



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOQUÍMICA EN ACTIVIDADES PESQUERAS**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
BIOQUÍMICO EN ACTIVIDADES PESQUERAS**

**AUTORES:**

**CALDERÓN CEDEÑO LUIS RICARDO  
PINCAY GÓNGORA CARLA IVETH**

**Tema:**

**OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS  
MEDIANTE EL ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE  
UNA PLANTA DESALINIZADORA POR OSMOSIS  
INVERSA EN LA EMPRESA MARBELIZE S.A.**

**TUTOR: Ing. Javier Reyes S. M.A.**

**Manta, Febrero 2013**

## **DERECHOS DE AUDITORIA**

Nosotros, Calderón Cedeño Luis Ricardo y Pincay Góngora Carla Iveth, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Facultad de “Ciencias del Mar”, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

-----  
*LUIS RICARDO CALDERÓN CEDEÑO*

-----  
*CARLA IVETH PINCAY GÓNGORA*

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Javier Reyes Solórzano, certifico haber tutorado la tesis titulada **“OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS MEDIANTE EL ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA PLANTA DESALINIZADORA POR OSMOSIS INVERSA EN LA EMPRESA MARBELIZE S.A”**, que ha sido desarrollada por: Calderón Luis y Pincay Carla, previa a la obtención del título de Bioquímico en Actividades Pesqueras, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí U.L.E.A.M.

---

*ING. JAVIER REYES SOLÓRZANO M.A.*

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** la tesis titulada “**OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS MEDIANTE EL ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA PLANTA DESALINIZADORA POR OSMOSIS INVERSA EN LA EMPRESA MARBELIZE S.A**”, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Calderón Luis y Pincay Carla, previa a la obtención del título de Bioquímico en Actividades Pesqueras, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Universidad Laica “ELOY ALARO” de Manabí, Facultad “CIENCIAS DEL MAR”.

Luis Ayala Castro Ph.D  
**DECANO**

Ing. Javier Reyes Solórzano Mg.A  
**DIRECTOR DE TESIS**

Blgo. Víctor Véliz Quijije  
**MIEMBRO**

Dr. David Villareal de la Torre  
**MIEMBRO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a aquellas personas que de una u otra forma pusieron su grano de conocimiento y tiempo para poder realizar mi tesis, al Ing. Javier Reyes que gracias a su guía y dedicación me sirvieron para alcanzar mis logros y anhelos.

A mis compañeros de clase, a mis Docentes que sirvieron de grata ayuda y apoyo condicional en mis días de aprendizaje.

Gracias por cada uno de esos días de dedicación y empeño en mi vida estudiantil universitaria.

**Luis Calderón Cedeño.**

Agradecer es un gesto que ennoblece el alma y más cuando se mezclan sentimientos imperecederos como el amor, la estimación y el respeto.

A mis padres, gracias por su ayuda diaria, por todo su afecto, por sus incentivos a que no declinara el camino que había emprendido.

A mi Tío Byron, como le digo yo, mi amigo y mi guía, quien con su apoyo incondicional y sus sanos consejos, me enseñaron que siempre hay que mirar hacia adelante y que el verdadero éxito del ser humano, está en los valores y principios, que es lo real y que ayuda a edificarnos.

Al Ing. Javier Reyes, profesor múltiple, educador, que supo con sus racimos de conocimientos, darnos las herramientas, para desarrollar y concluir este proyecto y que con su calidad humana, nos demostró que sin dejar de ser maestro se puede ser amigo.

Y así son tantas las personas que debo agradecerles, de corazón y que al nombrarles uno a uno me quedaría en línea, como a mis compañeros, mis amigos, el personal docente y administrativo que de una u otra manera aunaron sus esfuerzos y fueron pilar importante en este arduo pero satisfactorio caminar de mis estudios universitarios. Gracias y mil gracias, mi corazón se queda en deuda.

**IVETH PINCAY**

## **DEDICATORIA**

Dedico a aquellas personas y docentes que me apoyaron en todo momento para seguir adelante en mis estudios, y me sirvieron como guía compartiendo diariamente sus conocimientos.

Principalmente a Dios, mis padres, mis hermanos y hermana, en especial a mi Sra. Esposa quienes estuvieron en todo momento ayudándome y dándome fuerzas para no caer y seguir adelante.

**Luis Calderón Cedeño.**

Hoy llega otra etapa de mi vida al culminar mi estudio superior, esto alcanzado se lo dedico a mis padres, mis hermanas, mis amigos y en especial al Tío Byron quien me ha enseñaron a navegar en este mar del saber.

**IVETH PINCAY**

## CONTENIDO

DERECHOS DE AUDITORIA.....	2
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	3
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
DEDICATORIA.....	6
CONTENIDO.....	7
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS .....	9
RESUMEN .....	10
SUMMARY.....	10
CAPÍTULO I.....	11
ANTECEDENTES .....	11
PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.4. HIPÓTESIS .....	14
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO .....	15
2.1. CONCEPTOS BASICOS .....	15
2.1.1 AGUA DE MAR .....	15
2.1.2 COMPOSICION DEL AGUA DE MAR.....	15
2.3.1. SALINIDAD. ....	15
2.1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	16
2.1.5. DENSIDAD.....	17
2.1.6. PH.....	18
2.1.7. GASES.....	18
2.1.8. DESCENSO CRIOSCÓPICO .....	19
2.2. DESALINIZACIÓN.....	19
2.3. TRATAMIENTOS DE AGUA .....	21
2.3.1. PARTICULAS.....	23
2.3.2. COMPUESTO INORGÁNICO DISUELTOS,NOCIVOS EN EXCESO .....	23
2.3.3 COMPUESTO ORGÁNOCOS DISUELTOS, NOCIVOS EN EXCESO.....	24

2.3.4. MICROORGANISMOS.....	24
2.3.5. PIRÓGENOS.....	24
2.4. METODOS DE PURIFICACIÓN.....	25
2.4.1. OZONIZACIÓN.....	25
2.4.2. DESIONIZACIÓN.....	25
2.4.3. FILTRACIÓN.....	25
2.4.4. ULTRAFILTRACIÓN.....	26
2.4.5. OXIDACIÓN ULTRAVIOLETA.....	26
2.4.6. IONIZACIÓN DE PLATA.....	26
2.4.7. ÓSMOSIS INVERSA.....	26
2.5. AGUA DEL MAR PARA CONSUMO DEL HOMBRE.....	28
2.6. MÉTODO DE DESLINIZACIÓN.....	28
2.6.1. DESTILACIÓN.....	31
2.6.2. CONGELACIÓN.....	31
2.6.3. OSMOSIS INVERSA.. ..	32
2.6.4. INICIOS DE LA ÓSMOSIS INVERSA .....	33
2.6.5. FUNDAMENTOS DE LA ÓSMOSIS INVERSA.....	34
2.6.6. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS ESENCIALES EN PLANTAS DESALINIZADORA.....	35
2.6.7. ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	36
2.6.8. EL PRETRATAMIENTO.....	36
2.6.9. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL ABLANDADOR DEL DE AGUA PARA EL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.....	38
2.6.10. TIPOS DE ABLANDADORES.....	39
2.6.11. TRATAMIENTO DE AGUA DESALINIZADA.....	40
2.6.12. REGULACIÓN DE ALTA PRESIÓN Y RECUPERACIÓN DE ENERGIA..	40
2.6.13. CALIDAD DE AGUA PRODUCIDA.....	41

2.6.14. ENERGÍA ELÉCTRICA.....	41
2.6.15. DISEÑO DE LA PLANTA.....	42
CAPÍTULO III .....	43
DISEÑO METODOLOGICO .....	43
3.1. UBICACIÓN .....	43
3.2. VARIABLES.....	44
3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	44
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	45
3.2.3. FACTORES DE ESTUDIO .....	45
3.3. UNIDAD ESPERIMENTAL .....	46
CAPITULO IV .....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUIMICOS DEL AGUA.....	47
4.2. COSTO OPERATIVO: .....	47
4.2.1. COSTO DEL EQUIPO E INSTALACIÓN .....	47
4.2.2. COSTO DE PRODUCCIÓN.....	49
4.4. RELACIÓN COSTO- BENEFICIO.....	50
CAPÍTULO V.....	53
CONCLUSIONES .....	53
ANEXOS .....	54
BIBLIOGRAFÍA .....	58

## **RESUMEN**

Esta tesis propone una alternativa al problema del abastecimiento de agua que requiere la empresa Marbelize S.A. para realizar sus actividades productivas, como es una planta desalinizadora de agua, la cual funciona mediante el proceso de osmosis inversa.

Analizando, diseñando y calculando sus principales aspectos de implementación, producción y de control; analiza también sus ventajas y desventajas económicas.

## **SUMMARY**

This thesis proposes an alternative to the water supply problem that requires the company Marbelize SA for their productive activities, such as a water desalination plant, which works by reverse osmosis.

Analyzing, designing and calculating the main aspects of implementation, production and control; also examines their economic advantages and disadvantages.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Manabí históricamente ha presentado una severa deficiencia en el abastecimiento de agua potable, sobre todo para la distribución al creciente sector industrial, establecido principalmente en la ciudad de Manta y sus alrededores.

Marbelize S.A., al igual que otras empresas del sector dedicadas al procesamiento de productos del mar, requiere para sus actividades productivas de un importante suministro de agua, que se emplea principalmente para la operación de equipos industriales, generación de vapor, descongelamiento, limpieza de planta, entre otras.

Para las actividades diarias de producción realizadas en la empresa Marbelize S.A se requiere actualmente 700 metros cúbicos de agua con una tolerancia de 80 ppm de sólidos como máximo. Este porcentaje se lo está obteniendo a través del proceso de ósmosis. Considerando además que la provisión actual de agua a través de la entrega que hace la empresa pública de agua potable es insuficiente e inconstante y por tal motivo se requiere del suministro adicional de agua a través de tanqueros para abastecer el consumo de la empresa.

La aplicación de un sistema de tratamiento fijo como la osmosis inversa será la solución a los problemas de abastecimiento del líquido vital, para lo cual se analizará la condición del equipo requerido en base a los análisis de la calidad del agua materia prima encontrada en pozos profundos.

Por los motivos expuestos, se puede apreciar la importancia para la empresa de considerar el uso de nuevas alternativas de abastecimiento de agua. Esta investigación conlleva a presentar una solución al abastecimiento de agua mediante la implementación de una planta desalinizadora de agua de mar o pozo profundo mediante osmosis inversa.

# I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

El suministro de agua potable que entrega la empresa pública a través de tuberías no es suficiente para abastecer día a día la cantidad requerida en las actividades productivas de Marbelize S.A.

Una de las formas en las que se puede impulsar el desarrollo de la compañía es dando la oportunidad a los colaboradores de aportar con su talento e ideas en la búsqueda de la resolución de los principales problemas que se presentan en el ámbito productivo, por tal motivo los estudiantes de la Facultad de Ciencias del Mar, carrera de Bioquímica en Actividades Pesqueras hemos volcado nuestras capacidades en la identificación, dentro de nuestra experiencia laboral, de todos aquellos posibles limitantes de nuestros procesos que sean susceptibles de mejorarlos, optimizarlos o modificarlos.

Considero que el proceso de desalinización de agua salobre es una solución práctica para resolver la deficiencia en la provisión de agua desmineralizada requerida para la elaboración de alimentos.

La intención de este proyecto es poder tratar el agua salobre proveniente de los pozos excavados dentro de los terrenos de la compañía, que serán bombeados hasta la planta piloto de desalinización por osmosis inversa, que estará ubicada dentro del perímetro de la planta industrial de Marbelize S.A.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Aplica tres puntos importantes:

- ❖ Reducir costos del agua como materia prima
- ❖ Mejorar la calidad del producto
- ❖ Evitar la dependencia de proveedores del agua

El proyecto de desalinización de agua salobre, se mantiene justificado en su versatilidad, y convencionalidad, para resolver los problemas imperantes en el sector empresarial manabita debido a la escasez de agua potable de condiciones aceptables para el uso industrial.

La calidad del agua obtenida por los métodos de desalinización es apta para cualquier tipo de consumo humano: abastecimiento, riego agrícola, productivo, entre otros. Tan sólo algunos procesos industriales muy específicos necesitan tratamientos especiales.

Se entiende que la tecnología más favorable para la utilización en la región Costa es la de osmosis inversa, en base a su mejor presión de obtención de agua, la factible ampliación de las plantas y su gran confiabilidad. Aunque hay muchas formas de desalar agua, el método más barato en la actualidad es el de ósmosis inversa. Este método permite desalar tanto aguas salobres como marinas, eso sí, en la medida en que la salinidad aumenta se eleva el costo de la desalinización del agua. El costo de desalar aguas salobres oscila entre 0,298 y 0,50 dólares/m<sup>3</sup>, mientras que actualmente Marbelize gasta:

Agua de tanquero \$ 3.50/ m<sup>3</sup>

Agua de la empresa pública \$2.50/ m<sup>3</sup>

Las nuevas tecnologías y el desarrollo del conocimiento científico han forjado que este proyecto que hace algunos años no resultara costeable en el Ecuador, sea hoy en día una posibilidad muy considerable en el área que concierne al desarrollo de un progreso industrial sustentable, esta sustentabilidad es la pieza clave para que se le tome interés en el mantener y mejorar las condiciones ambientales y de biodiversidad, gracias a estos avances científicos en el área de tratamiento de agua es posible hoy realizar un proyecto tan ambicioso.

Finalmente la tendencia observada de la disminución de precipitaciones como consecuencia del efecto invernadero, va a obligar en un futuro no muy lejano a la construcción de plantas desalinizadoras, aunque se ejecuten las grandes obras hidráulicas para trasvases de las cuencas hidrográficas 'excedentarias'.

Dependiendo del tamaño de la planta y de las características físicas y biológicas del agua a desalinizar, la instalación de una planta de osmosis inversa será simple o más o menos compleja, ya que de ello dependerán los equipos auxiliares de tratamiento que se necesitan.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Optimizar los recursos hídricos mediante el estudio Técnico y Económico de una planta desalinizadora por ósmosis inversa, con la finalidad de un abastecimiento de agua potable de calidad para la empresa Marbelize S.A.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Establecer una fuente de materia prima para ser tratada por el medio osmótico.
- Determinar la viabilidad técnica para la implementación de una planta desalinizadora de agua de mar.
- Establecer la viabilidad económica y financiera para la implementación de una planta desalinizadora.
- Cuantificar los posibles impactos ambientales en la implementación de una planta desalinizadora.

## **1.4. HIPOTESIS**

La Desalinizadora de agua a través de osmosis inversa garantizará un suministro continuo de agua potable de calidad requerida?

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CONCEPTOS BASICOS

#### 2.1.1. AGUA DE MAR

El agua de mar es una solución basada en agua que compone los océanos y mares de la Tierra. Es salada por la concentración de sales minerales disueltas que contiene, un 35‰ (3,5%) como media, entre las que predomina el cloruro sódico, también conocido como sal de mesa. El océano contiene un 97,25% del total de agua que forma la hidrosfera. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

#### 2.1.2. COMPOSICIÓN DEL AGUA DE MAR

El agua de mar es una disolución en agua (H<sub>2</sub>O) de muy diversas sustancias. Hasta los 2/3 de los elementos químicos naturales están presentes en el agua de mar, aunque la mayoría sólo como trazas. Seis componentes, todos ellos iones, dan cuenta de más del 99% de la composición de solutos. La tabla adjunta enumera los más abundantes. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

#### 2.1.3. SALINIDAD

El estudio de la composición se simplifica por el hecho de que las proporciones de los componentes son siempre aproximadamente las mismas, aunque la concentración conjunta de todos ellos es enormemente variable. Nos referimos a esa concentración total como salinidad, que suele expresarse en tanto por mil (‰). Gracias a la universalidad de su composición, la salinidad suele ser estimada a partir de la medición de un solo parámetro, como la conductividad eléctrica, el índice de refracción o la concentración de uno de sus componentes, generalmente el ion cloruro (Cl<sup>-</sup>). [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

La salinidad presenta variaciones cuando se comparan las cuencas, las distintas latitudes o las diferentes profundidades. Favorece una salinidad más elevada la evaporación más intensa propia de las latitudes tropicales, sobre todo en la superficie, y una menor salinidad la proximidad de la desembocadura de ríos caudalosos y las precipitaciones elevadas. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

De todos los mares abiertos es el mar Rojo el que presenta mayor salinidad (40‰), bordeado como está de regiones áridas. El mar Báltico es el de salinidad menor (6‰ en las aguas superficiales del golfo de Botnia), por su pequeña profundidad, clima frío y amplitud de las cuencas que vierten sus aguas en él, lo que unido a su topografía casi cerrada, limita mucho los intercambios con el océano mundial. La salinidad es muy variable en los lagos y mares cerrados que ocupan cuencas endorreicas, con sólo un 12‰ en el mar Caspio y hasta un 330‰ en las capas superficiales del mar Muerto. El principal factor del que depende la salinidad de los mares interiores es la existencia de drenaje, con uno o más emisarios por que los que desbordar, o que por el contrario la evaporación sea la única forma de compensarse los aportes. Así el lago Victoria, con un origen tectónico semejante al del Mar Muerto, es un lago de agua dulce a la vez que la fuente principal del caudaloso río Nilo. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

Las diferencias de salinidad entre masas de agua se combinan con las de temperatura para producir diferencias de densidad, que a su vez son responsables de la convección en que se basa la circulación oceánica a gran escala, la llamada por ello circulación termohalina. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

Desde que Edmond Halley lo propuso en 1715, se admite que la salinidad del agua del mar es efecto de una salinización progresiva, estabilizada hace ya largo tiempo, debida a un aporte por los ríos, no compensado, de sales procedentes del lavado de las rocas continentales. La salinidad no ha crecido desde hace miles de

millones de años, a causa de la acumulación de sal en sedimentos. Hoy en día se acepta que buena parte del sodio procede de las mismas emisiones volcánicas que facilitaron originalmente la formación de la hidrósfera.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

#### **2.1.4. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

El agua de mar presenta una elevada conductividad eléctrica, a la que contribuyen la polaridad del agua y la abundancia de iones disueltos. Las sales en agua se disocian en iones. Un ion es un átomo cargado positiva o negativamente y que, por tanto, intercambia electrones con el medio. Pueden absorber y liberar electrones a las partículas vecinas. La conductividad varía sobre todo con la temperatura y la salinidad (a mayor salinidad, mayor conductividad), y su medición permite, una vez controlada la temperatura, conocer la salinidad.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

#### **2.1.5. DENSIDAD**

La densidad del agua del mar es una de sus propiedades más importantes. Su variación provoca corrientes. Es determinada usando la ecuación internacional de estado del agua de mar a presión atmosférica, que es formulada por la Unesco (UNESCO Technical Papers in Marine Science, 1981) a partir de los trabajos realizados a lo largo de todo este siglo para conocer las relaciones entre las variables termodinámicas del agua del mar: densidad, presión, salinidad y temperatura. La densidad de la típica agua del mar (agua salada con un 3,5% de sales disueltas) suele ser de 1,02819 kg/L a los -2 °C, 1,02811 a los 0 °C, 1,02778 a los 4 °C, etc. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

La densidad del agua de mar depende de las tres variables: Salinidad (s), Temperatura (t) y Presión (p). Para simbolizar la densidad se emplea generalmente la letra griega  $\rho$  (rho) y para indicar que es función de las tres variables se escribe  $\rho(s,t,p)$ . El valor numérico de la densidad del agua de mar en

su ambiente natural varía solamente a partir del tercer decimal y, para economizar espacio y trabajo, así como para tener una visión mejor del valor, se define otra cantidad simbolizada por la letra griega  $\sigma$  (Sigma) mediante la siguiente expresión.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

$$\sigma(s,t,p)=(\rho(s,t,p)-1)\times 1000$$

Por ejemplo, a la densidad  $\rho(s,t,p)=1,02743$  le corresponde el valor

$$\sigma(s,t,p)=27,43.$$

### 2.1.6. PH

El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

### 2.1.7. GASES

Los gases disueltos son los mismos que componen el aire libre, pero en diferentes proporciones, condicionadas por diversos factores. La temperatura y la salinidad influyen reduciendo la solubilidad de los gases cuando cualquiera de esos dos parámetros aumenta. Otros factores son la actividad metabólica de los seres vivos y los complejos equilibrios químicos con los solutos sólidos, como el ion bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ). La concentración total y la composición de los gases disueltos varían sobre todo con la profundidad, que afecta a la agitación, la fotosíntesis (limitada a la superficial zona fótica) y la abundancia de organismos.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

En aguas oceánicas superficiales bien mezcladas, la composición típica de gases disueltos incluye un 64% de nitrógeno (N<sub>2</sub>), un 34% de oxígeno (O<sub>2</sub>) y un 1,8% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), muy por encima éste último del 0,04% que hay en el aire libre. El oxígeno (O<sub>2</sub>) abunda sobre todo en la superficie, donde predomina la fotosíntesis sobre la respiración, y suele presentar su mínimo hacia los 400 m de profundidad, donde los efectos de la difusión desde el aire libre y de la fotosíntesis ya no alcanzan, pero donde todavía es alta la densidad de organismos consumidores, que lo agotan. La temperatura, más baja en los fondos profundos, afecta a la solubilidad de los carbonatos.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

### **2.1.8. DESCENSO CRIOSCÓPICO**

El descenso crioscópico es la reducción del punto de fusión de un disolvente puro por la presencia de solutos. Es directamente proporcional a la molalidad, lo que hace que sea más importante para solutos iónicos, como los que predominan en el agua de mar, que para los no iónicos. El fenómeno tiene importantes consecuencias en el caso del agua de mar, porque la respuesta al enfriamiento intenso del agua del océano, como ocurre en el invierno de las regiones polares, es la separación de una fase sólida flotante de agua pura. Es así como se forma la banquisa en torno a la Antártida o al océano Ártico, como un agregado compacto de hielo puro de agua, con salmuera llenando los intersticios, y flotando sobre una masa de agua líquida a menos de 0 °C (hasta un límite máximo de -1,9 °C para una salinidad del 3,5%). [2] [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

## **2.2. DESALINIZACIÓN**

Los océanos tienen el 97% del agua del planeta. Las ventajas del proceso para desalinizar los mares son enormes, pero también lo son sus desventajas. “La desalinización es sólo una pieza del rompecabezas del manejo del agua, pero no una solución al problema”, afirman los expertos Heather Cooley, Peter H. Gleick y Gary Wolf en un reciente informe.(1) <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

Los tres especialistas—Peter Gleick, del Pacific Institute; Carlos Fernández Jáuregui, de la UNESCO, y Miguel Auge, de la Universidad de Buenos Aires (UBA)— coincidieron en que, entre los obstáculos más importantes del proceso de desalinización, figuran el daño ambiental y el costo económico. En un informe elaborado por el Pacific Institute se indica que, si bien los costos para desalinizar el agua están disminuyendo, este sistema sigue siendo costoso en comparación a otros, a saber: el tratamiento a nivel local de agua de poca calidad, el reciclado y reutilización de agua que se desperdicia, y la elaboración de planes sustentables para el manejo de la tierra. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

La desalinización implica, según los tres especialistas mencionados, una mayor utilización de energía. Y de aquí se desprenden varias desventajas. En primer lugar, sabemos que a mayor demanda de energía, al tratarse de un recurso limitado, mayores son los precios. Por otra parte, la creciente utilización de energía presupone una mayor dependencia de los combustibles fósiles, lo que incrementa la emisión de gases de efecto invernadero. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

Para Carlos Fernández Jáuregui, de la UNESCO, la desalinización se aplica solo a lo que se llama “agua business” o sea lo que es muy rentable en costo/beneficio en corto plazo y no en el largo plazo. El incremento en los costos de la energía y los problemas de impacto ambiental negativo hacen que una solución “inmediata” a un problema no pueda sostenerse a través del tiempo. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

Además, uno de las desventajas más importantes de empezar a desalinizar el agua es el ecosistema que se rompe. La supervivencia de los organismos marinos es una de las amenazas ambientales más importantes relacionadas con la utilización de esta tecnología. La desalinización, si bien genera agua de alta

calidad, también introduce nuevos contaminantes al ambiente. El informe del Pacific Institute recalca la necesidad de implementar nuevas políticas regulatorias paralelamente a la adopción de este sistema.

<http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

El profesor Miguel Auge, de la UBA, sostuvo por su parte que sí bien la “desalinización” es una alternativa para paliar el problema del agua, la salmuera que desecha es otro problema. Y esto no es solamente por las altas concentraciones de sal sino también por las otras sustancias químicas que se utilizan durante el proceso. Esto implica que de adoptarse, la desalinización deberá contar con estudios exhaustivos para conocer cada uno de los compuestos utilizados y así identificar y mitigar sus efectos en el ambiente durante la descarga. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

Hoy en día la planta de desalinización más importante se encuentra en el Golfo Pérsico, en islas donde el acceso al recurso es limitado y donde la gente está dispuesta a pagar precios altos por el mismo. Alrededor de 130 países en todo el mundo están implementando algún proceso de desalinización. Inclusive en algunas regiones del planeta casi toda el agua que se consume tiene su origen en este sistema. Pero pese a estos avances y al creciente desarrollo tecnológico, la idea de agua potable ilimitada proveniente de los océanos no deja de ser todavía un sueño. En 2005, el total de agua producida a través de la desalinización en todo el mundo y a lo largo de todo el año fue similar al consumo mundial de un par de horas. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>

### **2.3. TRATAMIENTOS DEL AGUA**

El agua es una sustancia química común que es esencial para todas las formas conocidas de vida. En uso normal, el agua sólo se refiere a su forma o estado

líquido, pero esta sustancia también tiene un estado sólido, el hielo, y un estado gaseoso, el vapor de agua.

Cerca de 1460 Tera toneladas (Tt) de agua cubren el 71% de la superficie terrestre, sobre todo en los océanos y otros grandes cuerpos de agua, con el 1,6% de agua bajo tierra en acuíferos y el 0,001% en el aire como vapor, las nubes (formadas por partículas de agua en estado sólido y líquido en suspensión en el aire), y la precipitación.

Los océanos de agua salada tienen un 97,0% de las aguas superficiales, los glaciares y los casquetes polares el 2,4%, y otras aguas de superficie de la tierra, como ríos y lagos el 0,6%. El agua en estas formas se mueve constantemente a través del ciclo del agua de la evaporación y la transpiración, de la precipitación y la escorrentía que suele llegar al mar. (Ver Anexo 1)

A pesar de que la tierra tiene mucha agua, el agua limpia y potable son cada vez más escasas. Y mientras que la seguridad energética está capturando la atención de los medios de comunicación y la atracción de fuentes significativa de capital, el agua no va a quedar atrás.

El agua es utilizada para una gran cantidad de servicios y además como alimento humano, cuando se la destina para este uso las exigencias de calidad son mucho más específicas que en otros casos. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

Desde la fuente de abastecimiento, se requieren diversos tratamientos que acondicionen al agua para su consumo.

Podríamos clasificar en cinco tipos, los distintos contaminantes que habitualmente se encuentran en el agua:

- Partículas (ej.: arenilla, turbiedad).
- Compuestos inorgánicos disueltos, nocivos o en exceso (ej.: nitratos, cloruros).
- Compuestos orgánicos disueltos, nocivos o en exceso (ej.: hidrocarburos).
- Microorganismos (ej.: bacterias pseudomonas, coliformes).
- Pirógenos (ej.: restos celulares).

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.3.1. PARTICULAS**

Pueden estar acompañando al agua desde su extracción en forma sedimentable o en suspensión como turbiedad, o aparecer por el desgaste de las cañerías y equipos o en forma coloidal. Su presencia puede originar obstrucción de filtros, membranas, válvulas y tuberías. En general este problema se detecta a simple vista o mediante filtración, análisis gravimétrico o microscópico.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.3.2. COMPUESTO INORGÁNICOS DISUELTOS, NOCIVOS EN EXCESO**

Pueden ser iones como el calcio, magnesio, silicatos, cloruros, nitratos; o gases disueltos como el dióxido de carbono; que contribuyen a caracterizar el agua en cuanto a su dureza, acidez, salinidad, etc. La forma de determinar, mediante un simple test, la cantidad de inorgánicos disueltos, es midiendo la conductividad eléctrica del agua. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.3.3. COMPUESTO ORGÁNICOS DISUELTOS, NOCIVOS EN EXCESO**

Pueden incluir pesticidas, herbicidas, hidrocarburos, restos animales o vegetales. A diferencia de los compuestos inorgánicos en los que es natural cierta concentración, para casi todos los orgánicos sólo unas trazas, es decir su sola presencia inhabilitan al agua para ser consumida. Existen varios modos de medirlo; los más habituales son: test de retención de color con permanganato de potasio y la medición del carbono orgánico total en la cual se oxida toda la materia orgánica y se mide el CO<sub>2</sub> liberado. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.3.4. MICROORGANISMOS**

Constituyen un amplio grupo de contaminantes. En el agua pueden convivir millones de bacterias, virus, hongos, etc. Que se reproducen en poco tiempo habilitando el seno del líquido y, en muchos casos, alojándose en paredes e intersticios de las líneas y equipos. Se los detecta mediante análisis estadísticos de muestras representativas o mediante filtraciones por membrana y posterior identificación. Su recuento es reportado en Unidades Formadoras de Colonias (UFC). [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.3.5. PIRÓGENOS**

Son generalmente fragmentos de paredes celulares de bacterias Gram negativas o lipopolisacáridos. Cuando se los inyecta en mamíferos producen el incremento de su temperatura; por esto un agua de grado farmacéutico debe ser libre de Pirógenos. Se los detecta inyectando muestras en conejos y controlando su temperatura o mediante un test LAL. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

## **2.4. METODOS DE PURIFICACIÓN**

Los métodos de purificación de aguas son muchos y muy variados, cada uno de ellos puede controlar, con distintos grados de efectividad, uno o más de los contaminantes clasificados anteriormente. En la mayoría de los casos no es suficiente con emplear uno solo de los métodos, sino que conviene ordenar en la línea de agua múltiples barreras para lograr o preservar una óptima calidad.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.4.1. OZONIZACIÓN**

El ozono generado habitualmente en una fase gaseosa, es absorbido mediante un correcto mezclado en el líquido a purificar. Una vez disuelto reacciona para provocar una oxidación directa por adición de átomos de oxígeno dentro de cualquier estructura orgánica, provocando un desdoblamiento de las moléculas. También realiza un efecto catalítico favoreciendo la reacción del oxígeno que lo acompaña, consumiéndose también en este caso (a diferencia de una catálisis común en la que el catalizador permanece, al final, intacto).

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.4.2. DESIONIZACIÓN**

Mediante el pasaje de agua a través de un lecho de pequeñas esferas plásticas, se realiza el intercambio de iones según sea la selectividad de la resina: catiónica o aniónica. La desionización no será absoluta en ningún caso, ya que una pequeña fracción de iones puede ser arrastrada de la resina.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

### **2.4.3. FILTRACIÓN**

Es un método primario típico en la purificación de aguas y, por otra parte, el más elemental en cuanto al principio de operación. Sólo entran en juego el tamaño de

las partículas a retener y el tamaño de malla o la porosidad del manto filtrante.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

#### **2.4.4. ULTRAFILTRACIÓN**

El principio es el mismo que el de filtración. En este caso no sólo es posible retener partículas en suspensión sino que se pueden emplear para eliminar turbidez y también para retención bacteriana con cuerpos filtrantes de porosidad sub-micrónica. En general se coloca un filtro común "aguas arriba" para conferirle una mayor autonomía o vida útil.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

#### **2.4.5. OXIDACIÓN ULTRAVIOLETA**

A longitudes de onda corta comprendidas entre 250 y 265 nm se produce la destrucción del material proteico que compone los microorganismos, bacterias y virus. Basándose en esto se esteriliza el agua exponiéndola a la irradiación de una lámpara emisora en el rango mencionado (ej.: lámparas de vapor de mercurio).

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

#### **2.4.6. IONIZACIÓN DE PLATA**

Muchos metales pesados, y la plata en forma relevante, presentan muy buenas propiedades bactericidas.

[http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

#### **2.4.7. ÓSMOSIS INVERSA**

Podemos explicar mejor este tratamiento luego de conocer el proceso de ósmosis natural.

En el fenómeno de ósmosis, el agua se mueve a través de una membrana semipermeable, desde una zona de menor concentración hacia una más concentrada, hasta un punto en el que se alcanza un equilibrio de fuerzas en el seno del líquido. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

En la ósmosis inversa, la presión de bombeo, revierte el proceso natural, obteniendo así un agua purificada y, al otro lado de la membrana, un concentrado que se purga. [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id\\_lib\\_tecnica=1](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=1)

La ósmosis es un proceso espontáneo por el cual las moléculas de disolvente atraviesan una membrana semipermeable de una solución de menor concentración de soluto hacia una solución con mayor concentración de soluto. La membrana semipermeable divide las soluciones. Las partículas del disolvente se mueven en ambos sentidos, pero con una mayor velocidad hacia el lado de la membrana de la solución más concentrada, proceso que finaliza cuando se igualan las velocidades. En este momento la presión que ejerce el disolvente es igual en ambos lados de la membrana por lo tanto no hay flujo de partículas del disolvente, la presión ejercida por las partículas se denomina presión osmótica. <http://www.mailxmail.com/curso-agua-desalacion-2-4/osmosis-inversa>

Al igual que las moléculas de un gas ideal, las partículas de soluto están muy distantes en las soluciones diluidas y no interactúan en forma significativa entre sí. Para soluciones diluidas, la presión osmótica,  $\pi$  tiene la siguiente expresión:

$$\pi = nRT/V$$

Donde  $n$  es el número de moles del soluto,  $V$  es el volumen de la solución (en litros),  $R$  es la constante general de los gases y  $T$  la temperatura en  $^{\circ}\text{K}$ . Dado que  $n/V$  corresponde a una expresión de concentración, la ecuación anterior toma la forma de:

$$\pi = MRT$$

Donde M corresponde a la concentración de la solución expresada en moles / litro, es decir, la molaridad de la solución. <http://www.mailxmail.com/curso-agua-desalacion-2-4/osmosis-inversa>

Efecto detectado hace gran cantidad de años. Actúa desnaturalizando, por coagulación, al material proteico disuelto en el agua. La forma en la que se incorpora al líquido es mediante una electrólisis controlada, proporcional al caudal de agua. Su efecto residual es amplísimo ya que el remanente de iones protege al agua y a sus conductos y reservorios durante largo tiempo. <http://www.mailxmail.com/curso-agua-desalacion-2-4/osmosis-inversa>

## **2.5. AGUA DEL MAR PARA CONSUMO DEL HOMBRE**

Los científicos han ideado decenas de métodos para desalar el agua del mar, aunque hasta la fecha ninguno de ellos ha resultado más eficaz que el método de destilación usado en Freeport (Texas). Los 4,083 habitantes de Symi, isla cercana a Grecia, obtienen toda el agua de una unidad de destilación solar que produce 15,000 litros diarios. En Wrightsville Beach, Carolina del Norte (campo de experimentación de la oficina de aguas saladas, de E.U.) una planta congeladora produce cada día 750,000 litros de agua destilada. Están en experimentación otros dos métodos que parecen prometedores: uno, llamada de ósmosis inversa, desala el agua pasándola por una membrana sintética; el otro, llamado de hidratación, implica la mezcla de propano con el agua salada. El propano forma un compuesto sólido con el agua, que se separa al calentarse la mezcla. Pero los peritos tienen que descubrir una membrana eficaz para la ósmosis o diseñar una planta adecuada para la hidratación. Cuando el agua no es muy salada, puede emplearse otro método. En Webster (Dakota del Sur), el agua era demasiado salobre (casi el doble de lo que el gobierno considera aceptable), aunque mucho menos que el agua del mar. Se instaló una planta desalinizadora por electrodiálisis, proceso que es carísimo cuando la sal es mucha. La planta de Webster produce

unos 950,000 litros de agua dulce por día. La destilación en gran escala puede presentar problemas inesperados. Por ejemplo, la desalinización de agua suficiente para abastecer a la ciudad de Nueva York un año produciría un residuo con unos 60 millones de toneladas de sal: más de la que se consume en los Estados Unidos en dos años. [1] [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

## **2.6. MÉTODO DE DESALINIZACIÓN**

A pesar de la definición química del agua como una sustancia constituida exclusivamente por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, en la naturaleza no se encuentra nunca en ese grado de pureza sino que está siempre impurificada con una serie de componentes inorgánicos y orgánicos. <http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

A través de los siglos, los científicos han buscado formas de eliminar las sales disueltas en el agua de mar, proceso denominado desalinización, para aumentar el suministro de agua potable. Los océanos son una disolución acuosa enorme y extremadamente compleja. Hay alrededor  $1.5 \times 10^{21}$  L de agua en los océanos, de la cual el 3.5 % (en masa) está constituido por material disuelto. En una era donde el hombre ha logrado grandes avances en científicos, la desalinización puede parecer un objetivo bastante simple. Sin embargo, la tecnología es muy costosa. Es una paradoja interesante que en una sociedad tecnológica, lograr algo tan sencillo como desalinización a un costo socialmente aceptable, sea tan difícil como alcanzar algo tan complejo como enviar un astronauta a la luna. [www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129](http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129)

Para satisfacer las crecientes demandas de agua dulce, especialmente en las áreas desérticas y semidesérticas, se han llevado a cabo numerosas investigaciones con el fin de conseguir métodos eficaces para eliminar la sal del agua del mar y de las aguas salobres. Se han desarrollado varios procesos para producir agua dulce a bajo costo. <http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

Tres de los procesos incluyen la evaporación seguida de la condensación del vapor resultante, y se conocen como: evaporación de múltiple efecto, destilación por compresión de vapor y evaporación súbita. En este último método, que es el más utilizado, se calienta el agua del mar y se introduce por medio de una bomba en tanques de baja presión, donde el agua se evapora bruscamente. Al condensarse el vapor se obtiene el agua pura.

<http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

La congelación es un método alternativo que se basa en los diferentes puntos de congelación del agua dulce y del agua salada. Los cristales de hielo se separan del agua salobre, se lavan para extraerles la sal y se derriten, convirtiéndose en agua dulce. En otro proceso, llamado ósmosis inversa, se emplea presión para hacer pasar el agua dulce a través de una fina membrana que impide el paso de minerales. La ósmosis inversa sigue desarrollándose de forma intensiva. La electrodiálisis se utiliza para desalinizar aguas salobres. Cuando la sal se disuelve en agua, se separa en iones positivos y negativos, que se extraen pasando una corriente eléctrica a través de membranas aniónicas y catiónicas.

<http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

Un problema importante en los proyectos de desalinización son los costos para producir agua dulce. <http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

La mayoría de los expertos confían en obtener mejoras sustanciales para purificar agua ligeramente salobre, que contiene entre 1.000 y 4.500 partes de minerales por millón, en comparación a las 35.000 partes por millón del agua del mar. Puesto que el agua resulta potable si contiene menos de 500 partes de sal por millón, desalinizar el agua salobre es comparativamente más barato que desalinizar el agua del mar. <http://www.monografias.com/trabajos12/agua/agua.shtml>

### 2.6.1. DESTILACIÓN

El método más antiguo de desalinización, la destilación, produce más del 90% de los casi 500 millones de galones diarios de desalinización que operan a nivel mundial. El proceso implica la evaporación del agua de mar y la condensación del vapor de agua pura. La mayoría de los sistemas de destilación utilizan energía calórica. Se han hecho intentos para reducir costos, entre los que se incluye el uso de la radiación solar como fuente de energía. Esta propuesta es atractiva porque la luz solar normalmente es más intensa en las zonas áridas (regiones del norte del país), donde la necesidad de agua es también mayor. Sin embargo, a pesar de los abundantes esfuerzos de investigación y desarrollo, aún persisten diversos problemas de ingeniería y los “alambiques solares” todavía no operan a gran escala. [www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129](http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129)

### 2.6.2. CONGELACIÓN

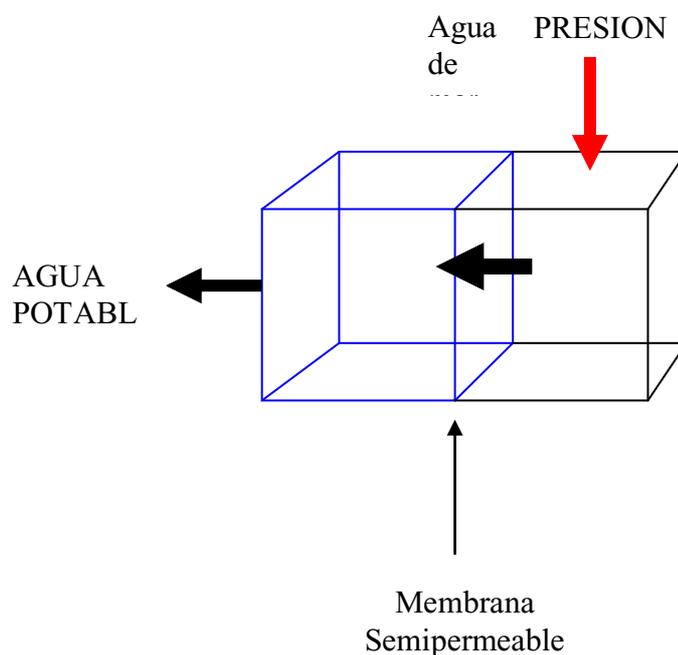
La desalinización por congelamiento también se ha desarrollado durante muchos años, pero no ha podido tener un precio comercial accesible. Este método se basa en el hecho de que cuando se congela una disolución acuosa (en este caso, agua de mar) el sólido que se separa de la disolución es agua casi pura. Así, los cristales de hielo obtenidos del agua de mar congelada en las plantas de desalinización podrían decantarse y derretirse para producir agua utilizable. La principal ventaja de la congelación, comparada con la destilación, es el bajo consumo de energía. El calor de evaporación del agua es 40.79 kJ/mol, mientras que el calor de fusión es de sólo 6.01 kJ/mol. Algunos científicos han sugerido que una solución parcial para la escasez de agua en las zonas desérticas del planeta sería remolcar los témpanos desde el Ártico o la Antártica. La principal desventaja de la congelación se relaciona con el lento crecimiento de cristales de hielo y con la eliminación de los depósitos salinos en los cristales. [www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129](http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129)

### 2.6.3. OSMOSIS INVERSA

Tanto la destilación como la congelación implican cambios de fase que requieren de energía. Por otra parte, la desalinización por ósmosis inversa no implica un cambio de fase y es económicamente mejor. La ósmosis inversa utiliza alta presión para forzar el paso de agua de una solución concentrada en una menos concentrada a través de una membrana semipermeable. La presión osmótica del agua de mar es aproximadamente de 30 atm, presión que se debe aplicar a la disolución salina para impedir el flujo de agua de izquierda a derecha. Si se aumenta la presión de la disolución salina a más de 30 atm, el flujo osmótico se invierte y el agua potable pasara desde la solución al compartimento de la izquierda, a través de la membrana. La desalinización por ósmosis inversa es mucho más económica que la destilación y elimina las dificultades técnicas asociadas a la congelación. El principal obstáculo para este método es el desarrollo de una membrana que sea permeable al agua pero no a otras sustancias disueltas en ella y que pueda utilizarse a gran escala durante periodos prolongados en condiciones de alta presión. Una vez que se haya resuelto este problema, y al parecer esta pronto a solucionarse, la ósmosis inversa puede convertirse en la principal técnica para la desalinización.

[www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129](http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=1129)

**Figura 2.1. Diagrama de osmosis inversa**



Al aplicar suficiente presión en el lado de la disolución, se puede hacer que fluya el agua dulce de derecha a izquierda. La membrana semipermeable permite el paso de agua pero no el de los iones disueltos.

#### **2.6.4. INICIOS DE LA ÓSMOSIS INVERSA**

El ingeniero químico Kamallesh Sirkar, profesor del Instituto Tecnológico de New Jersey, y experto en la tecnología de separación de productos utilizando membranas, dirige el grupo de especialistas. Sirkar posee más de 20 patentes en el campo de la separación de productos utilizando esta técnica.  
<http://www.solociencia.com/quimica/06031401.htm>

El nuevo proceso funcionará especialmente bien con aguas que presenten concentraciones de sal por encima del 5,5 por ciento. Actualmente, este 5,5 por ciento es el porcentaje más alto de sal contenido en agua que puede ser tratado usando el método de la ósmosis inversa. <http://www.solociencia.com/quimica/06031401.htm>

La ciencia detrás del proceso de Sirkar de destilación por membrana es simple. El calor económico calienta el agua de la solución salina hasta su evaporación. El vapor limpio pasa entonces a través de los poros de dimensiones nanométricas de la membrana para terminar condensándose en agua fría, al otro lado de ella.  
<http://www.solociencia.com/quimica/06031401.htm>

Los principios básicos de la separación por medio de membrana han sido conocidos durante mucho tiempo. Los intestinos de los animales y los humanos son membranas semipermeables. Los primeros experimentos para estudiar el proceso de separación usando membranas fueron realizados por los químicos usando porciones de membranas animales. <http://www.solociencia.com/quimica/06031401.htm>

Actualmente los procesos de separación por membranas dependen del diseño y el módulo de la misma. El tamaño de los poros es a menudo importante para determinar qué componentes moleculares en un líquido o forma gaseosa atravesarán la membrana. Usualmente las moléculas fluyen de una región de alta

a otra de baja concentración. Las diferencias de presión o concentración en ambos lados de la membrana hacen que ocurra la separación. A medida que disminuye el tamaño de los poros, la eficiencia y la selectividad de la membrana aumentan. Los procesos de separación por membranas se usan en las industrias biomédica, biotecnológica, química, alimentaria, petroquímica, farmacéutica y de tratamiento de agua para separar, purificar y/o concentrar soluciones líquidas, suspensiones celulares o mezclas gaseosas. <http://www.solociencia.com/quimica/06031401.htm>

Para poder forzar el paso del agua que se encuentra en la corriente de salmuera a la corriente de agua con baja concentración de sal, es necesario presurizar el agua a un valor superior al de la presión osmótica. Como consecuencia a este proceso, la salmuera se concentrará más. <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm>

Por ejemplo, la presión de operación del agua de mar es de 60 bar. (Ver anexo 2)

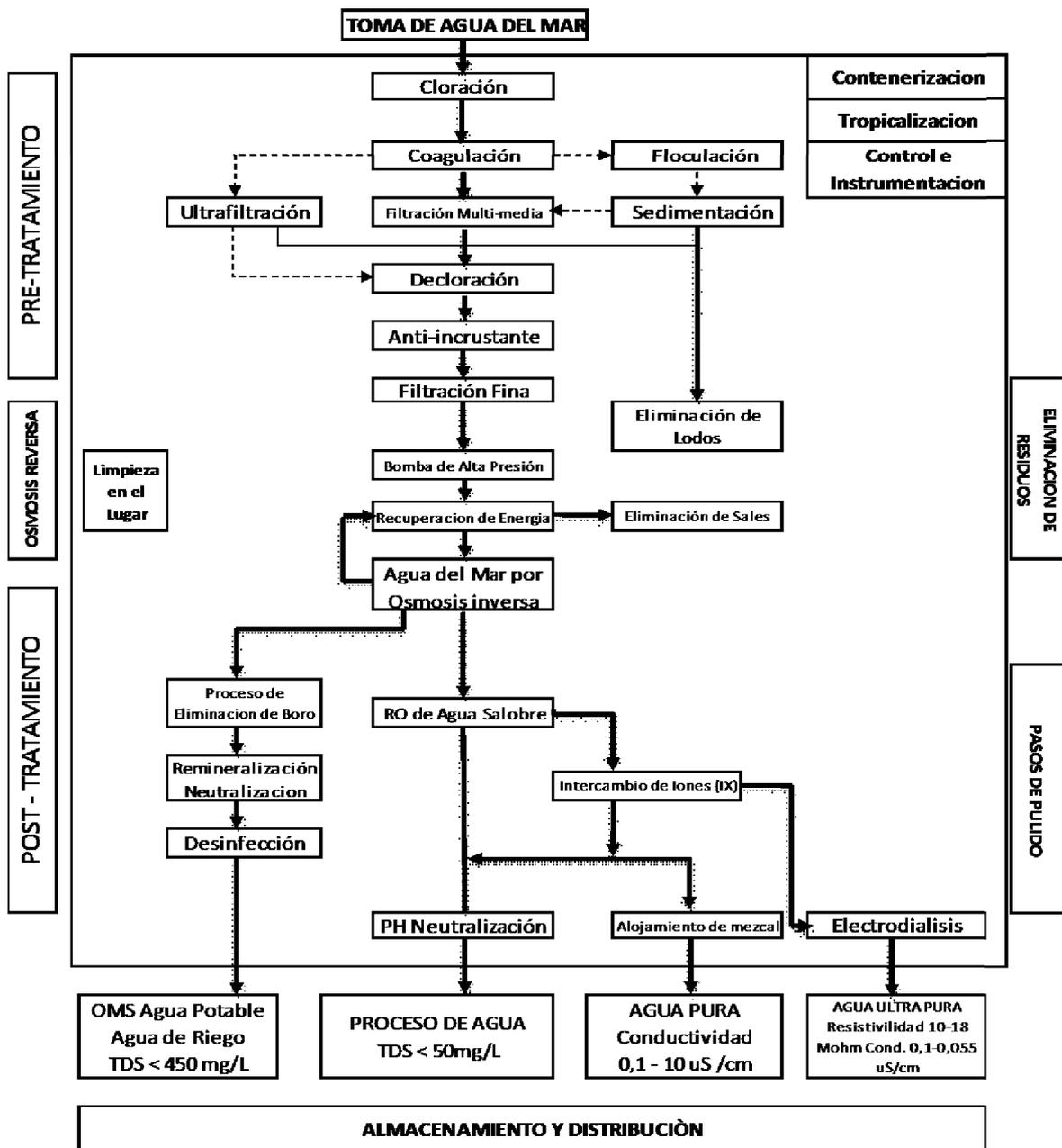
- El agua fluye de una columna con un bajo contenido de sólidos disueltos a una columna con una elevada concentración de sólidos disueltos.
- La presión osmótica es la aplicada para evitar que el agua siga fluyendo a través de la membrana y de esta forma crear un equilibrio. Para poder alcanzar una presión superior a la presión osmótica, el agua debe fluir en sentido contrario. El agua fluye de la columna con un alto contenido en sólidos disueltos a la columna con bajo contenido en sólidos disueltos. <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm>

### **2.6.5. FUNDAMENTOS DE LA ÓSMOSIS INVERSA**

Las membranas de ósmosis inversa actúan como un filtro que retiene iones monovalentes y bivalentes, así como todas las partículas de tamaño superior a 1 Ångstrom (bacterias, virus o materia orgánica). Cuando una membrana separa dos tipos de agua con diferentes concentraciones de carga iónica, las moléculas de agua de la zona de menor concentración pasan a la de mayor concentración, equilibrando así la concentración de iones. Para invertir este flujo natural del

agua, se debe aplicar una presión mayor a la presión osmótica en la solución concentrada (por ejemplo, más de 32 bars para 40 g/l de agua de mar). [www.veoliawaterst.com](http://www.veoliawaterst.com)

## 2.6.6. DIAGRAMA DE LOS PROCESOS ESENCIALES EN PLANTAS DESALINIZADORAS:



Fuente : (<http://www.lenntech.es/procesos/mar/general/desalacion-puntos-clave.htm>)

### **2.6.7. ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO**

El pozo se llena por gravedad al nivel del acuífero marino. Se transporta el agua del pozo impulsado por las bombas de alimentación al sistema de desalinización. En la entrada de las bombas de alimentación llega el suplemento de químicos administrado por las bombas dosificadoras. Así el agua está preparada para pasar cuatro tipos de filtros que retienen partículas mayores a cuatro micras. El paso principal de la producción de agua es la separación de H<sub>2</sub>O de la mezcla de sales y minerales presente en el agua del mar. Este paso se realiza en la etapa de ósmosis inversa (OI).

Para permitir una operación económica de la OI es necesario prevenir que se precipiten (cristalicen) las sales dentro de los módulos de OI, o que partículas de diatomeas y microalgas lleguen a las membranas. Para eso existen tres pasos de filtración por arena más un último paso de micro filtración usando cartuchos de fibra sintética. El éxito de filtración también depende de la apropiada introducción de coagulantes. De acuerdo a la calidad de filtración se genera el ciclo de cambio de las membranas entre 2 y 5 años. Los dispersantes químicos introducidos antes de la micro filtración previenen la precipitación de minerales dentro de las membranas.

Como todos los aspectos de la operación son automatizados, el trabajo de los operadores es la supervisión y el mantenimiento.

### **2.6.8. EL PRETRATAMIENTO**

El pretratamiento es un factor clave en el diseño de las instalaciones de desalación por ósmosis inversa, ya que en función de éste se optimizará el rendimiento de las membranas y se conseguirá aumentar su vida útil.

El objeto del pretratamiento en la desalación es adecuar las características físico-químicas y biológicas del agua de entrada a las necesidades del proceso de desalación, para evitar la corrosión, la formación de incrustaciones y el deterioro prematuro de los equipos. El pretratamiento es una parte fundamental del proceso de desalación y su diseño condiciona los costes de mantenimiento y de explotación. El pretratamiento del agua de entrada varía, pues, en función del tipo de proceso empleado.

Centrándonos en el pretratamiento para los procesos de desalación por membranas, que son los más utilizados, el pretratamiento consiste en eliminar o reducir al máximo posible el riesgo de atascamiento de las membranas por acumulación de sustancias, materiales y microorganismos sobre su superficie. Este tipo de atascamiento reduce la vida y la eficiencia de las membranas, ya que empeora la calidad del agua tratada y produce un incremento de la presión necesaria para su funcionamiento.

Concretamente, los objetivos del pretratamiento en los procesos de membranas son:

- Eliminar los sólidos en suspensión: para valorar el potencial atascamiento que puede producir los sólidos en suspensión, se utiliza el SDI (Silt Density Index) o índice de fouling.
- Evitar la precipitación de óxidos metálicos: los sólidos metálicos que, con más frecuencia se hallan en el agua, son los óxidos de hierro, manganeso y aluminio. La presencia de hierro férrico y de manganeso en estado de oxidación IV dan especiales problemas de atascamiento.
- Evitar la precipitación de sales minerales: la precipitación de sales en las membranas se produce cuando su concentración en el agua de rechazo supera el producto de solubilidad. Las sales que normalmente pueden crear problemas de precipitaciones son los sulfatos de calcio, bario y estroncio, el carbonato de calcio, el fluoruro de calcio y la sílice. Para conocer el riesgo de precipitación de una sal determinada, hay que tener

en cuenta su concentración en el agua de entrada, la conversión de la planta de membranas y el producto de solubilidad.

- Reducir el contenido de materia orgánica del agua: la materia orgánica que puede provocar este atascamiento puede ser de origen natural procedentes del humus vegetal (lavado de turbas, ácidos húmicos y tánicos, etc.) que suelen transmitir color; o proveniente de contaminantes del agua, caso de los aceites, grasas y otros compuestos orgánicos.
- Eliminar o reducir la actividad biológica del agua de entrada: los crecimientos microbiológicos en las membranas ocurren cuando el agua de entrada contiene los microorganismos y los nutrientes necesarios para permitir un rápido desarrollo sobre la superficie del elemento. Si las membranas no son biodegradables, esta proliferación microbiológica produce efectos similares a un atascamiento provocado por sólidos en suspensión. Cuando las membranas son biodegradables, los microorganismos son capaces de destruir la capa activa de estas membranas, que de este modo pueden llegar a perder sus propiedades.  
<http://www.aguapasion.es/blog/osmosis-inversa/46848-osmosis-inversa-tratamiento-desalacion-agua-mas-utilizado>

### **2.6.9. CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL ABLANDADOR DE AGUA PARA EL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN.**

Este proceso consiste en eliminar las impurezas conocidas con el nombre de durezas y reemplazarlas por otras impurezas que no revisten este carácter. Este tratamiento se lo efectúa por medio de reacciones del tipo químico.

#### **Anexo 2.1. Ablandador**

Los ablandadores de agua son específicos intercambiadores de iones que son diseñados para eliminar iones, los cuales están cargados positivamente. Los ablandadores mayormente eliminan los iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

Calcio y magnesio son a menudo referidos como “minerales duros”.

Los ablandadores son algunas veces incluso aplicados para eliminar hierro, cuando el hierro causa la dureza del agua. Los mecanismos de ablandamiento son capaces de eliminar más de cinco miligramos por litro (5 mg/l) de hierro disuelto.

#### **2.6.10. TIPOS DE ABLANDADORES**

Los ablandadores pueden operar de forma automática, semiautomática, o manual. Cada tipo tiene un radio de actuación.

La mayoría de los ablandadores de agua populares tienen un sistema automático de la regeneración. El tipo más básico tiene un cronómetro eléctrico que limpie y recargue el sistema en un horario regular. Durante recargar, el agua suave no está disponible.

El segundo tipo de control usa un computador que controla la cantidad de agua usada. Cuando bastante agua ha pasado a través del depósito mineral para haber agotado los granos de sodio, la computadora acciona la regeneración.

Estos ablandadores tienen frecuentemente una capacidad de reserva de resina, para que agua ablandada sea disponible durante la recarga. Un tercero tipo de control usa una escala de medida mecánica para medir la cantidad de agua usada y para poner en acción la recarga. La ventaja de este sistema es que no hay componentes eléctricos, y el depósito mineral se recarga solo cuando es necesario. Cuando está equipado con dos depósitos de minerales, el agua suave está siempre disponible, aun cuando la unidad está recargando.

[http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

### **Anexo 2.2. Tipos de Ablandadores**

### 2.6.11. TRATAMIENTO DE AGUA DESALINIZADA

**Cloronización:** Proceso que consiste en agregar al agua cloro gaseoso, o compuestos a partir de los cuales se forma ácido hipocloroso o iones hipoclorito, a fin de inhibir el crecimiento de bacterias, plantas o animales, oxidar la materia orgánica, facilitar la coagulación o reducir el olor, entre otros. El propósito principal es generalmente la desinfección. Este proceso se debe utilizar para asegurar la potabilidad del agua desalinizada siendo un proceso barato y muy efectivo. El cloro se aplica en forma de gas que se disuelve en el agua.  
[http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

Generalmente se obtiene de cilindros donde se conserva a presión en estado líquido. Las cantidades de cloro que se requieren son relativamente pequeñas pues varían entre 1 y 3 kgs. por cada 200,000 litros de agua.  
[http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

En vista de que nuestra producción es de 200000 litros diarios y calidad del agua desalada es muy buena necesitaríamos agregarle 1.00 kg diarios si solo utilizamos 1 kg por cada 200000 litros. [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

### 2.6.12. REGULACIÓN DE ALTA PRESION Y RECUPERACION DE ENERGIA

El concentrado de rechazo es 55% del agua bruta (aunque depende de la tecnología de desalinización empleada). Mientras que el 45% del agua ganada sale a presión atmosférica, debe asegurarse una contrapresión regulada en el flujo de rechazo. Este flujo de rechazo siempre contiene algo así como el 55% (100% - % ganada) de la energía invertida en las bombas de alta presión. Es necesario obtener el rendimiento más alto de recuperación de esta energía. Una parte de la energía recuperada puede volver al mismo ciclo de desalinización y recuperación más de una vez. <http://es.wikipedia.org/wiki/Desalinizaci%C3%B3n>

Mientras que la planta está en el modo de producción se controla la presión de la salida por una válvula de regulación. Se usan convertidores 'Pressure Exchanger' y con ellos en el intercambio de presión se puede recuperar hasta el 95% de la energía del flujo de rechazo directamente por medio de bombeo usando desplazamiento positivo. Esa bomba de recuperación de energía aumenta el flujo de más agua bruta a la entrada de las membranas. La planta usa las unidades 'Pressure Exchanger' cerca de cada grupo de tubos de elementos de ósmosis inversa. <http://es.wikipedia.org/wiki/Desalinizaci%C3%B3n>

### **2.6.13. CALIDAD DEL AGUA PRODUCIDA**

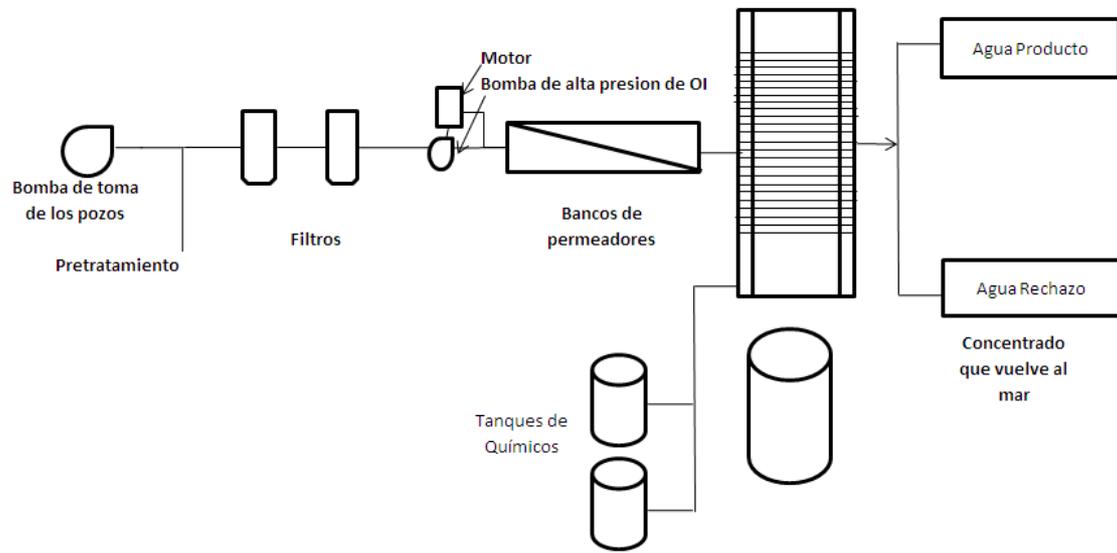
El agua osmotizada o el permeado de los módulos de ósmosis inversa debe ser acondicionada para cumplir con ciertas características de alta calidad, ya que, el agua producida tiene un pH ácido y un bajo contenido de carbonatos, lo que la convierte en un producto altamente corrosivo. Esto exige su preparación antes de su distribución y consumo. El pH se ajusta con carbonato de calcio a un valor de 7,7. Adicionalmente, si se requiere, se agrega también fluoruro de sodio e hipoclorito según las regulaciones municipales para uso del agua potable. <http://es.wikipedia.org/wiki/Desalinizaci%C3%B3n>

### **2.6.14. ENERGÍA ELÉCTRICA**

Los requerimientos energéticos de la desalinización varían en función de la tecnología empleada, aunque hay una tendencia hacia su reducción, gracias a los avances tecnológicos.

Empleando sistemas de ósmosis inversa y contando que el líquido producto debe ser bombeado a los lugares de destino, el gasto energético es de 2,9 kWh/m<sup>3</sup>. <http://es.wikipedia.org/wiki/Desalinizaci%C3%B3n>

### **2.6.15. DISEÑO DE LA PLANTA**



### III. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 UBICACIÓN

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa procesadora y exportadora de conservas de atún "Marbelize S.A." Ubicada en el cantón Jaramijó de la Provincia de Manabí con dirección km 5 1/2 vía Manta Rocafuerte en la cual se implementara la planta desalinizadora de agua a través de osmosis inversa.

El espacio físico de la planta es de 6m de ancho por 20m de fondo, consta de las siguientes características:

SISTEMA BW – 100 de las siguientes características:

30 membranas 8040 BW para agua de pozo salobre, 99.50 % rejeción de sales, hasta 92 GPM de producción y 150 GPM de caudal de alimentación.

- ❖ 5 Porta membranas en fibra de vidrio reforzada 80240 por 6 elementos cada uno, side port 450 PSI.
- ❖ Bomba centrífuga, alta presión vertical en acero inoxidable 316 SS con motor eléctrico 40 HP, 250 PSI, 120 GPM, 3 HP 220/440 V TEFC a prueba de humedad.
- ❖ Bomba centrífuga, para lavados químicos y enjuagues con agua producto en acero inoxidable 304 L, 5 HP. 220/440 V a prueba de humedad con control eléctrico y fuerza incorporado en tablero eléctrico.
- ❖ Prefiltración a 5 micras en filtros en acero inoxidable 390 GPM (3 unidades 130 GPM en paralelo).
- ❖ Estructura en acero inoxidable con ángulos y tubos cuadrados 2" y ángulos de 2" x 2" x 4 mm 7.5 metros de largo x 1.5 metros de profundidad x 1.8 metros de alto.
- ❖ Solenoide plástica de ingreso 3".
- ❖ Tuberías de alta presión en acero inoxidable soldada interna y externamente con argón.
- ❖ Sistema de válvulas que permite hacer lavados químicos tubo a tubo para maximizar eficiencia de lavados químicos y extender vida útil de membranas.

- ❖ Acoples Vitaulics en acero inoxidable
- ❖ Tablero eléctrico plástico hermético con control y fuerza.
- ❖ Sensor de baja presión
- ❖ Caudalímetros producto y rechazo.
- ❖ Sensor de TDS digital en línea de agua producto y alimentación.
- ❖ Horómetro.
- ❖ Tubería de baja presión en pvc reforzada.
- ❖ Válvulas reguladoras de presión y caudal en acero inoxidable.
- ❖ Dosificador Digital de inhibidor de incrustaciones
- ❖ Manómetros de prefiltro en acero inoxidable con glicerina.
- ❖ Manómetros de alta presión, arreglo 1, y rechazo en acero inoxidable con glicerina con cañerías en acero inoxidable.
- ❖ Arranque con delay para enjuague.
- ❖ 1 tanque de Inhibidor de incrustaciones PTP SILICA.
- ❖ Estación de lavados químicos CIP (limpieza química) y enjuague de agua producto incorporada con tanque de 2500 litros.
- ❖ Valvula motorizada de 1.5"
- ❖ Prefiltros para estación de limpieza 2 x 4.5" x 20" x 1.5" IN/OUT en paralelo
- ❖ Conexión de sistema de limpieza CIP a sistema de osmosis.

## **3.2 VARIABLES**

### **3.2.1 VARIABLES INDEPENDIENTES**

- ❖ Estudio Técnico
- ❖ Estudio Económico
- ❖ Estudio Financiero

### **3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTES**

- ❖ Análisis de materia prima
- ❖ Calidad de agua materia prima
- ❖ Equipo de ósmosis
- ❖ Cantidad de agua requerida
- ❖ Descarga de agua rechazo
- ❖ Costo Operativo
- ❖ Relación Costo – Beneficio

### **3.2.3 FACTORES EN ESTUDIO**

- ❖ Análisis de sólidos totales
- ❖ Análisis de pH
- ❖ Análisis de dureza
- ❖ Costo Operativo
- ❖ Costo de Producción
- ❖ Análisis microbiológico

- ❖ Pozo profundo
- ❖ Volumen de agua (1,250 m<sup>3</sup>/ día)
- ❖ Análisis de agua materia prima

Este proyecto se efectuó en la empresa Marbelize S.A., para lo cual se utilizara los siguientes materiales:

- ❖ Agua materia prima (calidad de la misma) 40 % agua producto y 60 % agua rechazo
- ❖ Pozo con capacidad de 1,250 m<sup>3</sup>/día para producir 500 m<sup>3</sup>/día de agua producto.
- ❖ Equipo de ósmosis sistema BW-40
- ❖ Cisternas
- ❖ Torre dosificadora

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Los análisis del agua del pozo fueron:

	<b>Agua Bruta</b>
Ph	7,5
DUREZA CALCICA, mg/L CaCO <sub>3</sub>	327
DUREZA TOTAL, mg/L CaCO <sub>3</sub>	335
ALCALINIDAD, mg/L	220
Sulfato, mg/L	<5
STD, mg/L	5,736
Color, mg/L	<5
Turbidez, NTU	7,2
NPDOC, mg/L	<2,0
THM, mg/L	<10
Cloruro, mg/L	2,978
Hierro, mg/L	0,8
Manganeso, mg/L	BDL
Sodio, mg/L	1,725

### 4.2. COSTO OPERATIVO

#### 4.2.1. COSTO DEL EQUIPO E INSTALACIÓN

El espacio físico de la planta es de 6m de ancho por 20m de fondo, consta de las siguientes características:

SISTEMA BW – 100 de las siguientes características:

30 membranas 8040 BW para agua de pozo salobre, 99.50 % rechazo de sales, hasta 92 GPM de producción y 150 GPM de caudal de alimentación.

- ❖ 5 Porta membranas en fibra de vidrio reforzada 80240 por 6 elementos cada uno, side port 450 PSI.
- ❖ Bomba centrífuga, alta presión vertical en acero inoxidable 316 SS con motor eléctrico 40 hp, 250 PSI, 120 GPM, 3 ph. 220/440 V TEFC a prueba de humedad.

- ❖ Bomba centrífuga, para lavados químicos y enjuagues con agua producto en acero inoxidable 304 L, 5 ph. 220/440 V a prueba de humedad con control eléctrico y fuerza incorporado en tablero eléctrico.
- ❖ Prefiltración a 5 micras en filtros en acero inoxidable 390 GPM (3 unidades 130 GPM en paralelo).
- ❖ Estructura en acero inoxidable con ángulos y tubos cuadrados 2" y ángulos de 2" x 2" x 4 mm 7.5 metros de largo x 1.5 metros de profundidad x 1.8 metros de alto.
- ❖ Solenoide plástica de ingreso 3".
- ❖ Tuberías de alta presión en acero inoxidable soldada interna y externamente con argón.
- ❖ Sistema de válvulas que permite hacer lavados químicos tubo a tubo para maximizar eficiencia de lavados químicos y extender vida útil de membranas.
- ❖ Acoples Vitaulics en acero inoxidable
- ❖ Tablero eléctrico plástico hermético con control y fuerza.
- ❖ Sensor de baja presión
- ❖ Caudalímetros producto y rechazo.
- ❖ Sensor de TDS digital en línea de agua producto y alimentación.
- ❖ Horómetro.
- ❖ Tubería de baja presión en pvc reforzada.
- ❖ Válvulas reguladoras de presión y caudal en acero inoxidable.
- ❖ Dosificador Digital de inhibidor de incrustaciones
- ❖ Manómetros de prefiltro en acero inoxidable con glicerina.
- ❖ Manómetros de alta presión, arreglo 1, y rechazo en acero inoxidable con glicerina con cañerías en acero inoxidable.
- ❖ Arranque con delay para enjuague.
- ❖ 1 tanque de Inhibidor de incrustaciones PTP SILICA.
- ❖ Estación de lavados químicos CIP (limpieza química) y enjuague de agua producto incorporada con tanque de 2500 litros.
- ❖ Valvula motorizada de 1.5"
- ❖ Prefiltros para estación de limpieza 2 x 4.5" x 20" x 1.5" IN/OUT en paralelo
- ❖ Conexión de sistema de limpieza CIP a sistema de osmosis.

TODOS LOS ACCESORIOS SON PANEL MOUNTED

Precio: \$ 152,225.00 + IVA

Adicional recomendado como pre tratamiento:

FILTROS CLACK en Fibra de vidrio compuesta de 36" x 72" diámetro con válvulas 2" IN/OUT CLACK digital y material de soporte para retención de arenas y otras impurezas:

Precio cada Filtro: \$ 9,950.00 + IVA

Total dos Filtros: \$ 19,900.00 + IVA

TOTAL DE LA OFERTA: \$ 192,780.00 + IVA

#### **4.2.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN**

La asignación de costes de producción del agua y la energía es bastante problemática, sobre todo cuando de forma interesada se intenta cargar los costes solamente a uno de los productos. Hay diferentes métodos de contabilidad de costes utilizados para asignar que parte de ciertos costes comunes (El-Nashar, 1999).

En nuestro caso se estimara el valor del metro cúbico de agua destilada, a partir de todos los gastos involucrados en su obtención, esto es:

Costo total anual = costo por energía eléctrica consumida + costos por funcionamiento y mantenimiento + costos de mano de obra + costos de químicos utilizados.

Costo por energía eléctrica consumida = KWH consumidos\*costo KWH

Costo por funcionamiento y mantenimiento = mano de obra + mantenimiento.

Costo por energía eléctrica consumida = 200 KWH / semana x 52 semanas x \$ 0.13 / KWH

Costo por energía eléctrica consumida = \$ 1352

Mano de obra = número de personas \* salario promedio \* 12 meses.

Mano de obra = 3 personas x \$ 264 x 12 meses = \$ 9504

Mantenimiento = Mecánico + Soldadura + Instrumentos.

Mantenimiento = \$ 200 / semana x 52 semanas

Mantenimiento = \$ 8160

Costo total anual = kwh + M obr + Mant

Costo total anual = \$ 19016

Producción estimada anual = 146000 m<sup>3</sup>

Costo del metro cúbico de agua tratada = \$ 0,13 / m<sup>3</sup>

#### **4.4. RELACIÓN COSTO-BENEFICIO**

La implementación de la planta desalinizadora de agua a través de osmosis inversa tiene un costo total de \$192, 780,00.

El costo que actualmente tiene el agua es de:

Agua de la empresa pública: \$ 2.03

Agua de Tanqueros: \$ 3.50

A pesar de tener estos costos, el agua no tiene la suficiente calidad que necesitamos tener para ciertos procesos, por tal motivo actualmente se trata por el equipo de ósmosis 250m<sup>3</sup> diarios, de los cuales son.

Agua de la empresa pública: 187.50 m<sup>3</sup>

Agua de Tanqueros: 62.50 m<sup>3</sup>

Esto quiere decir que al valor que actualmente está costando el m<sup>3</sup>, hay que agregarle los gastos que genera el proceso de ósmosis, a continuación datos equivalentes:

Costo por energía eléctrica consumida = KWH consumidos\*costo KWH

Costo por funcionamiento y mantenimiento = mano de obra + mantenimiento.

Costo por energía eléctrica consumida = 100 KWH / semana x 52 semanas x \$ 0.13 / KWH

Costo por energía eléctrica consumida = \$ 676

Mano de obra = número de personas \* salario promedio \*12 meses.

Mano de obra = 3 personas x \$ 264 x 12 meses = \$ 9504

Mantenimiento = Mecánico + Soldadura + Instrumentos + Químicos.

Mantenimiento = \$ 200 / semana x 52 semanas

Mantenimiento = \$ 8160

Costo total anual = kwh + M obr + Mant

Costo total anual = \$ 18340

Producción estimada anual =  $(250 \text{ m}^3/\text{día} * 360 \text{ días}) = 90000 \text{ m}^3$

Costo del metro cúbico de agua tratada =  $\$ 0,20 / \text{m}^3$

En la actualidad la empresa compra diaria mente:

Agua de la empresa pública:  $550 \text{ m}^3$

Agua de Tanqueros:  $150 \text{ m}^3$

Está gastando en consumo de agua:

Agua de la empresa pública:  $550 \text{ m}^3$

$(187.50 \text{ m}^3 * \$2.23) + (362.50 * \$2.03)$

$\$ 418.13 + \$ 735.88 = \$ 1,154.01$

Agua de Tanqueros:  $150 \text{ m}^3$

$(62.50 \text{ m}^3 * \$3.78) + (87.50 * \$3.50)$

$\$ 236.25 + \$ 306.25 = \$ 542.50$

Total de agua consumida diariamente:  $\$1,696.51$

Total de agua consumida anualmente:  $\$610,743.60$

Estos resultados demuestran que la implementación es factible para el desarrollo de la empresa debido a que genera un gran ahorro en el pago por consumo del agua. La inversión de la empresa se pagaría en menos de un año exactamente en el 31% del año, es decir en casi cuatro meses.

Es evidente que, sin olvidar las posibilidades energéticas geodésicas, ni las solares, ni las cósmicas, tenemos que volver los ojos al mar, como fuente próxima de elementos inmediatos de riqueza, energía y vida. El mar nos ofrece enormes posibilidades, entre ellas, encontrar agua dulce. La desalinización de agua de mar es una gran solución al problema de la escasez de agua. Tengamos en cuenta que en el propio ciclo hídrico natural del agua, durante el proceso de evaporación de aguas de mar, ya existe el fenómeno de la desalinización.

Y más aun con los resultados obtenidos en este proyecto debemos pensar en un hoy bien planificado y estructurado para un mañana estable y rentable para todos.

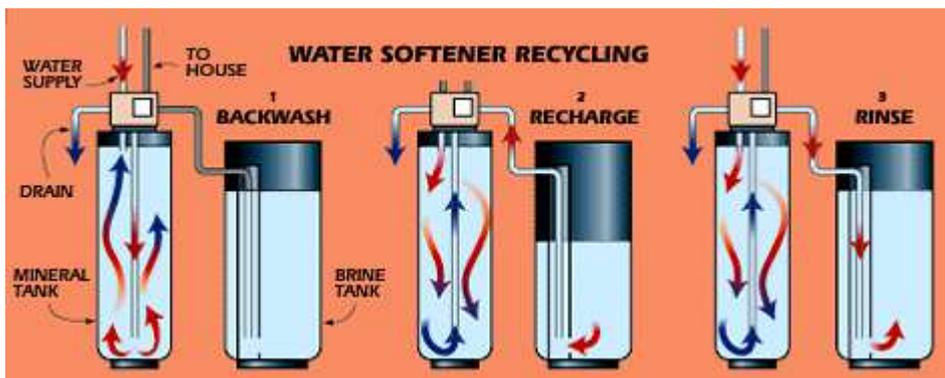
La desalinización de agua a través de ósmosis inversa ,entre todos los procesos para desalinización de agua de mar, es el de más bajo consumo energético, menores costos de inversión y producción, y mayor flexibilidad de ampliación en el caso de aumento de demanda.

### Anexo 2.1. Ablandador



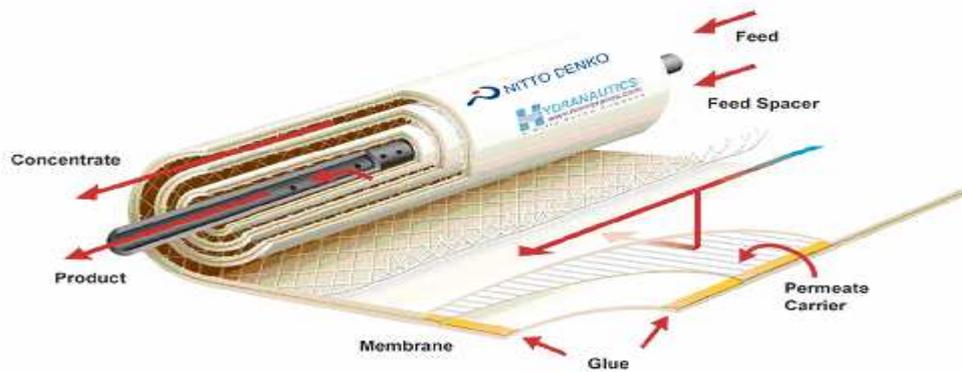
Fuente: [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

### Anexo 2.2. Tipos de Ablandadores



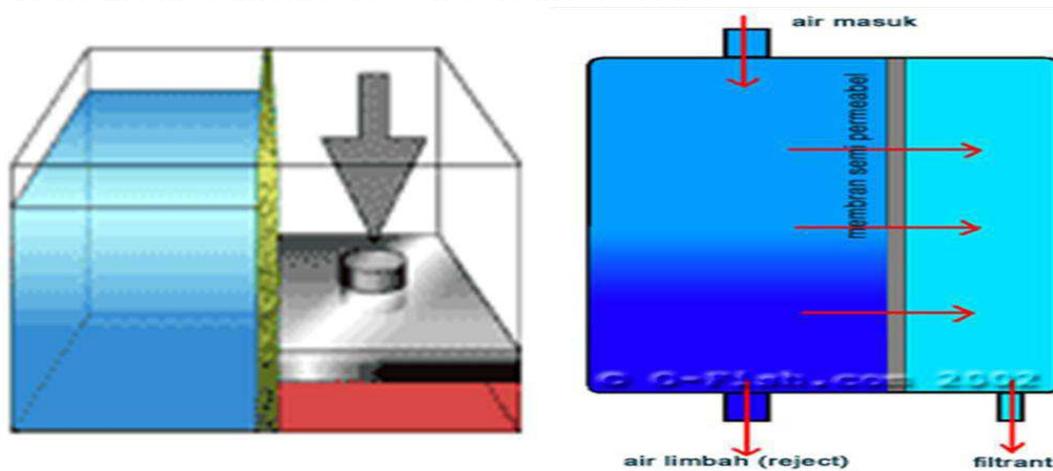
Fuente: [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

### Anexo 2.3 Filtro de ósmosis inversa

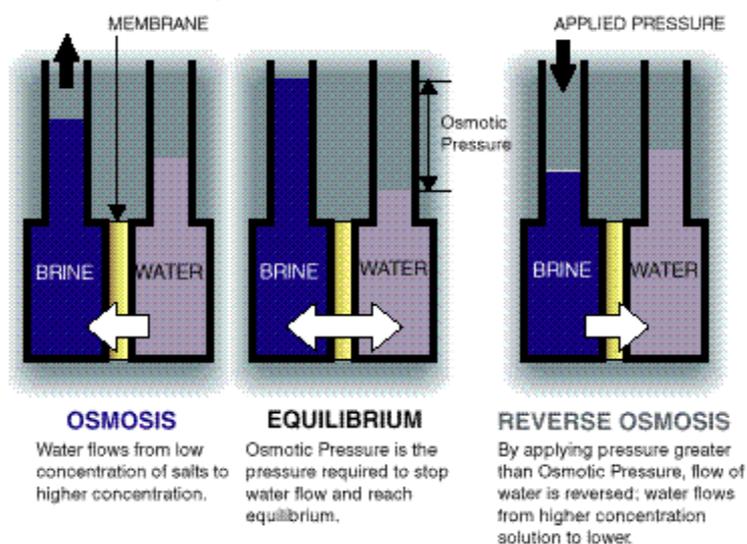


Fuente: [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-38385.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-38385.pdf)

### Anexo 2.4 Mecanismo de Osmosis Inversa Filtro



### Anexo 2.5 Desalación por Osmosis Inversa



Fuente: [www.veonawaterst.com](http://www.veonawaterst.com)

### Anexo 2.6 FOTOGRAFIAS DE LAS PARTES DEL EQUIPO



### Anexo 2.7 FOTOGRAFIAS DE LAS PARTES DEL EQUIPO



**Anexo 2.8 FOTOGRAFIAS DE LAS PARTES DEL EQUIPO****Anexo 2.9 FOTOGRAFIAS DE LAS PARTES DEL EQUIPO**

## BIBLIOGRAFIA

1. (Desalación por Ósmosis Inversa, Veolia Water Solutions & Technologies “L’ Aquarène”, [www.veoliawaterst.com](http://www.veoliawaterst.com))
2. (Desalación por Ósmosis Inversa, Veolia Water Solutions & Technologies “L’ Aquarène”, [www.veoliawaterst.com](http://www.veoliawaterst.com))
3. [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)
4. <http://www.portalplanetasedna.com.ar/desalinizar.htm>
5. <http://www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es->
6. (<http://www.lenntech.es/procesos/mar/general/desalacion-puntos-clave.htm>)
7. (<http://www.lenntech.es/procesos/mar/general/desalacion-puntos-clave.htm#ixzz1UC3EZGh2>)
8. ([http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec\\_17.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_17.html))
9. Fuente Consultada: La Última Cruzada de Andrés Repetto
10. (1) Heather Cooley, Peter H. Gleick, and Gary Wolff; “Desalination, with a grain of Salt. A California perspective”; Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Junio de 2006.
11. [www.veoliawaterst.com](http://www.veoliawaterst.com)