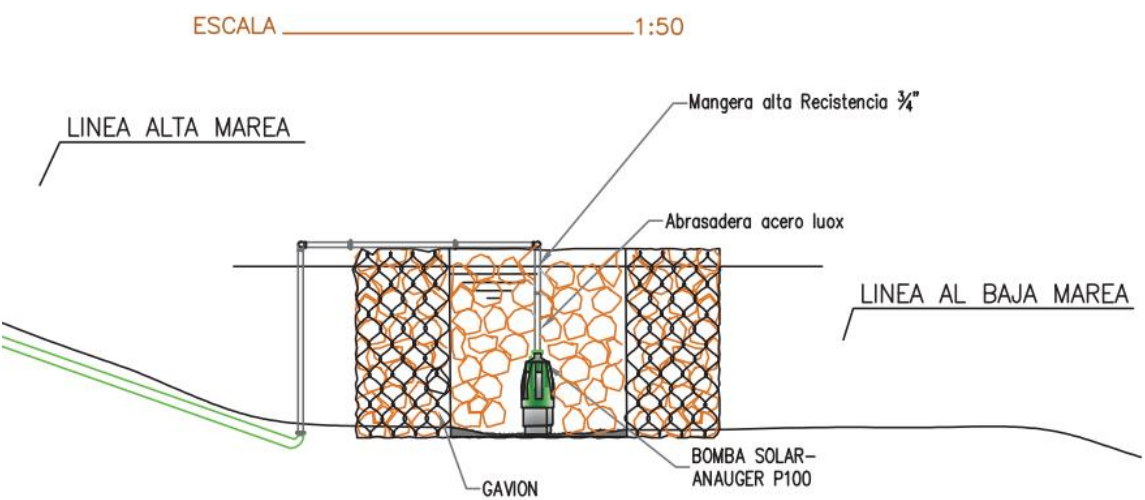
El detalle del proceso que se lleva a cabo en la planta desalinizadora por Osmosis Inversa del proyecto se describe a continuación:

3.1. **CAPTACIÓN DEL AGUA MARINA**

La obtención del agua marina se realiza a través de una toma superficial a través de sistema de captación abierta, por medio de una bomba solar sumergida, dispuesta a 100 cm. de profundidad en un sector protegido y acondicionado mediante gaviones, ubicado en la zona intermareal (área bajo la línea de alta marea y sobre la línea de baja marea).

Otra opción recomendable para la captación de agua es mediante un pozo y una puntera situada en el sustrato arenoso, en la zona de playa. En estas condiciones el sustrato constituye una primera barrera a la entrada de sedimentos y otros elementos particulados al agua captada.

A partir de este punto, las tuberías conducen el agua, impulsadas por la bomba, hasta el estanque de almacenamiento de agua marina que a su vez alimenta la planta desalinizadora.



FUENTE: Programa Hidrológico internacional de la UNESCO para América latina y el Caribe.

IMAGEN 3-1: Esquema bomba de captación de agua.

3.2. PRETRATAMIENTO POR FILTRACIÓN

El objeto del pretratamiento en las plantas de desalación es adecuar las características físico-químicas y biológicas del agua captada a las necesidades del proceso de desalación, para evitar de ese modo, la corrosión, la formación de incrustaciones y, en definitiva, el deterioro prematuro de los equipos. El pretratamiento es una parte fundamental del proceso de desalación, pues los sólidos en suspensión de mayor tamaño podrían dañar los capilares de las membranas, por lo que es fundamental retenerlas en el pretratamiento de forma eficaz y con un mecanismo que sea capaz de eliminarlas por el drenaje del sistema, es por esto por lo que su diseño condiciona de una manera muy importante los costes de mantenimiento y de explotación de la planta desaladora.

Previo al tratamiento efectuado en el proceso de osmosis inversa y bajo las condiciones de trabajo, se optó por adicionar una serie de procesos de tratamiento previo del agua salada en el que se incluyó en primera fase la filtración del agua por medio de gaviones y posteriormente la protección de la bomba sumergida en el punto de captación de agua salada, mediante tubería que cuenta con perforaciones, permitiendo el paso del agua a través de ella, con un diámetro suficiente para cubrir totalmente la bomba, y el recubrimiento del conjunto por una manta geotextil no tejido permeable, destinada a evitar o aminorar el ingreso de materia orgánica, finos o partículas sólidas al ducto de conducción y al estanque de almacenamiento de agua salada.

Después de esto, el agua obtenida se conduce a un estanque de almacenamiento de agua salada, proceso en el cual se realiza la aplicación de hipoclorito de sodio mediante un dosificador automático, a fin de eliminar así la carga biológica presente en el agua.

Posteriormente, el agua de alimentación almacenada en el estanque de agua salada ingresa a la potabilizadora con una baja presión, donde le es adicionada una solución de metabisulfito de sodio, esto con el propósito abatir los cloruros presentes en el agua como consecuencia del tratamiento anterior.

Proceso seguido, se aumenta la presión del agua conducida mediante una bomba impulsora (Bomba diafragma 12 V 3.8 l/min) para ser filtrada, pasando a través de un filtro multicapa de 20 micras y luego un filtro de 5 micras, posteriormente ingresa al equipo desalador (potabilizadora de agua solar H2Optima) con una presión entre los 25 y 35 psi (presión de trabajo del equipo) llegando a un separador de aire.



FUENTE: Programa Hidrológico internacional de la UNESCO para América latina y el Caribe.

IMAGEN 3-2: Esquema protección bomba y fieltro geotextil.

3.3. OSMOSIS INVERSA

Posteriormente que el agua de alimentación haya sido filtrada y habiendo pasado por el separador de aire, ingresa al área de alta presión, donde la bomba principal aumenta la presión a 700-800 psi impulsando el agua hacia las membranas de osmosis inversa, que producirán la cantidad de agua producto requerida por el proyecto.

Como resultado de la osmosis inversa, se obtiene: Agua producto y agua rechazo (salmuera). El regulador de contrapresión controla la presión y automáticamente la mantiene en el nivel requerido para que se produzca la osmosis inversa en la zona de membranas. La salmuera es evacuada del sistema a través de la conexión de descarga de salmuera y vuelve al mar.

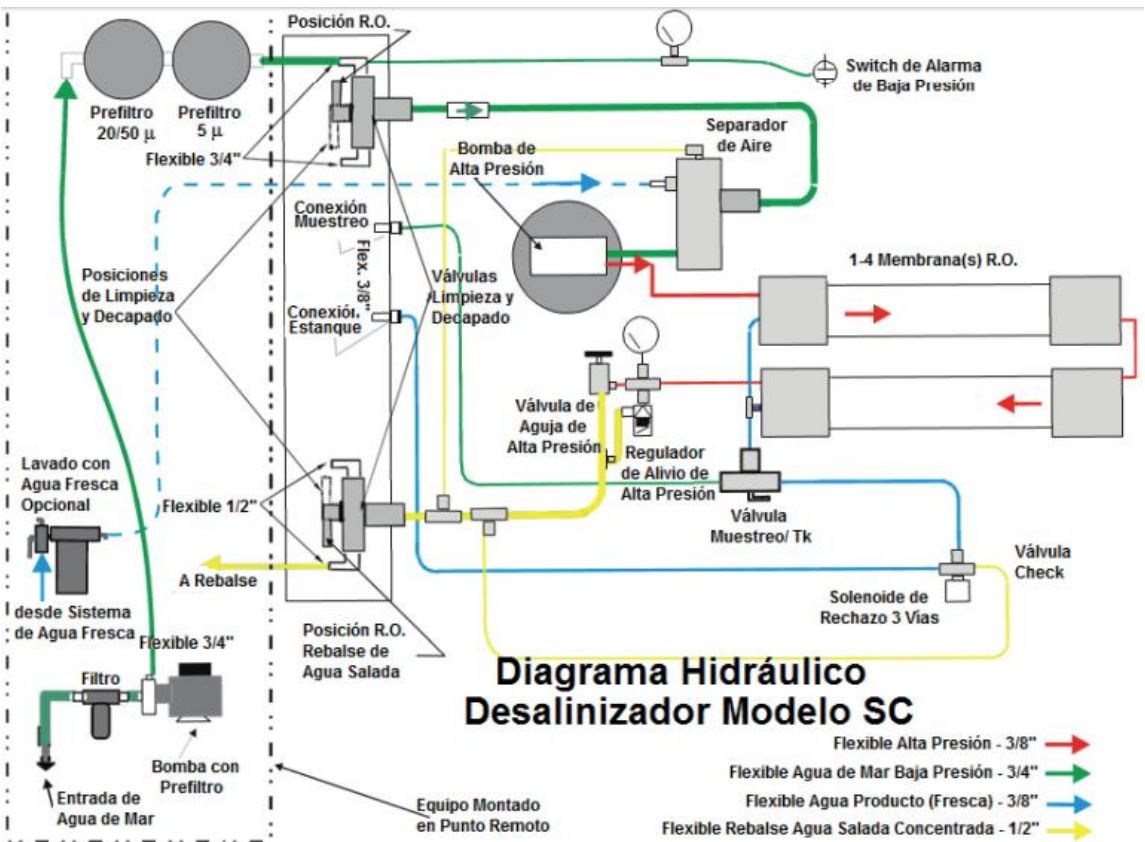
El agua producto fluye a través de la membrana de Osmosis Inversa siendo el proceso controlado mediante un sensor de salinidad (monitor de sólidos disueltos totales) el que se ajusta automáticamente, y registra electrónicamente el contenido de sal del agua producto. Inmediatamente después de esto el agua dulce producida pasa a través de un flujómetro de agua producida, el que va indicando el caudal producido por el sistema.

Si eventualmente el monitor de sólidos disueltos totales registra una salinidad en el agua producto superior a la establecida inicialmente por el operador, automáticamente esta se conduce al sistema de rechazo de la planta, alertando correspondientemente al operador a fin de que se tomen las medidas pertinentes que corrijan la situación anómala.

Una vez terminado el proceso de osmosis inversa, y obtenido agua producto, ésta es enviada al estanque de almacenamiento de agua potable, recibiendo una aplicación de

solución de hipoclorito de sodio para su potabilización, según lo especifica la Norma Chilena de Agua Potable.

El rendimiento de agua producto depende de la concentración de sales (determina la Presión osmótica), temperatura, valencia iónica, tamaño de moléculas, tendencias de unión con hidrogeno. Un parámetro fundamental dentro del proceso de osmosis inversa es la presión osmótica, la que representa la presión necesaria para que el disolvente de una solución fluya a través de una membrana semipermeable. Por otra parte, la temperatura afecta de manera importante el flujo del agua a través de la membrana, al incrementar la temperatura, el transporte de agua y de sales incrementa exponencialmente, mientras que el rechazo de sales se reduce ligeramente.

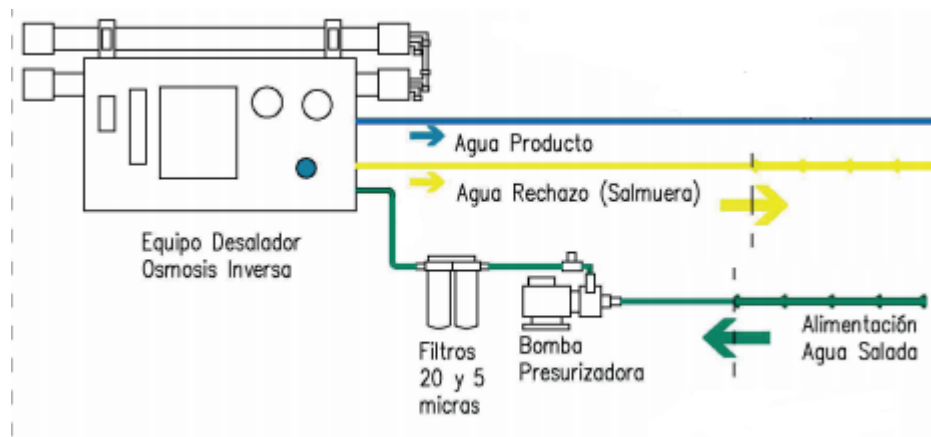


FUENTE: Programa Hidrológico internacional de la UNESCO para América latina y el Caribe.

IMAGEN 3-3: Diagrama Hidráulico para el equipo desalador.

3.4. DISPOSICIÓN DEL AGUA DE RECHAZO

El producto de rechazo del proceso de osmosis inversa el cual corresponde a la salmuera contiene elementos que pueden ocasionar problemas ambientales, en el caso de las plantas desalinizadoras de agua de mar el producto contiene una concentración de sólidos disueltos totales entre 70.000 y 80.000 [mg/L], al igual que un pH de entre 7 y 9. Por lo tanto, dicho producto de rechazo tiene que recibir cierto tratamiento para poder ser devuelto al medio ambiente o ser devuelto hacia el mar abierto por medio de difusores que permitan disminuir a concentraciones similares a la natural como ciertos estudios españoles sugieren.



FUENTE: Programa Hidrológico internacional de la UNESCO para América latina y el Caribe.

IMAGEN 3-4: Diagrama expulsión agua de rechazo.

3.5. MANTENIMIENTO, LIMPIEZA Y CONSERVACIÓN

Como se ha comentado, las membranas utilizadas en el proceso de osmosis inversa son muy frágiles, así que en caso de ensuciamiento se ha de actuar con rapidez para poder recuperar la membrana. Será necesario realizar una limpieza siempre que se detecte un cambio importante en las sales disueltas del permeado, si la producción, el caudal de rechazo, la pérdida de carga o la presión de alimentación varían notablemente entre un 10-15% respecto a los valores de diseño y antes de periodos de parada de la planta. Como se ha tenido la precaución de pretratar el agua con varios tratamientos físicos y químicos, este procedimiento de limpieza no será utilizado con demasiada frecuencia.

Sin embargo, por precaución una vez al año se activará el proceso de limpieza, que consiste en un lavado CIP, como el sistema de ultrafiltración en sentido contrario, que limpia las membranas. La limpieza de la membrana debe realizarse a baja presión (<4 bar) y el flujo no debe exceder los límites establecidos. Deben intercalarse periodos de recirculación y reposo, con el fin de favorecer el contacto de la solución de limpieza con la suciedad y facilitar su eliminación.

Las soluciones de limpieza deben prepararse con agua de buena calidad y sin cloro. Se recomienda el empleo de agua permeada. Los productos químicos de limpieza deben añadirse en el agua y asegurarse que los cambios de pH y temperatura se realizan gradualmente. En ocasiones, la suciedad que se debe eliminar requiere una solución química a una temperatura del agua superior a la del medio ambiente. El intervalo frecuentemente oscila entre 15°C y 35°C . Una vez más, se verificarán estas prácticas con las recomendaciones del fabricante de la membrana empleada.

Una vez finalizada la limpieza (o entre etapas de limpieza), deben aclararse las membranas y el circuito de limpieza con agua de calidad apropiada para cada tipo de membrana. El proceso de aclarado finaliza cuando se tiene evidencia que se ha desplazado completamente la solución de limpieza del interior de las membranas.

3.6. APARATOS UTILIZADOS

Para el diseño se deben considerar los artefactos y elementos que serán los encargados de impulsar, distribuir y filtrar el agua.

3.6.1. Tubería PVC

Serán los encargados de distribuir el agua salada desde la captación hacia la potabilizadora y finalmente hacia los estanques. Estas están compuestas por una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Se designa como PVC (policloruro de vinilo)



FUENTE: Sodimac.cl.

IMAGEN 3-5: PVC hidráulico.

3.6.2. Bomba solar

La bomba solar Anauger P100 es una bomba vibratoria sumergible destinada al uso en pozos. Puede ser instalada en cualquier lugar en que haya sol, inclusive en locales remotos y de difícil acceso.

Es posible promover el bombeo de agua en elevaciones de hasta 40 metros o a una distancia de hasta 500 metros con desnivel de 5 metros.

El sistema de bombeo Anauger Solar P100 es compuesto por la bomba de agua P100 y por el Driver 100 – equipamiento que controla el fornecimiento de energía a bomba por medio de un microcontrolador digital. La energía proveniente de los paneles fotovoltaicos (adquiridos separadamente) es almacenada en el Driver en capacitadores y convertida en impulso de energía constante y muy separada en función del nivel de la radiación solar. Siempre hará bombeo de agua mientras haber luz del día, independiente de las condiciones meteorológicas.



FUENTE: solaris.com.br.

IMAGEN 3-6: Bomba solar Anauger P100.

3.6.3. Bomba diafragma 12 v 3.8 l/min

Es una Bomba ultra compacta que utiliza el diseño de diafragma dúplex para proporcionar flujo y presión comparable a bombas mucho más grandes, la cual alimentara el potabilizador H2opitima. Se caracteriza por ser de diseño compacto de bomba, mantener protector térmico y el sellado del presostato arranca y se detiene automáticamente cuando la válvula de descarga se abre y cierra.



FUENTE: impac.cl.

IMAGEN 3-7: Bomba diafragma 12v 3.8 l/min.

3.6.4. Potabilizadora de agua solar H2Optima

La potabilizadora H2Optima, de Optima Renovables, es un equipo autónomo y portátil diseñado para producir agua potable, sin necesidad de ningún aporte de energía, dado que va provisto de placas fotovoltaicas. Su funcionamiento inicia cuando capta la energía solar y termina cuando carece de esta.

Su diseño está pensado en ser autónoma por lo que no posee baterías, regula caudal según radiación, su inicio y termino es automático, cloración automática y es de mínimo mantenimiento, pues posee una serie de prefiltros. En su capacidad máxima puede producir hasta 500 lt/día.



FUENTE: h2optima.eu.

IMAGEN 3-8: Potabilizadora H2Optima.

3.6.5. Estanque para agua 2.500 lts.

Para el almacenamiento se dispondrá de estanque con capacidad de 2.500 lts. Fabricado en polietileno 100% virgen lineal, tiene una filtración contra los rayos UV.



FUENTE logismarket.cl.

IMAGEN 3-9: Estanque para agua potable 5.000 lts.

3.6.6. Bomba centrífuga y kit hidroneumático.

Esta será la encargada de distribuir el agua ya potabilizada desde el estanque hacia el interior del hogar, está compuesta por una bomba centrífuga 300W 0,5HP y un sistema hidroneumático, el cual se activa cuando una llave del interior se abre.

Este juego genera una potencia máxima de 1.5 HP, aunque puede elevarse si se utiliza un contactor. Tiene una capacidad de almacenamiento de 24 litros, lo que hace al tanque pequeño y discreto. Genera una presión máxima de 4.5 bar, que puedes revisar en el manómetro que viene incluido en el kit. Está diseñado para la automatización de bombas para suministro de agua.



FUENTE centralagricola.cl.

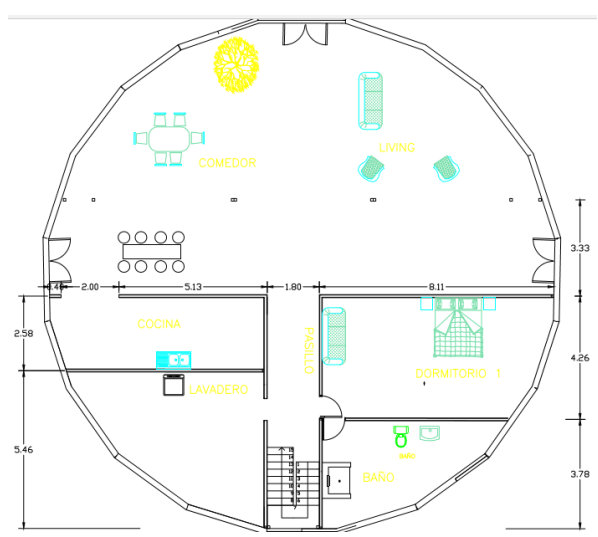
IMAGEN 3-10: Bomba centrífuga y kit hidroneumático.

3.7. IMPLEMENTACION A DOMO GEODESICO

El presente sistema planeado en los párrafos anteriores se pretende implementar en un domo geodésico, en el cual su diseño está pensado en ser un domo el cual proveche la rama de la bioclimática a su favor, lo cual contribuya a generar ahorros de energía considerable y aproveche la luz del sol como fuente de luz y calor, en este ámbito también se quiere aprovechar el concepto para aportar agua dulce generada por el método de osmosis inversa por medio de una fuente de alimentación solar

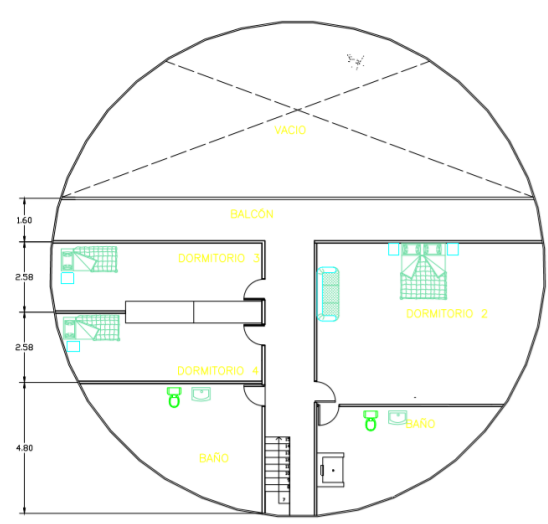
3.7.1. Descripción de Domo Geodésico

La vivienda está conformada por una estructura geodésica de 20mt. de diámetro, la cual cumple la función de ser una vivienda unifamiliar, esta se prevé que este ubicada cerca del borde costero por lo que la alimentación de agua potable se hace complicada, es por esto por lo que se pretende diseñar una red de agua potable, la cual distribuya el agua en los diferentes recintos del domo, esta estará unida a la fuente externa de osmosis inversa.



FUENTE: Elaboración propia.

IMAGEN 3-11: Planta 1 vivienda-domo



FUENTE: Elaboración propia.

IMAGEN 3-12: 2 nivel vivienda-domo

3.8. DISEÑO RED DE AGUA POTABLE

El diseño debe considerar la normativa existente y El Reglamento De Instalaciones De Agua Potable y Alcantarillado, es por esto que se debe considerar el cálculo de diámetro de tubería y la perdida de presión acumulada, por otra parte, se debe pensar en no dividir elementos estructurales por el paso de cañerías que conlleva dicha instalación.

3.8.1. Calculo consumo máximo instalado y consumo máximo probable

Para poder diseñar adecuadamente la red de agua potable se debe considera el consumo máximo instalado y probable, por lo que se debe considerar el consumo por cada artefacto, en resumen, estos valores se reflejan a continuación.

TABLA 3-1: Calculo consumo máximo instalado y probable.

GASTOS (LT/min)					
ART.	CANT.	GASTO AF	GASTO AC	TOTAL	TOTAL AC
WC	3	10	–	30	–
BLL	3	10	10	30	30
Lo	3	8	8	24	24
Lp	1	12	12	12	12
Lv	1	15	15	15	15
QMI= 172				111	81
QMP= 44,64					

FUENTE: Elaboración propia.

3.8.2. Calculo perdida de presión

La presión con la cual trabajara el sistema es un factor muy importante, por lo que la perdida de presión por diámetro, roce por tubería y diferencia de altura, debe asegurar una presión útil para cada artefacto. En este caso de diagnostica la presión para el ultimo artefacto el cual debe ser el más alejado y más alto, asegurando una presión de 32,28 metros de columna de agua.

TABLA 3-2: Calculo perdida de presión agua fria.

LONGITUD COMPENSADA SEGÚN ANEXO 4 (FITTING EQUIVALENTE)												
Tramo	Gasto	Máximo	Diametro (mm)	Velocidad	Longitud		E	PER. UNI	Pérdida	Presión		Carga disponible
	QMI	QMP	(mm) m/s	m/s	Real	Compensada		Jr	JT	Inicial	Final	(+/-)
1-2	111	44,64076688	25	1,51645917	2,96	2,96		0,118767143	0,351550742	40,7898	40,4382	0
2-2'	111	44,64076688	25	1,51645917	1	1,4	0,4	0,118767143	0,166274	40,4382	40,272	
2-4	111	44,64076688	25	1,51645917	4	5,6	0,4	0,118767143	0,665095998	40,272	39,6069	0
4-8	84	36,84006926	25	1,25146732	2,64	3,696	0,4	0,084848327	0,313599415	39,6069	39,2933	0
8-14	56	27,85966894	25	0,94640064	2,63	3,682	0,4	0,052019849	0,191537083	39,2933	39,1017	2,63
14-15	28	17,27969933	13	2,17084377	2,31	2,772	0,2	0,504403575	1,398206709	36,4717	35,0735	0
15-17	20	13,70374763	13	1,72159796	0,91	1,092	0,2	0,33609187	0,367012322	35,0735	34,7065	0
17-19	10	8,499621414	13	1,06780505	3,55	4,26	0,2	0,145623334	0,620355403	34,7065	34,0862	1,8

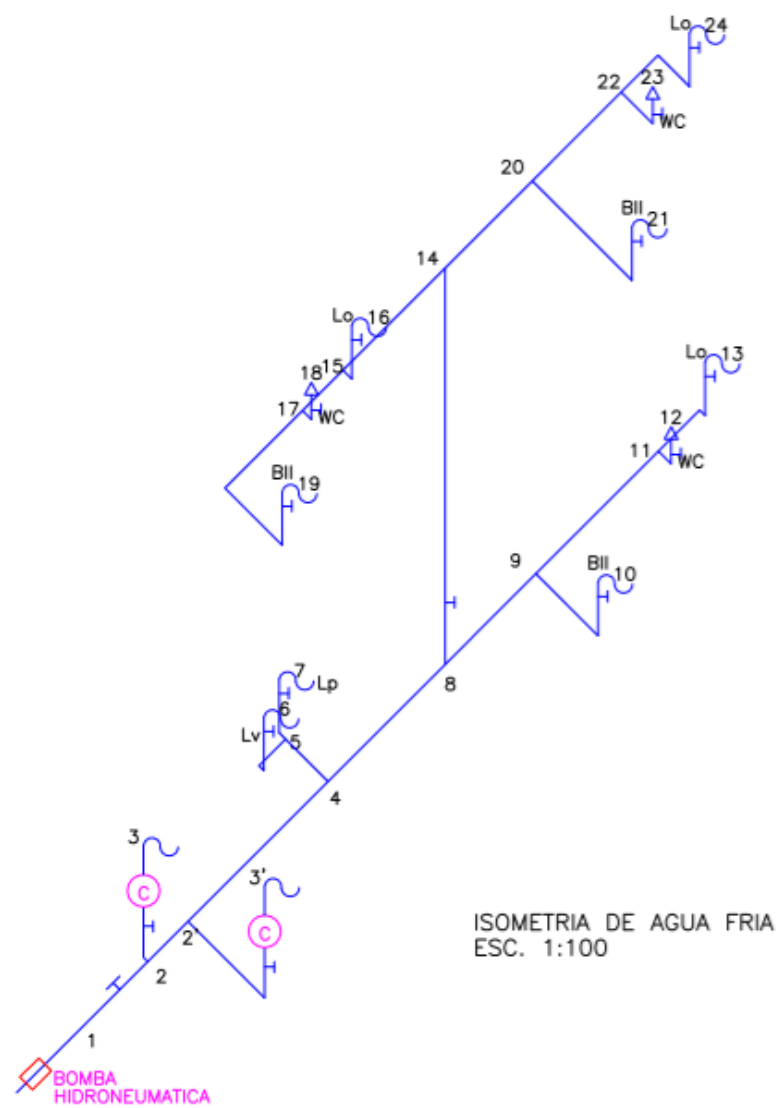
FUENTE: Elaboración propia.

3.8.3. Calculo diámetro tubería

Al igual que los parámetros anteriores, el diámetro es otro factor importante ya que de este dependerá la velocidad máxima del sistema 2,5 m/s, ya que esta provocara vibraciones en las tuberías, y también influirá en la presión del sistema,

3.8.4. Red de agua potable

La red de agua potable debe proporcionar agua a todos los artefactos del domo, enfocándose en la presión, la cual contribuye en el uso adecuado de los artefactos y en el confort de la vivienda.



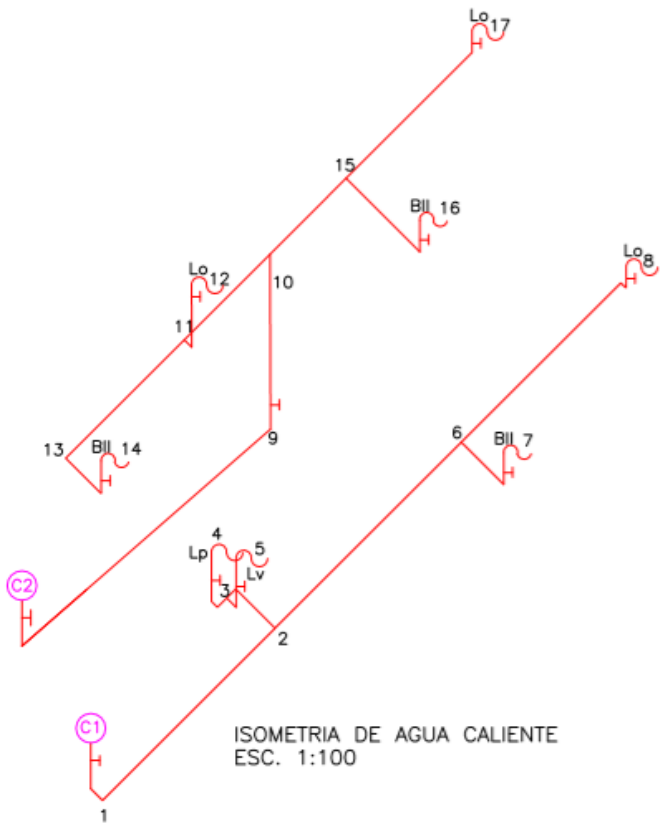
FUENTE: Elaboración propia.

IMAGEN 3-13: Isometría agua fría.

TABLA 3-3: Cuadro de cañerías de agua fría.

CANERIA DE AGUA FRIA 1 PISO			
TRAMO	MATERIAL	LARGO	Ø
1-2	CCU	2.96	1
2-3	CCU	1.10	1/2
2-2'	CCU	1.00	1
2'-3'	CCU	1.50	1/2
2'-4	CCU	3.00	1
4-5	CCU	1.67	1/2
5-6	CCU	1.60	1/2
5-7	CCU	0.80	1/2
4-8	CCU	2.64	1
8-9	CCU	2.00	1
9-10	CCU	3.00	1/2
9-11	CCU	1.40	1
11-12	CCU	0.4	1/2
11-13	CCU	1.73	1
8-14	CCU	2.80	3/4
14-15	CCU	2.31	1/2
15-16	CCU	0.80	1/2
15-17	CCU	0.91	1/2
17-18	CCU	0.40	1/2
17-19	CCU	3.55	1/2
14-20	CCU	1.97	1/2
20-21	CCU	0.50	1/2
20-22	CCU	0.80	1/2
20-21	CCU	5.38	1/2
20-22	CCU	2.00	1/2
22-23	CCU	0.40	1/2
22-24	CCU	1.74	1/2

FUENTE: Elaboración propia.



FUENTE: Elaboración propia.

IMAGEN 3-14: Isometría agua caliente.

TABLA 3-4: Cuadro de cañerías de agua caliente.

CUADRO CAÑERIAS SEGUNDARIAS

TRAMO	MATERIAL	LARGO	Ø
C1-1	CCU	0.80	3/4
1-2	CCU	4.28	3/4
2-3	CCU	1,79	1/2
3-4	CCU	1.03	1/2
3-5	CCU	1.27	1/2
2-6	CCU	4,65	3/4
6-7	CCU	3,63	1/2
6-8	CCU	4,76	3/4
C2-9	CCU	9,74	3/4
9-10	CCU	2.80	3/4
10-11	CCU	2.12	3/4
11-12	CCU	1.10	1/2
11-13	CCU	2.94	3/4
13-14	CCU	3.10	1/2
10-15	CCU	1.88	3/4
15-16	CCU	4,70	1/2
15-17	CCU	3.92	3/4

FUENTE: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha de concluir que las tecnologías de desalinización que se describieron en el capítulo 2 requieren de mucha energía para transformar el agua salada en agua dulce para el consumo humano, especialmente aquellas que requieren cambios de fases, sin embargo la osmosis inversa requiere de menor energía que sus reciprocas, pues su sistema de funcionamiento se basa en el filtrado por membranas, es por esto que es una de las tecnologías más aplicadas para la generación de agua dulce, pues se viene aplicando en la minería, agricultura ya desde hace varios años, por otra parte más recientemente se han ido diseñando sistemas que aprovechen este tipo de funcionamiento a menor escala, como puede ser el caso de viviendas costeras.

Por otra parte, el sistema se puede acoplar fácilmente a fuentes de energías renovables no convencionales. En este caso se aprovecha la energía solar, pues en Chile existen las mejores condiciones de radiación solar del mundo, lo que favorece su rendimiento por días, ya que el rendimiento del sistema descrito en el Capítulo 3 está relacionado con la energía producida por los paneles solares, pues está directamente conectado hacia la potabilizadora y no se contempla el uso de baterías de almacenaje de energía, por lo que funcionaría en aquellas horas que no carece de luz o radiación solar.

El sistema de desalinizar agua marina es una de las alternativas más viables que puede ayudar a suplir la falta de agua a nivel mundial y especial en aquellas zonas donde no se cuenta con energía eléctrica y agua potable. Sin embargo, se recomienda siempre evaluar la factibilidad de la tecnología OI, pues también posee otros usos que van más allá de potabilizar agua de mar, también se puede utilizar para potabilizar o descontaminar agua contaminadas y producir agua ultra pura, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

REVISTAMARINA. Situación hídrica en Chile [en línea]. <<https://revistamarina.cl/> > [15 abril 2017].

SOSTENIBILIDAD. Situación hídrica a nivel mundial [en línea]. <<https://sostenibilidad.semana.com/> > [15 abril 2017]

FUTURORENOVABLE. Escenario actual de las desalinizadoras en Chile [en línea]. <<https://futurorenovable.cl/>> [15 abril 2017]

FUNDACIONAQUAE. Escenario actual de las desalinizadoras en el mundo [en línea]. <<https://www.fundacionaquae.org/>> [15 abril 2017]

WIKI. Destilación instantánea Multi-Etapa [en línea]. <<https://es.qwe.wiki/wiki/> /> [15 abril 2017]

WIKI. Multiple-Destilación de efecto [en línea]. <<https://es.qwe.wiki/wiki/>> [15 abril 2017]

MAILXMAIL. Compresión de vapor [en línea]. <<https://www.mailxmail.com/> [15 abril 2017]

IAGUA. Pretratamiento avanzado para osmosis inversa [en línea]. <<https://www.iagua.es/noticias/espana-catar/>> [15 abril 2017]

NOVOA Bravo, Gonzalo Ignacio. Optimización y modelamiento de sistema de desalinización térmica Multi-Efecto Med. Memoria (Ingeniero Civil Mecánico) Santiago, Universidad Técnica Federico Santa María, 2017.

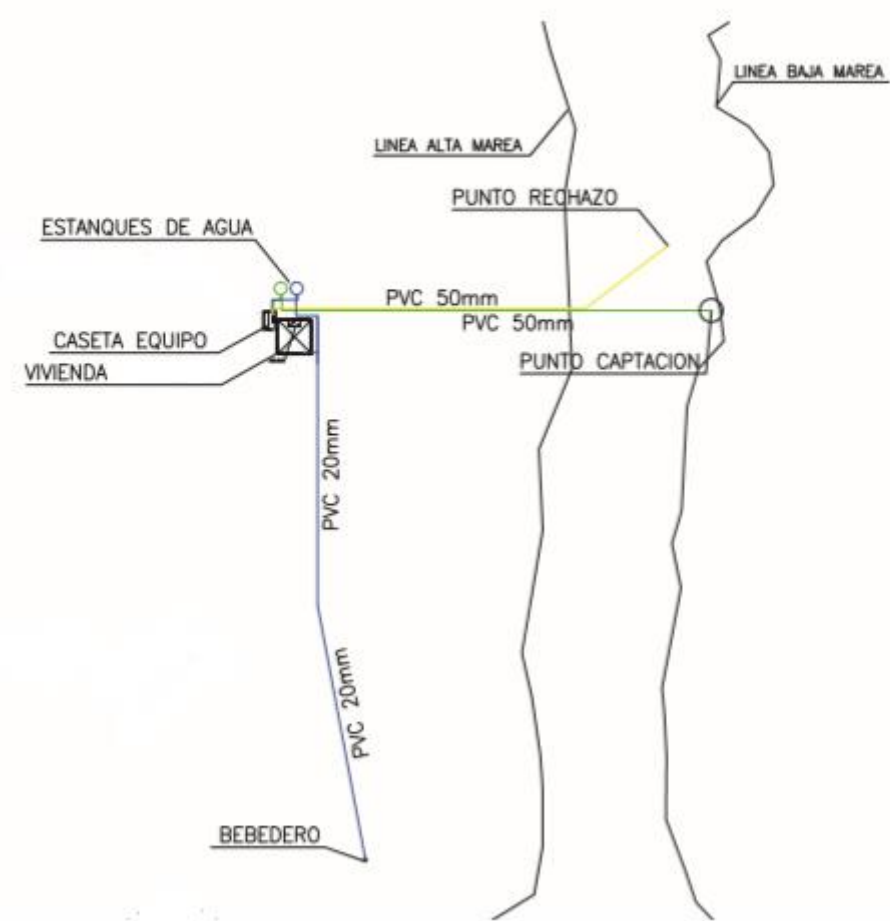
SANCHEZ Arancibia, David Francisco. Generador de agua dulce por destilación al vacío. Memoria (Técnico Universitario en Mecánica Industrial) Concepción, Universidad Técnica Federico Santa María, 2019.

SOTO Alvares, Guido. Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe [en línea].< <https://www.cazalac.org/publico/>> [15 abril 2017]

ANEXO A: PLANOS DE IMPLEMENTACIÓN Y DIESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

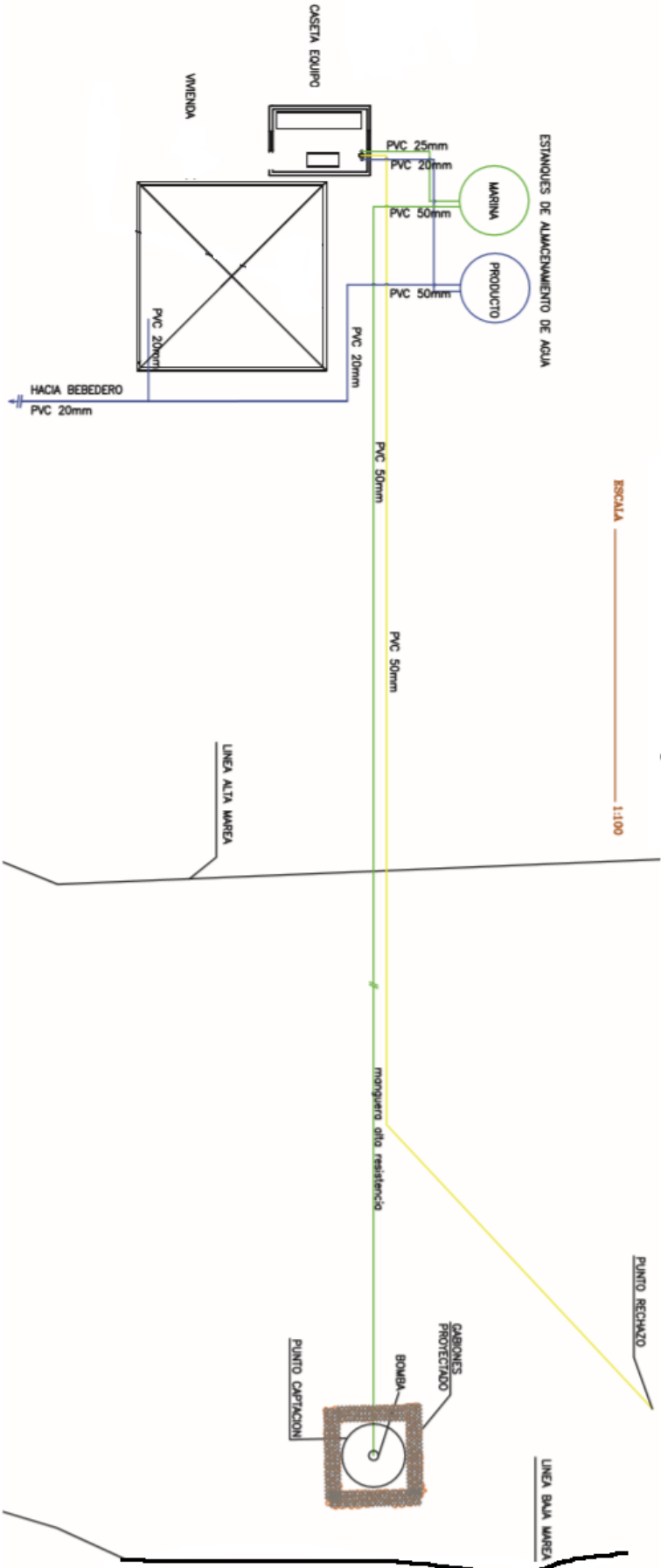
Planta General Emplazamiento

ESCALA _____ 1:1.000

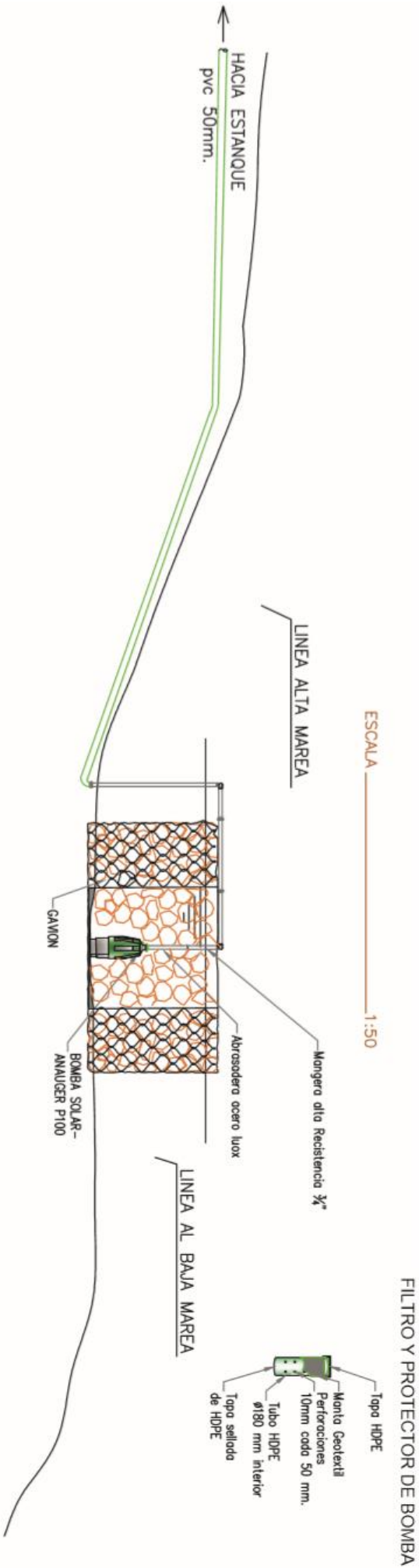


Detalle Planta Proyecto

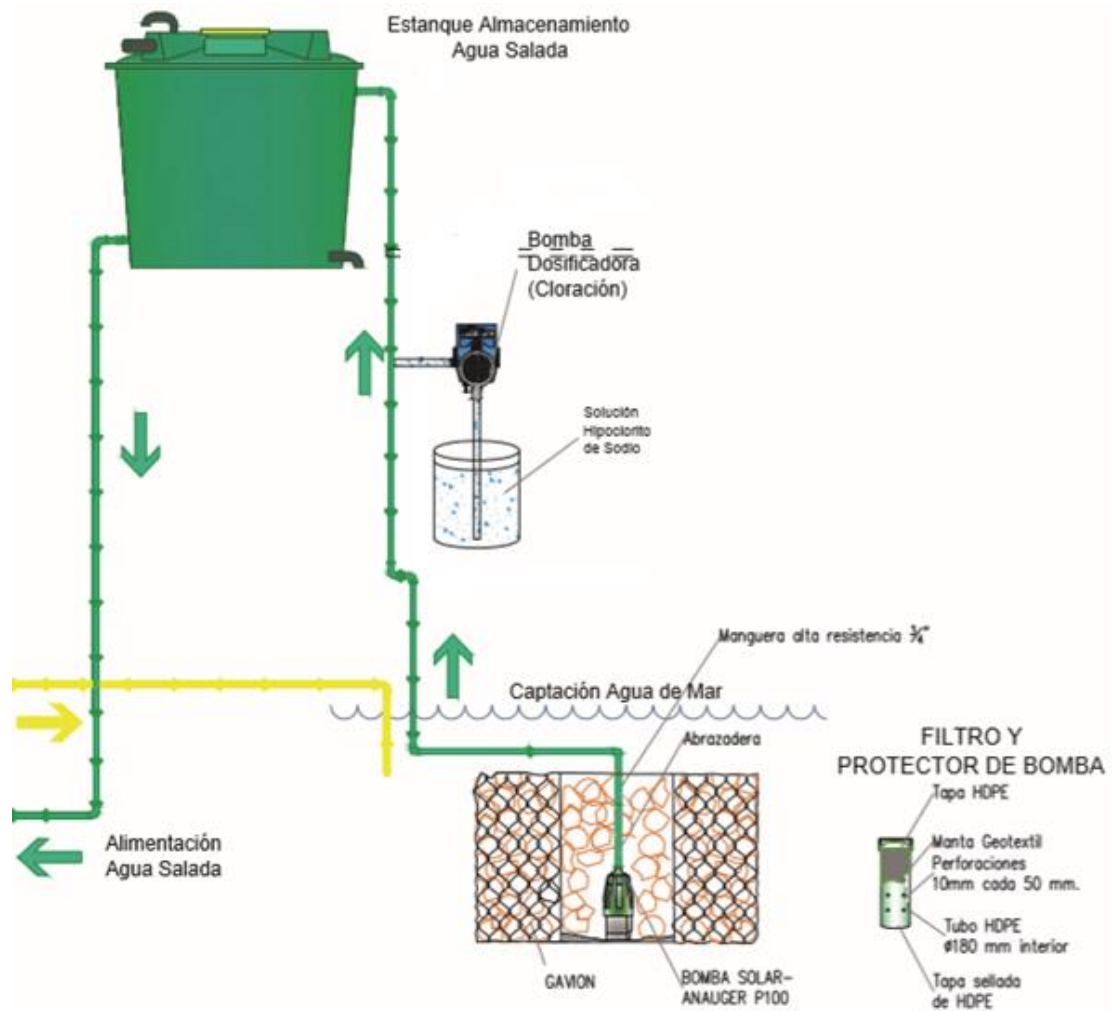
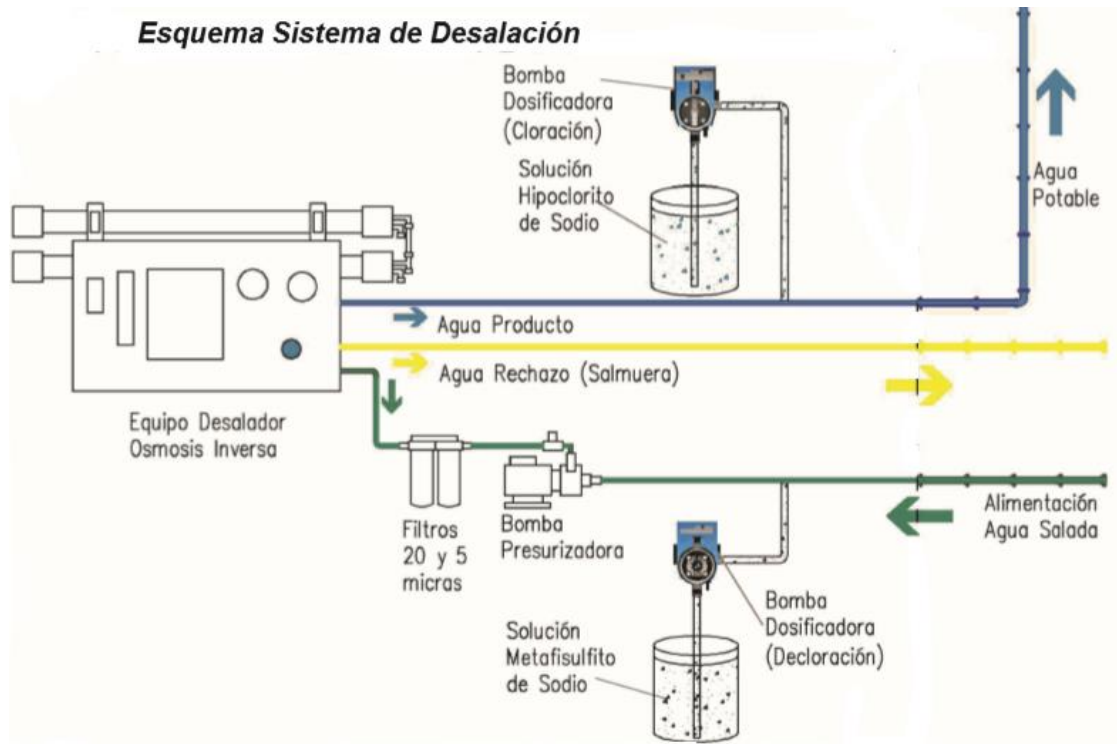
ESCALA 1:100



Detalle Punto Captación



Esquema Sistema de Desalación



ANEXO B: PLANOS DE PLANTA DOMO GEODESICO

