



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# PRODUCCIÓN DE AGUA DE MESA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE UDEP

Fiorella Semino-Zelada

Piura, enero de 2015

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Seminario, F. (2015). *Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP*. Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“Producción de agua de mesa por ósmosis inversa  
para autoabastecimiento de UDEP”**

**Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas**

**FIGURELLA FRANCESCICA SEMINO ZELADA**

**Asesor: Dr. Ing. José Luis Barranzuela Queneche**

**Piura, enero de 2015**

**A Dios, a la memoria de mis abuelos  
y a mis queridos padres.**

## PRÓLOGO

El presente trabajo ha sido desarrollado con el propósito de contribuir a hacer realidad un proyecto que desde hace algún tiempo la Universidad de Piura ha querido implementar, este proyecto consiste en producir agua de mesa para autoabastecerse.

La Universidad de Piura cuenta con pozo propio de agua pero la calidad del agua de este pozo no es adecuada para beber debido a que no cumple con algunos estándares recomendados para el agua para consumo humano, por lo que la Universidad compra agua de mesa para poder abastecerse y cubrir la demanda de consumo de su personal.

El gasto en el que incurre UDEP debido al consumo de agua es elevado por lo que se creyó conveniente buscar alternativas económicas para el abastecimiento de agua de mesa, una de estas alternativas es producir agua de mesa usando modernas técnicas de tratamiento.

Una de las técnicas más conveniente para las características del agua de Piura es la ósmosis inversa que nos permite tener agua de buena calidad a un precio razonable.

El objetivo principal de este trabajo ha sido comprobar la viabilidad del proyecto y, de ser factible, podría ponerse en marcha y ser de utilidad para la UDEP porque la producción de agua de mesa, al mismo tiempo que cubriría su demanda, permitiría ahorrar y disminuir sus gastos debidos a este concepto.

Otro beneficio asociado a este proyecto es que esta planta para producción de agua de mesa beneficiará a los estudiantes de Tecnología de Procesos y otros cursos que se dicten en la universidad pues podrán visitar la planta y así conocer de cerca uno de los tratamientos más modernos y completos para la producción de agua de mesa.

Deseo expresar mi agradecimiento a todos los que han colaborado con la elaboración de esta tesis, al personal del Laboratorio de Química, de manera especial a mi profesor y asesor Dr. Ing. José Luis Barranzuela que supo brindarme las pautas y guías para que pueda lograr desarrollar este trabajo.

## **RESUMEN**

El objetivo de la presente tesis es evaluar la instalación de una planta de producción de agua de mesa para abastecer a la UDEP que cumpla con los estándares de calidad y que le permita ahorrar en gastos por compra de agua a terceros.

La investigación de las diferentes técnicas de tratamiento permitió elegir como técnica principal a la ósmosis inversa que junto con un pretratamiento garantizarán un tratamiento adecuado para el agua proveniente del pozo de la UDEP.

Para la proyección de la demanda se aplicó el método de mínimos cuadrados teniendo para la demanda promedio de los próximos 15 años un valor de 265 litros/día inferior a la capacidad de la planta que es de 473 litros/turno por lo que se puede satisfacer ampliamente la demanda.

Para la evaluación económica se hizo uso del VAN y la TIR como indicadores para la evaluación de la inversión. Se obtuvo un VAN de \$ **103 606,17** y una TIR de **44,648 %**. Se concluye que el proyecto es aceptable.

## Índice general

	Pág.
Prólogo	
Resumen	
Índice general	
Introducción	
<b>Capítulo 1. Generalidades</b>	<b>3</b>
1.1. Potabilización del agua	3
1.2. Principales contaminantes del agua	9
1.2.1. Contaminantes microbiológicos	9
1.2.2. Contaminantes inorgánicos	9
1.2.3. Contaminantes orgánicos	11
1.2.4. Pesticidas	12
1.2.5. Desinfectantes secundarios	12
1.2.6. Sustancias y características que pueden estar en el agua y no agradar a los usuarios.	12
1.3. Propiedades del agua	14
1.3.1. Propiedades físicas no asociadas a cambio de estado	14
1.3.2. Propiedades físicas asociadas a cambio de estado	15
1.3.3. Propiedades químicas	16
1.3.4. Parámetros microbiológicos	18
1.4. Tecnologías de producción de agua de mesa	19
1.4.1. Técnicas de clarificación	20
1.4.1.1. Coagulación	20
1.4.1.2. Floculación	22
1.4.1.3. Sedimentación	22
1.4.1.4. Decantación	23
1.4.1.5. Filtración	24
1.4.2. Técnicas de esterilización y desinfección	29
1.4.2.1. Destilación	30
1.4.2.2. Cloración	31
1.4.2.3. Esterilización mediante rayos ultravioleta	33
1.4.2.4. Ozonización	36
1.4.3. Técnicas de eliminación de dureza	40
1.4.3.1. Ablandamiento	40
1.4.4. Técnicas de desmineralización	43
1.4.4.1. Intercambio iónico	43

1.4.4.2. Electrodiálisis	45
1.4.4.3. Desionización	46
1.5. Ósmosis inversa tecnología para producir agua de mesa	48
1.5.1. Ósmosis inversa	48
1.5.2. Factores de funcionamiento de la ósmosis inversa	51
1.5.3. Pretratamiento del agua a tratar por ósmosis inversa	51
1.5.4. La Membrana de la ósmosis inversa	52
1.5.5. Deterioro de las membranas de ósmosis inversa	56
1.5.6. Factores del agua de alimentación que afectan la membrana	57
1.5.7. Eficiencia de la OI	58
1.5.8. Ventajas del uso de la ósmosis inversa en el tratamiento de agua	59
<b>Capítulo 2. Estudio de mercado</b>	61
2.1. Fuentes de información	61
2.1.1. Fuentes de información primarias	61
2.1.2. Fuentes de información secundarias	61
2.2. Descripción del mercado	61
2.2.1. Descripción del mercado mundial	61
2.2.2. Descripción del mercado nacional	62
2.2.3. El usuario o consumidor	64
2.3. Segmentación del mercado	64
2.4. Mercado objetivo del proyecto	65
2.5. Descripción del producto	65
2.6. Análisis de la demanda	65
2.6.1. Comportamiento histórico de la demanda	65
2.6.1.1. Evolución histórica del consumo	65
2.6.1.2. Cuantificación de la tendencia, estacionalidad y comportamiento cíclico de la demanda.	66
2.6.2. Análisis del comportamiento de la demanda actual	67
2.6.3. Análisis del comportamiento de la demanda futura o proyectada	67
2.7. Análisis de la oferta	69
2.7.1. Análisis del comportamiento histórico de la oferta	69
2.7.2. Análisis del comportamiento de la oferta actual	70
2.7.3. Análisis del comportamiento de la oferta futura	74
<b>Capítulo 3. Gestión de la producción de agua de mesa en la UDEP</b>	75
3.1. Pre requisitos para el sistema de producción de agua de mesa	75
3.1.1. Buenas prácticas de manufactura	75
3.1.1.1. Higiene personal	75
3.1.1.2. Hábitos personales	76
3.1.1.3. Prácticas operativas	76
3.1.1.4. Control de enfermedades	76
3.1.2. Requisitos de infraestructura según las BPM	77
3.1.2.1. Pisos	77
3.1.2.2. Pasillos	78
3.1.2.3. Paredes	78
3.1.2.4. Techos	78
3.1.2.5. Ventanas	79
3.1.2.6. Puertas	79
3.1.2.7. Los sanitarios	79
3.2. Sistema general de producción de agua de mesa	80

3.2.1. Norma sanitaria para la aplicación del sistema HACCP	80
3.2.1.1. pre requisitos del sistema HACCP	80
3.2.2. Norma ISO 9001:2008	80
3.2.2.1. Metodología de procesos	81
3.3. Planificación de la realización del producto	81
3.3.1. Objetivo de calidad y requisitos del producto	81
3.3.2. Procesos para la elaboración del producto	81
3.3.3. Recursos para la elaboración del producto	82
3.3.4. Actividades de validación, seguimiento e inspección	82
3.3.4.1. Revisión	82
3.3.4.2. Verificación	82
3.3.4.3. Validación	82
3.3.5. Registros necesarios para dar evidencia que el producto cumple con los requisitos	82
3.4. Gestión de procesos	82
3.4.1. Definición del sistema de producción	82
3.4.2. Operaciones, flujos y almacenamientos	83
3.4.3. Fases del proceso de producción. Flujograma del proceso	83
3.4.4. Capacidad del proceso de producción	84
3.4.4.1. Capacidad de equipos	85
3.4.5. Eficiencia	85
3.4.6. Efectividad	85
3.5. Desarrollo del proceso de producción	85
3.5.1. Elementos de entrada	85
3.5.1.1. Análisis de materia prima. Agua de pozo UDEP	85
3.5.1.2. Mano de obra	86
3.5.1.3. Insumos	87
3.5.2. Maquinaria y Equipo	88
3.5.2.1. Especificaciones técnicas de los equipos	88
3.6. Diseño de fábrica	93
3.6.1. Localización	93
3.6.2. Infraestructura	93
3.6.2.1. Estructura y acabados	93
3.6.2.2. Iluminación	94
3.6.2.3. Ventilación	94
3.6.3. Distribución de planta	94
3.6.3.1. Principios de la distribución	95
3.6.3.2. Tipo de distribución	95
3.6.3.3. Localización y área del terreno	96
3.6.4. Grafico relacional	96
3.6.5. Espacio requerido	96
3.6.6. Descripción del proceso	96
3.6.6.1. Pretratamiento del agua	96
3.6.6.2. Descripción del proceso	100
3.6.7. Aspectos relacionados al proceso de fabricación	102
3.6.7.1. Abastecimiento de agua	102
3.6.7.2. Proceso de envasado	102
3.6.7.3. Material de equipo y utensilios	103
3.6.7.4. Instalaciones y equipos accesorios	103
3.6.7.5. Dispositivos de seguridad y control	103

3.6.7.6. Cuidados en la sala de fabricación	103
3.6.7.7. Rotulado	103
3.6.7.8. Almacenes	103
3.6.7.9. Desperdicios	104
3.6.7.10. Transporte	104
3.6.7.11. Comercialización	104
3.6.7.12. Identificación y trazabilidad	104
3.7. Gestión de compras	105
3.7.1. Proceso de compras	105
3.7.2. Información de compras	105
3.7.3. Verificación de los productos comprados	105
3.8. Gestión de mantenimiento	105
3.9. Saneamiento HACCP	106
3.10. Control de calidad del producto	106
3.11. Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2008	107
3.11.1. Requisitos generales	107
3.11.2. Requisitos de la documentación	108
3.11.2.1. Manual de calidad	108
3.11.2.2. Control de los documentos	109
3.11.2.3. Control de los registros	109
3.11.3. Responsabilidad de la dirección	109
3.11.3.1. Compromiso de la dirección	109
3.11.3.2. Política de calidad	110
3.11.3.3. Objetivo de la calidad	110
3.11.4. Responsabilidad de cada área	110
3.11.5. Auditorías internas	110
3.11.6. Gestión de recursos	110
3.11.7. Recursos humanos	110
3.11.8. Seguimiento y control de producto	111
3.11.9. Control de equipos de seguimiento y medición	111
3.11.10. Medición, análisis y mejora	111
3.11.11. Producto no conforme	111
3.11.12. Acción preventiva	112
3.11.13. Mejora continua	112
3.12. Control de calidad sanitaria e inocuidad	112
3.12.1. Sistema HACCP	112
3.12.2. Procedimiento para preparar un sistema HACCP	113
3.12.3. Validación técnica de HACCP	113
3.12.4. Registro de información	113
3.13. El registro sanitario	114
3.14. Sistema de gestión ambiental (ISO 14000)	114
<b>Capítulo 4: Evaluación económica del proyecto</b>	117
4.1. Evaluación	117
4.1.1 Inversión fija	117
4.1.2. Depreciación de activos y valor residual de la planta	118
4.1.3. Costos de operación y precio de venta del producto	118
4.1.4. Evaluación económica	119
4.1.4.1. Método del valor presente actual neto	119
4.1.4.2. Método de la tasa interna de retorno	120

<b>Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones</b>	123
<b>Referencias bibliográficas</b>	125
<b>Bibliografía</b>	129
<b>Anexos</b>	135
Anexo A. Normas técnicas peruanas NTP referentes a la calidad y tratamiento del agua	137
Anexo B. Solicitud de cotización a proveedores de equipos	141
Anexo C. Cotizaciones de proveedores	143
Anexo D. Comparación de cotizaciones	185
Anexo E. Procedimientos para autorización y registro sanitario	189
Anexo F. Cálculos y costos de materia prima e insumos	195
Anexo G. Costos de operación	201

## INTRODUCCIÓN

Actualmente es difícil encontrar fuentes naturales de agua de buena calidad para consumo humano, pues casi siempre tienen algunos contaminantes. Algunas de las causas más comunes de su contaminación son los sistemas de alcantarillado, la contaminación ambiental y la resistencia de los microorganismos a algunos de los tratamientos. Esta falta de garantía y seguridad en el suministro de agua es una amenaza para la salud en el mundo.

Por esta razón los consumidores en distintas ciudades del mundo desde hace algunos años han percibido un notable deterioro en la calidad del agua de las redes de agua potable, motivo por el cual se han visto obligados a adoptar algunas medidas. En algunos casos como el de nuestro país y en nuestra ciudad, se está recurriendo con creciente frecuencia al uso de agua envasada de calidad de mesa. Asimismo, están promocionándose los equipos de purificación doméstica de agua de diferentes tipos, principalmente por ósmosis inversa.

Las técnicas convencionales de tratamiento de agua resultan en algunos casos insuficientes para garantizar un agua de óptima calidad. Es por eso que empiezan a emplearse nuevas tecnologías de potabilización, basadas en la combinación de los procesos físico-químicos de la filtración, la difusión y la adsorción. Las nuevas tecnologías usadas son la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración y la ósmosis inversa.

En el primer capítulo del presente trabajo se describen las diversas técnicas de tratamiento de agua; en especial se describe el tratamiento de agua por ósmosis inversa, tratamiento probadamente eficaz para la separación de sustancias contaminantes en el agua incluyendo constituyentes muy pequeños como los iones monovalentes de sodio y cloro.

En el segundo capítulo se aborda un estudio de mercado para conocer las características del mercado y los valores de indicadores como la oferta y demanda. Con este estudio se comprobó que el mercado de agua embotellada está en pleno auge y la demanda de agua de mesa en UDEP se incrementará en los próximos años.

En el tercer capítulo se diseña el proceso de producción, se describe la localización y distribución en planta. La planta de tratamiento estará ubicada en la zona de plantas piloto ubicada en el edificio de Química de la UDEP. Se determinó que ésta trabajará en turnos de 8 horas con una producción promedio de 265 L/día siendo la capacidad máxima de 1419 L/día.

En el cuarto capítulo se realiza un análisis económico para evaluar la rentabilidad del proyecto obteniendo los valores de indicadores económicos como el valor presente neto (VAN) y la tasa de interna de retorno (TIR) que permitan afirmar si el proyecto es viable o no.

Finalmente se incluyen las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía utilizada y siete anexos con información de interés relacionada al trabajo.

# Capítulo 1

## Generalidades

### 1.1. Potabilización del agua

El agua potable es aquella apta para el consumo humano y uso doméstico. Debe estar libre de sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radioactivo que puedan poner en peligro la salud de quien la consume.

Físicamente el agua potable debe ser translúcida, con un mínimo de turbidez y color, inodora e insípida. Desde el punto de vista químico, las concentraciones de los elementos o compuestos que contenga no deben ser mayores que las indicadas en los estándares de calidad del agua o guías para la calidad del agua potable establecidos por la OMS (Organización Mundial de la Salud) y por organismos especializados de cada país, pudiendo variar de uno a otro como por ejemplo la EPA (*Environment Protection Agency* o Agencia de Protección Ambiental) y la ASTM (*American Society for Testing and Materials* o Sociedad Americana de Ensayo de Materiales), de los EE.UU. En el Perú mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprobaron los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

El agua potable proviene de diversas fuentes. Puede obtenerse de pozos, desde donde es bombeada, o a partir del agua superficial de los ríos, lagos, mares, etc. En la mayoría de los casos el agua natural necesita un tratamiento de purificación que comprenderá un número mayor o menor de operaciones y/o procesos dependiendo de su procedencia. Este tratamiento determina el costo de la potabilización.

Existen diferentes calidades de agua dependiendo del uso que se le dé, como por ejemplo: agrícola, doméstico, industrial, acuicultura, generación de energía, consumo humano, etc. En este estudio nos referiremos siempre al agua para consumo humano, específicamente al agua potable y a su tratamiento.

El agua en su estado natural no es pura; contiene impurezas de naturaleza orgánica e inorgánica ya sea disueltas o como partículas sedimentables o en suspensión.

Las impurezas orgánicas pueden provenir de la degradación biológica de sustancias orgánicas, la cual produce ácidos grasos, carbohidratos, aminoácidos e hidrocarburos que liberan sustancias coloreadas disueltas o en suspensión como materia coloidal y le confieren color al agua.

Entre las impurezas inorgánicas podemos mencionar partículas de arcillas, metales pesados y/o tóxicos como hierro, manganeso, plomo, mercurio, arsénico, cobre, zinc, etc.; compuestos nitrogenados tales como amoníaco, nitritos y nitratos, carbonatos o bicarbonatos de calcio y magnesio; aniones como cloruros, fluoruros, sulfatos y silicatos. Estos contaminantes inorgánicos se encuentran en el agua debido a que son arrastrados hacia las fuentes naturales por el agua de lluvia.

Algunos de los contaminantes microbiológicos que puede contener el agua son microorganismos como virus, bacterias, amebas. Aparte de estas sustancias, existen otros contaminantes de carácter antropogénico tales como cianuros, fenoles, cromo y detergentes.

En términos generales, las impurezas contenidas en el agua pueden clasificarse en:

- Sólidos suspendidos: arena, arcilla, materia orgánica animal y vegetal.
- Partículas coloidales.
- Partículas disueltas: cationes (calcio, magnesio, manganeso, hierro, sodio, potasio, amonio, etc.) y aniones (sulfatos, nitratos, nitritos, cloruros, etc.).
- Gases disueltos: oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno.

Debido precisamente a que el agua contiene contaminantes, una vez tratada debe cumplir una serie de estándares de calidad antes mencionados.

Las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 nos detallan los estándares de calidad señalados por la OMS para el agua potable, correspondientes a sustancias inorgánicas, orgánicas, contaminantes microbiológicos, pesticidas y desinfectantes, dichos estándares fueron establecidos en Génova en 1993, y sirven como referencia internacional para establecer estándares propios y de calidad del agua.

Los estándares de calidad del agua se refieren a niveles máximos permisibles de contaminantes. Se formulan para cualquier contaminante que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana y cada empresa que purifica agua para consumo humano tiene que cumplirlos.

La EPA establece los estándares relacionados a aproximadamente 90 contaminantes del agua potable (Agencia de Protección Ambiental, 2014). Para cada uno de estos contaminantes, la EPA establece el límite legal llamado un nivel máximo permisible de contaminación o exige un tratamiento específico. La EPA también establece estándares secundarios basados en características organolépticas (dichos estándares secundarios no están relacionados con los efectos de salud).

En el Perú en 1999, el grupo de trabajo Gesta Agua formado por 21 instituciones del sector público, privado y académico actuando la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) como secretaria técnica. Posterior a ello se creó el Ministerio del Ambiente que tiene como una de sus funciones específicas elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites máximos permisibles. En el año 2008 se establecen los Estándares de Calidad Ambiental del agua (ECA).

**Tabla 1.** Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. Contaminantes inorgánicos.

Elemento/sustancia	Símbolo/fórmula	Directriz de la OMS
Aluminio	Al	0,2 mg/L
Amonio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No hay directriz
Antimonio	Sb	0,02 mg/L
Arsénico	As	0,01 <sup>(P)</sup> mg/L
Asbestos		No hay directriz
Bario	Ba	0,7 mg/L
Berilio	Be	No hay directriz
Boro	B	0,5 <sup>(T)</sup> mg/L
Cadmio	Cd	0,003 mg/L
Cloro	Cl	5 <sup>(C)</sup>
Cromo	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	0,05 mg/L (Para cromo total)
Color		No se menciona
Cobre	Cu	2 mg/L
Cianuro	CN <sup>-</sup>	0,07 mg/L
Oxígeno disuelto	O <sub>2</sub>	No hay directriz
Fluoruro	F	1,5 mg/L
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	(*)
Sulfuro de hidrógeno	H <sub>2</sub> S	No hay directriz
Hierro	Fe	No hay directriz
Plomo	Pb	0,01 mg/L
Manganeso	Mn	0,4 <sup>(C)</sup> mg/L
Mercurio	Hg	0,006 mg/L
Molibdeno	Mo	0,07 mg/L
Níquel	Ni	0,07 mg/L
Nitratos y nitritos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	50 mg/L nitrógeno total
pH		(*)
Selenio	Se	0,01 mg/L
Plata	Ag	No hay directriz
Sodio	Na	(*)
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	(*)
Estaño inorgánico	Sn	No hay directriz
STD		(*)
Uranio	U	0,015 <sup>(P,T)</sup> mg/L
Zinc	Zn	(*)

<sup>(P)</sup> Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información relativa a sus efectos sobre la salud.

<sup>(T)</sup> Valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es mediante métodos de tratamiento prácticos, protección de la fuente, etc.

<sup>(C)</sup> Concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al respecto, sabor u olor del agua y dar lugar a reclamaciones de los consumidores.

<sup>(\*)</sup> Las concentraciones detectadas normalmente no son peligrosas para la salud.

Fuente: OMS. Guías para la calidad del agua. Tercera Edición. Recuperado de:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf) Elaboración: propia.

**Tabla 2.** Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. Compuestos orgánicos

Grupo	Sustancia	Fórmula	Directriz de la OMS	
Alcanos clorinados	Tetracloruro de carbono	CCl <sub>4</sub>	0,004 mg/L	
	Diclorometano	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0,02 mg/L	
	1,1-Dicloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	No hay directriz	
	1,2-Dicloroetano	ClCH <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl	0,03 mg/L	
	1,1,1-Tricloroetano	CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	(*)	
Etenos clorinados	1,1-Dicloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	(*)	
	1,2-Dicloroetano	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	0,05 mg/L	
	Tricloroetano	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	0,02 <sup>(P)</sup> mg/L	
	Tetracloroetano	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,04 mg/L	
	Tolueno	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,7 mg/L	
	Xilenos	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,5 <sup>(C)</sup> µg/L	
	Etilbenceno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,3 <sup>(C)</sup> mg/L	
Bencenos clorinados	Estireno	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	0,02 mg/L	
	Monoclorobenceno (MCB)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	(*)	
	Diclorobencenos (DCBs)	1,2-Diclorobenceno (1,2-DCB)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	1 <sup>(C)</sup> mg/L
		1,3-Diclorobenceno (1,3-DCB)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	No hay directriz
		1,4-Diclorobenceno (1,4-DCB)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	0,3 mg/L
Triclorobencenos (TCBs)	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	(*)		
Constituyentes orgánicos misceláneos	Di(2-etilhexil)adipato (DEHA)	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> O <sub>4</sub>	(*)	
	Di(2-etilhexil)phtalato (DEHP)	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	0,008 µg/L	
	Acrilamida	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> NO	0,0005 mg/L	
	Epiclorohidrina (ECH)	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO	0,0004 <sup>(P)</sup> mg/L	
	Hexaclorobutadieno (HCBD)	C <sub>4</sub> Cl <sub>6</sub>	0,0006 mg/L	
	Ácido nitrilotriacético (NTA)	N(CH <sub>2</sub> COOH) <sub>3</sub>	0,2 mg/L	
	Diaquilos de estaño	R <sub>2</sub> Sn X <sub>2</sub>	(+)	

(\*) Se presenta en el agua en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.

(P) Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información relativa a sus efectos sobre la salud;

(C) Concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al respecto, sabor u olor del agua y dar lugar a reclamaciones de los consumidores.

(+) Los datos disponibles no permiten calcular valor de referencia en efectos sobre la salud.

Fuente: OMS. Guías para la calidad del agua. Tercera Edición. Recuperado de:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf) Elaboración: propia.

**Tabla 3.** Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. Pesticidas

Sustancia	Fórmula	Directriz de la OMS	
Aalaclo	$C_{14}H_{20}ClNO_2$	0,02 mg/L	
Aldicarb	$C_7H_{14}N_2O_4S$	0,01 mg/L	
Aldrín y dieldrín	$C_{12}H_8Cl_6 / C_{12}H_8Cl_6O$	0,00003 mg/L	
Atracina	$C_8H_{14}ClN_5$	0,002 mg/L	
Bentazona	$C_{10}H_{12}N_2O_3S$	(*)	
Carbofurán	$C_{12}H_{15}NO_3$	0,007 mg/L	
Clordano	$C_{10}H_6Cl_8$	0,0002 mg/L	
Clorotolurón	$C_{10}H_{13}ClN_2O$	0,03 mg/L	
DDT	$C_{14}H_9Cl_5$	0,001 mg/L	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	$C_3H_5Br_2Cl$	0,001 mg/L	
Ácido 2,4-diclorophenoxiacético (2,4-D)	$C_8H_6Cl_2O_3$	0,03 mg/L	
1,2-Dicloropropano	$C_3H_6Cl_2$	0,04 <sup>(P)</sup>	
1,3-Dicloropropano	$C_3H_6Cl_2$	(+)	
1,3-Dicloropropeno	$CH_3CHClCH_2Cl$	0,02 mg/L	
Heptacloro y epóxido de heptacloro	$C_{10}H_5Cl_7$	(*)	
Hexaclorobenceno (HCB)	$C_{10}H_5Cl_7O$	(*)	
Isoproturón	$C_{12}H_{18}N_2O$	0,009 mg/L	
Lindano	$C_6H_6Cl_6$	0,002 mg/L	
MCPA	$C_9H_9ClO_3$	0,002 mg/L	
Metoxicloro	$(C_6H_4OCH_3)_2CHCl_3$	0,02 mg/L	
Metolacloro	$C_{15}H_{22}ClNO_2$	0,01 mg/L	
Molinato	$C_9H_{17}NOS$	0,006 mg/L	
Pendimetalina	$C_{13}H_{19}O_4N_3$	0,02 mg/L	
Pentaclorofenol (PCP)	$C_6HCl_5O$	0,009 mg/L	
Permetrina	$C_{21}H_2Cl_2O_3$	0,3 mg/L	
Propanil	$C_9H_9Cl_2NO$	No hay directriz	
Simacina	$C_7H_{12}ClN_5$	0,002 mg/L	
Trifluralina	$C_{13}H_{16}F_3N_3O_4$	0,02 mg/L	
Clorofenoxi herbicidas excluyendo 2,4-D and MCPA)	2,4-DB	$C_{10}H_{10}Cl_2O_3$	0,09 mg/L
	Diclorprop	$C_9H_8Cl_2O_3$	0,1 mg/L
	Fenoprop	$C_9H_7Cl_3O_3$	0,009 mg/L
	MCPB	$C_{11}H_{13}ClO_3$	No hay directriz
	Mecoprop	$C_{10}H_{11}ClO_3$	0,01 mg/L
	2,4,5-T	$C_8H_5Cl_3O_3$	0,009 mg/L

(\*) Se presenta en el agua en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.

(P) Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información relativa a sus efectos sobre la salud.

(+) Los datos que se tienen son insuficientes para establecer una directriz.

Fuente: OMS. Guías para la calidad del agua. Tercera Edición. Recuperado de:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf). Elaboración: propia

**Tabla 4.** Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. Desinfectantes y subproductos de desinfectantes

Grupo	Sustancia	Fórmula	Directriz de la OMS	
	Cloro	Cl <sub>2</sub>	5 mg/L <sup>(C)</sup>	
	Dióxido de cloro	ClO <sub>2</sub>	No hay directriz	
	Yodo	I <sub>2</sub>	No hay directriz	
Subproductos de desinfectantes	Bromato	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01 <sup>(A,T)</sup> mg/L	
	Clorato	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,7 <sup>(D)</sup> mg/l	
	Clorito	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,7 <sup>(D)</sup> mg/L	
	Clorofenoles	2-Clorofenol (2-CP)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ClO	No hay directriz
		2,4-Diclorofenol (2,4-DCP)	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> O	No hay directriz
		2,4,6-Triclorofenol (2,4,6-TCP)	C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> O	0,2 <sup>(C)</sup> mg/L
	Formaldehido		HCHO	(*)
	MX (3-Cloro-4-diclorometil-5-hidroxi-2(5H)-furanona)		C <sub>5</sub> H <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	(*)
	Trihalometanos	Bromoformo	CHBr <sub>3</sub>	0,1 mg/L
		Dibromoclorometano	CHBr <sub>2</sub> Cl	0,1 mg/L
		Bromodiclorometano	CHBrCl <sub>2</sub>	0,06 mg/L
		Cloroformo	CHCl <sub>3</sub>	0,3 mg/L
	Ácidos acéticos clorinados	Ácido monocloroacético	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> ClO <sub>2</sub>	0,02 mg/L
		Ácido dicloroacético	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,05 mg/L
		Ácido tricloroacético	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	0,02 mg/L
	Hidrato clórico (tricloroacetaldehido)		CCl <sub>3</sub> CH(OH) <sub>2</sub>	(*)
	Cloroacetonas		C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> OCl	No hay directriz
	Acetonitrilos halogenados	Dicloroacetonitrilo	C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub> N	0,02 mg/L <sup>(P)</sup>
		Dibromoacetonitrilo	C <sub>2</sub> HBr <sub>2</sub> N	0,07 mg/L
		Bromocloroacetonitrilo	CHCl <sub>2</sub> CN	No hay directriz
Tricloroacetonitrilo		C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> N	No hay directriz	
Cianuro de cloro		ClCN	0,07 mg/L	
Cloropicrina		CCl <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	No hay directriz	

<sup>(C)</sup> Concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al respecto, sabor u olor del agua y dar lugar a reclamaciones de los consumidores.

<sup>(A)</sup> Valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es menor que el límite de cuantificación alcanzable.

<sup>(T)</sup> Valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es mediante métodos de tratamiento prácticos, protección de la fuente, etc.

<sup>(D)</sup> Valor de referencia provisional porque es posible que la desinfección ocasione la superación del valor de referencia.

<sup>(\*)</sup> Se presenta en el agua en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos.

<sup>(P)</sup> Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información relativa a sus efectos sobre la salud.

Fuente: OMS. Guías para la calidad del agua. Tercera Edición. Recuperado de:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf). Elaboración: propia

**Tabla 5.** Directrices de la OMS para la calidad del agua potable. Microorganismos

Sustancia	Directriz de la OMS
E. coli o bacterias coliformes termotolerantes	No debe contener ninguna bacteria por cada 100 mL de muestra.
Coliformes totales	No debe contener ninguna bacteria por cada 100 mL de muestra.

Fuente: OMS. Guías para la calidad del agua. Tercera Edición. Recuperado de: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf). Elaboración: propia.

El INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual) a través de la elaboración de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) nos da los lineamientos para realizar ensayos para verificar la calidad del agua. En el anexo A se presenta un listado de las NTP referentes a la toma de muestra y ensayos para verificar el contenido de contaminantes químicos en el agua cumplan con los estándares de calidad.

## 1.2. Principales contaminantes del agua

### 1.2.1. Contaminantes microbiológicos

**Coliformes fecales:** Microorganismos que si están presentes en el agua dan señal de contaminación fecal del agua. (Truque, s.f., p. 9). La concentración de coliformes fecales máxima permitida de acuerdo a los estándares de la OMS es de 0 (cero) UFC (unidades formadoras de colonias)/100 mL.

**Coliformes totales:** “Bacterias coliformes cuya presencia en el agua es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otros tipos de desechos en descomposición” (Truque, s.f., p. 9) Los estándares de la OMS establecen un parámetro de 0 (cero) UFC/mL para las bacterias coliformes totales.

### 1.2.2. Contaminantes inorgánicos

**Aluminio:** Elemento químico que dependiendo de las características del agua, puede disolverse en lagos, arroyos y ríos. (Truque, s.f., p. 16) La recomendación de la OMS permite un máximo de 0,2 mg/L para que no cause ningún daño en la salud humana.

**Arsénico:** Elemento sumamente tóxico, causa de varios tipos de cáncer, puede dañar el sistema circulatorio y el sistema nervioso central. (Truque, s.f., p. 10). El estándar establecido por las guías de la OMS es de 0,01 mg/L.

**Asbesto:** Es un mineral fibroso que contamina al agua por estar presente en ella o porque se contamina al pasar por las cañerías hechas de este material. El asbesto está ligado al cáncer de los pulmones y otra variedad de cáncer. No hay directriz de la OMS para este mineral.

**Cadmio:** “Uno de los metales más tóxicos. Es biopersistente.” (Truque, s.f., p. 10). El nivel establecido por la OMS es de 0,003 mg/L.

**Cianuro:** “Sustancia química potencialmente letal, que actúa como tóxico a través de la inhibición de ciertas proteínas” (Truque, s.f., p. 10). El valor recomendado por la OMS es de 0,07 mg/L.

**Cobre:** Metal pesado que generalmente se encuentra como contaminante en el agua superficial y subterránea del mundo, pero en cantidades que no ofrecen riesgo para el ser humano. (Truque, s.f., p. 10). El límite dado por la OMS es de 2 mg/L.

**Cromo:** “Es un metal que se halla espontáneamente en el agua” (Truque, s.f., p. 11). Las guías de la OMS establecen un nivel máximo recomendable de 0,05 mg/L.

**Hierro:** Mineral muy frecuente en aguas subterráneas, ocasiona un color rojizo al agua. El hierro ferroso es altamente soluble pero el hierro férrico es muy insoluble. El hierro no es considerado peligroso para la salud. “Cuando el nivel de hierro en el agua excede los 0,3 mg/L, el agua comienza a presentar sabor metálico y un olor ofensivo” (Truque, s.f., p. 17). No hay directriz de la OMS para este mineral.

**Mercurio:** “Metal que está en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas” (Truque, s.f., p. 11). La contaminación del agua por mercurio es producida por industrias químicas que producen cloro, fábricas de fungicidas y de pinturas contra hongos, de plásticos, por minas de cinabrio (sulfuro de mercurio), en la extracción de oro y plata, en las refinerías de petróleo. El cloruro mercúrico, el fulminato mercúrico, el acetato fenil mercúrico así como otros compuestos de mercurio son muy tóxicos a ciertas concentraciones, pues provocan alteraciones en la mucosa intestinal e inhibición de ciertas enzimas. En las mujeres embarazadas puede provocar trastornos teratogénicos graves, también puede producir alteraciones genéticas, lesiones renales y del sistema nervioso central y hasta la muerte. El estándar establecido por la OMS es de 0,006 mg/L.

**Nitrato:** Ión presente en la mayoría de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenes de estiércol. En sí mismo no es particularmente venenoso para los seres humanos. Su concentración está limitada por los estándares de la OMS a 50 mg/L de nitrógeno total. (Truque, s.f., p. 11)

**Nitrito:** Anión a partir del cual pueden formarse nitrosaminas, que son cancerígenas. (Truque, s.f., p. 11). El estándar dado por la OMS es de 50 mg/L nitrógeno total.

**Plomo:** “Elemento tóxico muy peligroso para la salud. El plomo entra al agua potable como resultado de la corrosión o desgaste de los materiales que están en el sistema de suministro de agua y la plomería doméstica” (Truque, s.f., p. 11). La concentración de plomo recomendada por la OMS es de 0,01 mg/L.

**Selenio:** “Micromineral antioxidante que previene las reacciones excesivas de oxidación” (Truque, s.f., p. 12). Está presente en erosiones de depósitos naturales, efluentes de refinerías de petróleo y efluentes de minas. Puede

producir caída del cabello o de las uñas, adormecimiento de dedos, de manos y pies, y problemas circulatorios. La OMS estableció un nivel de 0,01 mg/L.

**Sales de calcio y magnesio:** Compuestos que cuando existen en cantidad elevada disueltos en el agua provocan dureza en el agua.

**Sodio:** “Metal suave, reactivo y de bajo punto de fusión. El sodio reacciona con rapidez y violencia con el agua, y también con nieve y hielo. Cuando se mezcla con el agua flota sobre ella descomponiéndola” (Truque, s.f., p. 17). Debido a que el sodio es explosivo y venenoso en el agua la OMS permite un nivel máximo de 200 mg/L.

**Zinc:** “Metal químicamente activo pero poco abundante en la corteza terrestre. El agua potable contiene cierta cantidad de zinc, la cual puede ser mayor cuando es almacenada en tanques de metal. Las fuentes industriales como la minería, la combustión de carbón, fabricación de acero pueden causar la presencia a niveles peligrosos de este metal en el agua potable. Una de las consecuencias es que los ríos depositan fango contaminado con zinc en sus orillas, el cual puede incrementar la acidez del agua” (Truque, s.f., p. 17). Se presenta en el agua en concentraciones mucho menores que las que pueden producir efectos tóxicos. No se ha establecido límite.

### 1.2.3. Contaminantes orgánicos

**Tetracloruro de carbono:** Compuesto orgánico que se encuentra con más frecuencia en forma de gas incoloro. No se disuelve en agua muy fácilmente. (Truque, s.f., p. 17) El valor máximo recomendado por la OMS para este parámetro es de 0,004 mg/L.

**Acrilamida:** Sustancia química que se usa en la purificación de agua (Truque, s.f., p. 17). El límite establecido por la OMS es de 0,0005 mg/L.

**Compuestos orgánicos volátiles (VOC):** Compuestos que tienen todo tipo de reactivos químicos con importantes propiedades en común: son volátiles, se evaporan fácilmente, y contienen carbono (llamado carbono orgánico). Cuando están presentes en el agua a baja concentración, algunos VOC producen un suave y agradable olor. Ejemplos de contaminación detectados por los VOC son: el benceno, tricloroetileno, etc. Estos compuestos en altas concentraciones son causa de daños en órganos internos y cáncer.

Los compuestos orgánicos volátiles pueden tener serios efectos sobre la salud. A altas concentraciones de esos compuestos, muchos VOC pueden causar problemas psicológicos al atacar el sistema nervioso central como la depresión, el decaimiento y el estupor. También, ellos pueden irritar o atacar al estar en contacto con la piel y las membranas mucosas por inhalación.

### 1.2.4. Pesticidas

**Aldrina/Dieldrina:** Sustancias que comparten una estructura química similar. La aldrina en el suelo y el agua se degrada muy lentamente. Estas sustancias

eran utilizadas como pesticidas en las cosechas, pero su uso fue prohibido por la EPA debido a la preocupación por la salud humana y el medio ambiente. (Truque, s.f., p. 17). Las guías de la OMS establecen un límite máximo permisible de  $3 \times 10^{-5}$  mg/L en el agua.

**Clordano:** “Compuesto manufacturado que fue usado como plaguicida. No está presente en el medio ambiente y no se disuelve fácilmente en el agua” (Truque, s.f., p. 13). La OMS establece en sus guías como límite máximo que no perjudique a la salud ni el medio ambiente un total de  $2 \times 10^{-4}$  µg/L.

**2,4D:** Ácido conocido como “ácido 2.4-dichlorofenoxiacético”. (Truque, s.f., p. 14). La cantidad establecida por las guías de la OMS es de 0,03 mg/L.

**Lindano:** “Sustancia que se utiliza como insecticida para frutales y hortalizas, para tratamiento de semillas de especies forestales. La EPA ha catalogado al lindano como un contaminante de riesgo debido a su efecto residual, su capacidad de bioacumulación y su toxicidad para el hombre y el medio ambiente. No obstante en raras ocasiones se ha detectado su presencia en muestras de agua potable”. (Truque, s.f., p. 14). El límite permitido por la OMS para este pesticida es de 0,002 mg/L.

**Metoxicloro:** Sustancia química manufacturada usada como insecticida, se usa en cosechas agrícolas y ganado. No se disuelve fácilmente en el agua, pero una vez en ella se adhiere a sedimentos y se deposita en el fondo. (Truque, s.f., p. 14). La OMS permite una concentración máxima de 0,02 mg/L.

#### 1.2.5. Desinfectantes secundarios

**Cloroformo:** “Líquido incoloro que se enciende espontáneamente cuando alcanza temperaturas muy altas. También se disuelve fácilmente en el agua” (Truque, s.f., p. 15). El nivel máximo recomendado por la OMS es 0,3 mg/L.

**Bromoformo:** “Líquido pesado e incoloro poco soluble en el agua y de fácil evaporación. La mayor parte del bromoformo que entra al ambiente se genera como subproducto cuando se añade cloro al agua potable para matar bacterias” (Truque, s.f., p. 15). La OMS permite un máximo de 0,1 mg/L de bromoformo en el agua potable.

#### 1.2.6. Sustancias y características que pueden estar en el agua y no agradar a los usuarios.

**Sólidos disueltos:** “Fracción del total de sólidos en el agua que incluyen materia coloidal, compuestos orgánicos solubles e inorgánicos (sales). Los sólidos disueltos en el agua afectan la evaporación pues introducen atracciones adicionales en el seno del líquido que hacen que las moléculas se unan más. Otro efecto es que refleja la radiación solar y por consiguiente reduce la cantidad de energía transferida a ella. El resultado es una menor evaporación” (Truque, s.f., p. 17). La OMS establece una concentración máxima de 1000 mg/L para los sólidos disueltos. Los sólidos totales

disueltos ocasionan un sabor desagradable que puede ser salado, grasoso o metálico; además, producen una variedad de problemas para la salud, siendo los causantes de mayores problemas los nitratos, sodio, sulfatos, bario, cobre y flúor. Cuando los niveles de sólidos totales disueltos exceden los 1000 mg/L, el agua es considerada como no apta para consumo.

**Trihalometanos (THM):** Subproductos que se producen cuando el cloro reacciona con compuestos orgánicos situados en agua. Los THM son absorbidos primordialmente por inhalación, y causan el cáncer vesicular.

**Turbiedad:** “Propiedad del agua que puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos” (Truque, s.f., p. 18). La turbidez es una medida de cómo la luz es conducida y dispersada a través del agua. La turbiedad afecta la estética, la filtración y la desinfección del agua. El límite máximo recomendado por la OMS para el agua es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez). Una UNT equivale a 7,5 mg/L de SiO<sub>2</sub>. Actualmente 1 UNT equivale a 1ppm de formazina estándar. La formazina es una suspensión de referencia o patrón que es una solución que se hace con sulfato de hidracina y hexametilentetraamina en unas para formar el patrón de turbidez de 400 UNT.

**Sólidos suspendidos:** Partículas que contribuyen a la turbidez en el agua, pueden variar desde grandes partículas que sedimentan rápidamente fuera de la solución (tales como arena), hasta sedimentos extremadamente finos.

Pueden permanecer en suspensión, después de reposar durante horas. El tratamiento depende del tamaño (se mide en micrómetros) y características de las partículas. Un instrumento de medición de UNT mide la concentración de partículas es suspensión tales como arcilla, limo, plancton. La OMS sólo establece límites para turbidez 5 UNT que se toma como referencia de contaminación por sólidos suspendidos. En el Perú SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento) sugiere un límite entre 25 mg/L y 50 mg/L mientras que los ECA no establecen un límite para sólidos suspendidos.

**Color:** Propiedad del agua cuya característica general es que es incolora. Las aguas superficiales pueden estar coloreadas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica. “El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina “color aparente”, una vez eliminado el material suspendido, el color remanente se conoce como “color verdadero” siendo este último el que se mide” (Truque, s.f., p. 18). Las aguas contaminadas pueden tener diversos colores pero, en general, no se pueden establecer relaciones claras entre el color y el tipo de contaminación. Las guías de la OMS recomiendan un límite máximo de 15 UCV (unidades de color verdadero).

**pH:** Grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Altos valores medidos de pH en el agua reflejan una alta presencia de alcalinos que producen

problemas en las características organolépticas y valores pequeños de pH reflejan acidez elevada que puede ocasionar corrosión.

### 1.3. Propiedades del agua

#### 1.3.1. Propiedades físicas del agua no asociadas a cambios de estado

**Viscosidad:** “El movimiento irregular de las moléculas del agua da lugar a que una parte de ella pueda desplazarse con respecto a otra fluyendo. Sin embargo las fuerzas de atracción entre las moléculas se oponen a este desplazamiento, dando lugar a una resistencia, denominada viscosidad” (Propiedades del agua, s.f., p. 1). La viscosidad disminuye al aumentar la temperatura y aumenta con el incremento de presión.

**Tensión superficial:** Las fuerzas de cohesión entre las moléculas de un líquido son las que originan la tensión superficial. La razón es que las moléculas de la superficie del líquido no tienen otras sobre todos sus lados, por lo tanto se cohesionan más fuertemente con aquellas asociadas directamente en la superficie. Esto forma una película en la superficie que hace más difícil mover un objeto en la superficie que cuando está sumergido. La tensión superficial del agua disminuye al aumentar la temperatura debido a que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la temperatura. La tensión superficial del agua tiene un valor de 72,75 mN/m.

**Densidad:** Es decir “su masa por unidad de volumen es muy baja si se compara con la de otras sustancias. Su valor aumenta con la temperatura hasta llegar a 3,98 °C, temperatura a partir de la cual la densidad disminuye con nuevos aumentos de temperatura” (Propiedades del agua, s.f., p. 2).

**Comprensibilidad:** “Posibilidad de una sustancia de reducir su volumen (sin llegar a romperse) ante una presión. La comprensibilidad del agua es la respuesta a la presión atmosférica que soporta” (Propiedades del agua, s.f., p. 2). La comprensibilidad del agua es baja, como la de todos los líquidos.

**Capacidad calorífica:** “Capacidad de una sustancia de almacenar energía calorífica. El agua tiene una capacidad calorífica elevada. El calor específico del agua presenta un mínimo entre 34 °C y 35 °C” (Propiedades del agua, s.f., p. 3).

**Conductividad térmica:** “Capacidad de un cuerpo para conducir energía térmica a través suyo. La conductividad del agua aumenta ligeramente con la temperatura, considerando el intervalo comprendido entre sus puntos de fusión y el de ebullición (0 °C y 100 °C)” (Propiedades del agua, s.f., p. 3).

**Velocidad del sonido en el agua:** “su valor tiende a aumentar al crecer la temperatura, lo que puede estar relacionado con la disminución de la densidad del agua, hasta alcanzar un máximo alrededor de 75 °C. A partir de aquí hasta el punto de ebullición la velocidad disminuye” (Propiedades del agua, s.f., p. 3).

### 1.3.2. Propiedades físicas asociadas a cambios de estado

**Presión de vapor:** “Las moléculas que están situadas en la superficie de un líquido y poseen la energía suficiente para vencer la atracción de las demás, escapan al espacio libre situado sobre ellas, con lo cual se dice que el líquido se evapora o vaporiza, experimentando así un paso de líquido a gas” (Propiedades del agua, s.f., p. 4). La presión de vapor es la presión de equilibrio entre las fases líquido y vapor, depende de la volatilidad de la sustancia y la temperatura. A mayor temperatura mayor será la presión de vapor.

**Punto de fusión:** “A una presión dada (P), es la temperatura a la que un sólido funde a temperatura constante. El punto de fusión para el agua pura es de 0,0024 °C. La temperatura de fusión o congelación del agua varía con la presión. A medida que la presión se incrementa la temperatura de fusión es ligeramente más baja” (Propiedades del agua, s.f., p. 4).

**Calor de fusión:** Energía necesaria para cambiar 1 gramo de sustancia del estado sólido, al estado líquido, sin cambiar su temperatura. El calor de fusión del agua es de 80 calorías/gramo.

**Punto de hielo:** Temperatura a la cual el hielo puro y el agua saturada de aire están en equilibrio bajo una presión total de 1 atm. Existe aire en el espacio por encima del sólido y del líquido, así como vapor de agua y el aire está también disuelto en el agua. La temperatura del punto de hielo y del punto triple difieren por dos razones, una es que la presión total es diferente y la otra porque en el punto de hielo la fase líquida no es agua pura. El valor de la temperatura en el punto triple es 273,16 K, mientras que la del punto de hielo es 273,15 K aproximadamente.

**Punto de ebullición:** Temperatura a la cual la presión de vapor del líquido iguala a la presión de vapor del medio en el que se encuentra. A esta temperatura el líquido hierve. El punto de ebullición se mantiene constante independientemente del calor suministrado al líquido. Si se continúa calentando un líquido en ebullición, la temperatura ya no sube, esto provoca disminución de la cantidad del líquido y aumenta la de vapor. En el caso del agua, el punto de ebullición a 1 atm de presión es de 100 °C, el cual es muy alto comparado con el de sustancias afines al agua. Cuando la temperatura externa varía, también lo hace la temperatura de ebullición.

**Calor de vaporización:** Energía necesaria para cambiar 1 g de sustancia en estado líquido, al estado gaseoso en el punto de ebullición. Si se desea que el agua pase de líquido a vapor necesitamos 540 calorías por gramo. Una característica del cambio de fase de vaporización del agua, es el cambio en el volumen del agua. Si un mol de agua de 18 gramos a la temperatura de ebullición se evapora a gas, ocupará 22,4 litros.

**Sublimación:** “La sublimación se define como el tránsito de fase directo entre hielo y vapor de agua. La sublimación es una transición de fase que ocurre a temperaturas y presiones por debajo del punto triple. No obstante,

tan sólo se producen tasas apreciables de sublimación de hielo sin licuarse, en la nieve de las altas montañas durante el invierno, las cual se encuentra a temperaturas inferiores a los 0 °C. La sublimación requiere de forma similar a la fusión y a la ebullición un aporte de calor al sólido” (Propiedades del agua, s.f., p. 5).

**Calor de sublimación:** Cantidad de calor requerida para sublimar a temperatura y presión constantes 1 g de agua en estado sólido (hielo).

El calor latente de sublimación es igual a la suma del calor de fusión más el calor de vaporización.

**Punto triple:** Es aquel en el cual coexisten en equilibrio el estado sólido, el estado líquido y el gaseoso de una sustancia. Se define con una temperatura y una presión de vapor. El punto triple del agua está a 0,01 °C y a una presión de 611,73 Pa.

**Constante dieléctrica.** Es una propiedad macroscópica de un medio dieléctrico relacionado con la permitividad eléctrica del medio. Define el grado de polarización eléctrica de la sustancia cuando esta se somete a un campo eléctrico exterior. La constante dieléctrica del agua ( $\epsilon$ ) es 78,5 F/m (faradio/metro) a 298 K.

**Disolución de gases:** “La disolución de aire en un agua natural es tan importante que se hace imprescindible para permitir la vida en los cauces naturales, o insustituible cuando se trata de la depuración biológica de aguas usadas. La cantidad de gas que se disuelve en el agua, depende del propio gas, es decir de la presión de este gas en el equilibrio con el agua y de la temperatura” (Propiedades del agua, s.f., p. 8).

**Agua de cristalización:** La cristalización es el proceso por el que el agua pasa de su estado líquido al sólido cuando la temperatura disminuye de forma continua. Algunas sustancias sólidas (iónicas, moleculares o átomos) se disuelven en agua y después se separan del agua mediante evaporación lenta, quedando en forma de cristales que contienen cantidades definidas de agua.

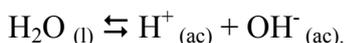
**Calor de solidificación o congelación:** Cantidad de calor requerida por una sustancia para solidificarse La cantidad de calor requerida para solidificarse es la misma cantidad que requiere el agua para fundirse. Por tanto el calor de fusión es igual al calor de solidificación.

### 1.3.3. Propiedades químicas

Todas las reacciones bioquímicas asociadas con la vida vegetal o animal necesitan de la presencia del agua para proseguir dentro de los organismos vivos. El agua es uno de los solventes más polares que existen, debido a la presencia de un átomo muy electronegativo, el oxígeno y dos muy poco electronegativos, los hidrógenos. Un ión negativo inmerso en el agua que es un solvente polar, atrae la parte positiva del dipolo del solvente y viceversa. El ión queda rodeado por capas concéntricas de moléculas de agua. Los puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua permiten que los solutos se

orienten de manera que las estructuras formadas resisten movimientos causados por el aumento de temperatura en consecuencia la distribución de cargas es mejor.

**Autoionización del agua, pH:** El agua es un disolvente único y tiene la capacidad de actuar como ácido o base. El agua sufre una ionización en pequeño grado que es la disociación de la molécula en sí misma en iones de hidrógeno y iones hidroxilo representada por la fórmula:



La constante de equilibrio de autoionización del agua llamada también constante del producto iónico del agua es:

$$K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] \text{ y en el agua pura y a } 25 \text{ }^\circ\text{C} \text{ siempre se cumple que } K_w = 1,0 \times 10^{-14}$$

El pH de una disolución se define como el logaritmo negativo de la concentración del ión hidrógeno (en mol/L):

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

La escala de pH, que mide la concentración de hidrogeniones (iones  $\text{H}^+$ ) presentes en el agua, varía entre 0 y 14. La alcalinidad o la acidez de una disolución pueden medirse en la escala de pH.

Una escala similar a la de pH se obtiene con el logaritmo negativo de la concentración de ión hidróxido:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

De las definiciones pH y pOH se obtiene que:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

**Hidrólisis:** Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos forman parte de otra especie química. La hidrólisis es importante por el gran número de reacciones en las que el agua actúa como disolvente. La hidrólisis ácido-base representa un caso particular de las reacciones de neutralización entre ácidos y bases. El agua presenta la característica de poder comportarse como ácido y como base. De este modo decimos que el agua es una sustancia anfiprotica. Esta particularidad posibilita las denominadas reacciones de hidrólisis.

**Conductividad eléctrica:** Es una medida de la capacidad del agua de poder conducir o transmitir electricidad. Resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente y como respuesta a las fuerzas que actúan en estas partículas debido a un campo eléctrico aplicado. La corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución por tanto la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. Como la solubilidad depende de la

temperatura también la conductividad varía con la temperatura. La unidad en el SI son los Siemens por metro S/m.

#### 1.3.4. Parámetros microbiológicos del agua

**Bacterias:** Microorganismos procariotas, unicelulares, poseen una capa protectora y el material genético se encuentra disperso en el citoplasma. Existen bacterias patógenas, inocuas y también beneficiosas para nosotros.

Las bacterias tienen en el agua una vía perfecta de transmisión y por tanto se utilizan como indicadores ideales de contaminación. La presencia de bacterias coliformes en el agua se interpreta como una indicación de que los organismos patógenos pueden estar presentes y su ausencia indica que el agua se halla exenta de organismos que pueden causar enfermedades.

Los actinomicetos son bacterias que producen olor a tierra mojada en el agua, por lo que afectan la calidad y aceptación pública de los suministros municipales de agua.

**Virus:** Son unidades de estructura muy simple formadas por una envoltura proteica, con algunos restos de polisacáridos y lípidos y, en su interior, tienen una cadena de ácido nucleico que puede ser ADN.

Pueden existir virus entéricos, intestinales, en las aguas superficiales y profundas, contaminadas por las aguas fecales y que son después utilizadas como fuentes de aguas potables.

**Protozoos:** Organismos unicelulares, con núcleo (donde se encuentra el material genético) y citoplasma. Presentan todas las estructuras necesarias para realizar sus funciones vitales.

La importancia de estos organismos, en el sistema acuático, se basa en el consumo directo de materia orgánica del medio, propician la formación de flóculos a través de la excreción de materiales mucilaginosos y porque son los principales consumidores de las poblaciones bacterianas que se desarrollan en el medio donde están.

**Cianobacterias y diatomeas:** Las cianobacterias son microorganismos unicelulares que poseen núcleo rodeado de membrana y pigmentos fotosintéticos. Pueden formar densas capas sobre la superficie del agua que a veces le proporcionan mal olor y sabor pero gracias a su función fotosintética, proporcionan una buena oxigenación de las aguas donde se encuentran. Algunas especies producen sustancias capaces de conferirle un carácter tóxico al agua que está destinada para el abastecimiento humano.

Las diatomeas son las algas pardas unicelulares. Poseen la capacidad de colonizar los substratos. Constituyen la mayor parte del fitoplancton de medios dulceacuícolas y marinos.

#### 1.4. Técnicas de producción de agua de mesa

Los principales tipos de agua envasada son:

El **agua mineral** se obtiene de fuentes naturales o creadas, se caracteriza por su pureza original tanto química como microbiológica. Su origen subterráneo le confiere minerales como calcio, magnesio, sodio, potasio, oligo-elementos y otros componentes. Puede precisar tratamientos físicos como la decantación o la filtración para la separación de los elementos naturales indeseables pero está prohibido el uso de sustancias para la desinfección.

El **agua natural** es extraída de pozos subterráneos o de manantiales a las que no se les añade nada; solo pasan por un proceso de cloración y ozonizado para eliminar impurezas. Dentro del grupo de aguas naturales podemos diferenciar dos grandes subgrupos, como son: el agua de manantial y el agua potable preparada.

Roca (2007) define “el **agua de manantial** brota espontáneamente desde una fuente subterránea o es extraída por el hombre.

Pueden precisar tratamientos físicos pero no se permite su potabilización”.

El **agua de mesa** es el agua potable tratada, adicionada o no con gas carbónico, embotellada por procedimientos sanitarios en envases herméticos e inocuos. “Según la OMS debe ser agua no contaminada más allá de los límites permitidos por bacterias, parásitos u otros microorganismos patógenos ni por sustancias químicas” (Roca, 2007).

El agua de mesa proviene de fuentes subterráneas que brotan de un manantial natural o captados especiales (manantiales perforados), sujetos a las más rigurosas técnicas sanitarias, y además la misma ley protege su captación, prohibiendo que en el perímetro de protección del manantial existan atarjeas, pozos negros que puedan infectar el agua. El agua de mesa puede necesitar tratamientos físicos como la oxigenación, la decantación o la filtración para la separación de elementos naturales indeseables. (Roca, 2007).

Roca (2007) explica que “el agua de mesa contiene después de su envasado un máximo de 1000 mg de sales disueltas o 250 mL de CO<sub>2</sub> libre por kilogramo (mineralización baja). La ingestión de agua de mesa no está sujeta a limitación alguna no existiendo una dosis máxima de consumo”.

Existe una amplia variedad de filtros, purificadores, y métodos de purificación del agua disponibles en el mercado. En realidad, no existe un tratamiento específico que elimine todos los contaminantes del agua. Por lo general las tecnologías atacan sólo un tipo específico de contaminante y puede ser ineficaz con los otros. La mayoría de los sistemas de purificación usan una combinación de las tecnologías de filtración para alcanzar resultados óptimos.

En resumen para conseguir un agua potable que sea adecuada para consumo humano se debe realizar el siguiente proceso: remover los sólidos suspendidos, aglomerar y decantar los coloides, y finalmente desinfectarla de contaminantes orgánicos y organismos patógenos. Los principales tratamientos se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.** Tratamientos para purificar el agua.

Contaminante	Tratamiento
Sólidos en suspensión	Clarificación (floculación, sedimentación, filtración)
Microorganismos	Esterilización (destilación, cloración, ozonización, irradiación con rayos UV)
Dureza	Ablandamiento
Sales totales disueltas	Desmineralización

Fuente: Elaboración propia

### 1.4.1. Técnicas de clarificación

La clarificación tiene como objetivo la eliminación de materia orgánica, sólidos suspendidos, los cuales originan la turbidez y color del agua.

Esta técnica se aplica en varias etapas primero se aplican coagulante de ahí se da la formación de flóculos los cuales se sedimentan y decantan para finalmente ser filtrados.

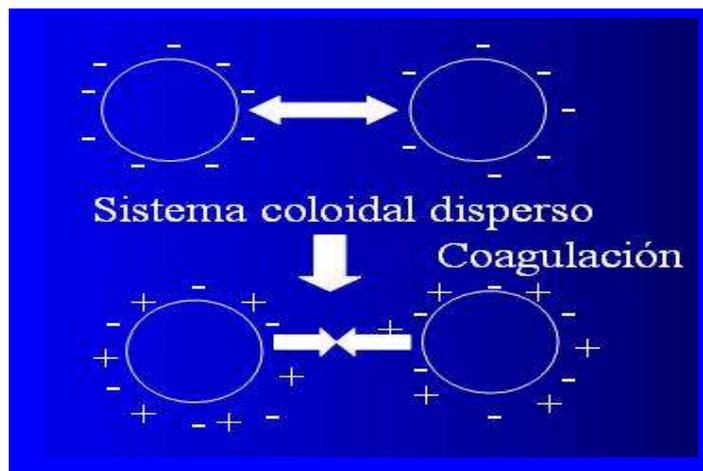
#### 1.4.1.1. Coagulación

Este tratamiento tiene como fin la remoción de sólidos suspendidos, que dan turbidez y color al agua, y otros materiales de finura tal que se resisten a su remoción por sedimentación, con el fin de hacerla adecuada para su consumo.

Los coloides son partículas de tamaño intermedio entre las moléculas y las partículas suspendidas, que decantan por efecto de la gravedad, su tamaño oscila entre 1 nm a 10  $\mu\text{m}$ . El estado coloidal está entre las soluciones y las suspensiones. Aunque las partículas coloidales son muy pequeñas, son lo suficientemente grandes como para dispersar la luz (efecto *Tyndall*) por lo que estas partículas dan aspecto turbio u opaco al agua, a menos que estén muy diluidas. La mayoría de los coloides están cargados negativamente, por lo que en agua son estables debido a la repulsión electrostática entre estas partículas invisibles. Esta repulsión sobrepasa las fuerzas de atracción de *Van der Waals*, por lo que no se aglomeran y por lo tanto no precipitan.

La coagulación implica tres etapas: adición de coagulante (sulfato de aluminio, sulfato férrico o cloruro férrico), desestabilización de la partícula coloidal y formación de flóculos. La adición de sales coagulantes produce cationes poliméricos cuyas cargas positivas neutralizan las cargas negativas de los coloides, permitiendo que las partículas se unan formando aglomerados pequeños (coágulos) que precipitarán.

La figura 1 representa el efecto de la adición de coagulantes y la formación de flóculos.



**Figura 1. Coagulación**

Fuente: Servyeco grupo. Productos químicos para el tratamiento de aguas residuales. (2008).

Recuperado de: [http://www.servyeco.com/530053\\_es/Productos-qu%25C3%25ADmicos-para-tratamiento-de-aguas-residuales/](http://www.servyeco.com/530053_es/Productos-qu%25C3%25ADmicos-para-tratamiento-de-aguas-residuales/)

Los materiales más usados para coagular los sólidos contenidos en el agua son: sulfato de aluminio, sulfato férrico o cloruro férrico, alumbre de amonio y potasio, aluminato de sodio, sílice activada y bentonitas.

En la figura 2 se muestra un equipo utilizado en la operación de coagulación y floculación.



**Figura 2. Equipo de coagulación floculación**

Fuente: *Direct Industry*. Clarificador de placas verticales. (2014). Recuperado de:

<http://www.directindustry.es/prod/nordic-water-products/clarificadores-placas-verticales-67468-600242.html>

#### 1.4.1.2. Floculación

La reunión de flóculos en conglomerados mayores se denomina floculación, se realiza con ayuda de polímeros polieléctricos, que permiten la decantación a velocidades altas de sedimentación.

Debido a que la coagulación y la inmediata etapa de floculación ocurren muy rápidamente, en la práctica poco se distinguen.

Las dosis de coagulantes son mayores a 0,03 mmol/L como Fe y mayores a 0,05 mmol/L como Al; el pH más cercano al neutro es el más adecuado. Los polielectrolitos más utilizados como coagulantes son las poliacrilamidas con grupos carboxilato. El aluminio y las sales de hierro o polímeros sintéticos orgánicos (solos o en combinación de metal) se usan generalmente en la floculación.

#### **1.4.1.3. Sedimentación**

Es un proceso que ocurre naturalmente, en el cual se separan las partículas de mayor densidad que el agua aprovechando la acción que ejerce la fuerza de gravedad sobre las partículas más pesadas que el agua, las cuales descienden depositándose en el fondo.

Los tipos de sustancias que se pueden sedimentar son: partículas discretas (sedimentación tipo I) y partículas floculantes (sedimentación tipo II).

En la sedimentación tipo I o simple las partículas sedimentan individualmente sin que se produzca agregación. Elimina los sólidos más pesados sin necesidad de otro tratamiento especial. Mientras mayor sea el tiempo de reposo mayor será el asentamiento y la turbidez será menor haciendo el agua más transparente. Además provee la oportunidad de la acción directa del aire y los rayos solares lo cual mejora el sabor y elimina algunas sustancias nocivas del agua.

Para la sedimentación tipo II o secundaria la agregación de partículas en otras de mayor tamaño se da durante el proceso de sedimentación. Se aplica un coagulante para producir el asiento de la materia sólida contenida en el agua.

En los depósitos de sedimentación se distinguen diferentes zonas: zona de clarificación, zona de suspensión homogénea, zona de transición y zona de espesamiento. La eficiencia de la sedimentación no sólo depende de la carga superficial sino también del tiempo de retención hidráulico. El período de retención en la sedimentación varía entre 4 y 12 horas.

Los depósitos de sedimentación pueden ser de tierra, madera, concreto, acero. De forma rectangular o circular. Cuentan con rastras mecánicas que mueven los lodos sedimentados hacia una fosa colectora. Los lodos salen por la carga hidráulica del depósito.

#### 1.4.1.4. Decantación

Procedimiento mediante el cual se separan los sólidos insolubles contenidos en el agua, aprovechando la acción de la gravedad.

Existen diferentes tipos de decantadores: rectangulares, circulares, laminares. La decantación tiene ventajas respecto a otros tratamientos, tales como, su bajo consumo energético y sencillez en la operación de los decantadores. También tiene desventajas, como que requiere de espacios muy grandes y la generación de fangos.

En la figura 3 se muestra un decantador estático y en la figura 4 un decantador circular.



**Figura 3.** Decantador estático de flujo laminar  
EPS Grau. Descripción del proceso de aguas superficiales. (2007).  
Recuperado de:  
<http://www.epsgrau.com.pe/index.php?opt=pasper&opcion=ver&id=1>

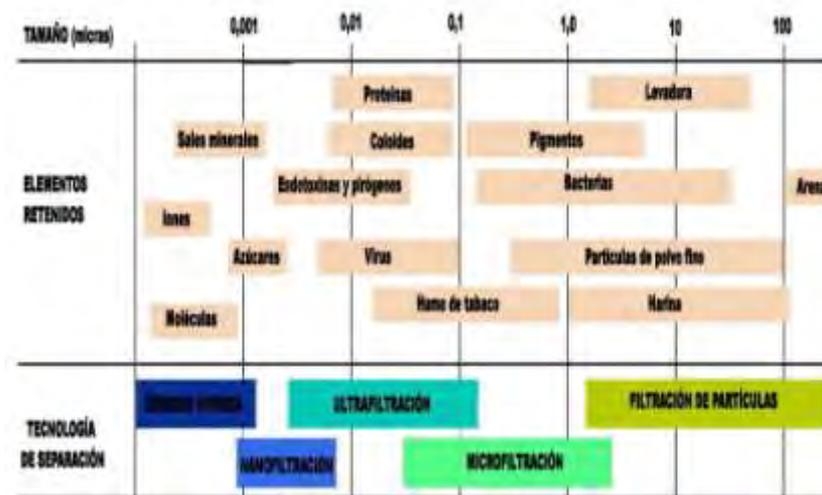


**Figura 4.** Decantador circular  
Fuente: Nscarambiental. Estación potabilizadora de agua  
Las Eras. (2013). Recuperado de:  
<https://nscarambiental.wordpress.com/2013/04/08/>

### 1.4.1.5. Filtración

Es un proceso que consiste en separar un sólido del líquido en el que está contenido a través de un medio poroso (filtro) que retiene el sólido y por el cual el líquido (filtrado) puede pasar fácilmente.

Existen diferentes tipos de filtración de acuerdo al tamaño de partícula como se puede ver en la figura 5.



**Figura 5.** Filtración por tamaño de partícula.

Fuente: Química del agua, (2014). Sistemas basados en tecnología de membrana.

Existen diferentes opciones en la filtración: distintos medios filtrantes (arena, antracitas, carbón activo, membranas plásticas o cerámicas), diferentes fuerzas conductoras de la filtración (altura de columna de agua o presión, filtración tangencial) que da lugar al líquido permeado y al retenido, y succión).

La filtración presenta ventajas tales como: la separación de la totalidad de los sólidos en suspensión, eliminación de organismos patógenos.

Entre los principales medios usados en los lechos filtrantes tenemos: el carbón activo capaz de adsorber moléculas ligeramente polares y sustancias de elevados pesos moleculares, adsorbentes inorgánicos como la alúmina y otros óxidos metálicos con elevadas superficies específicas, adsorbentes orgánicos como resinas macromoleculares y adsorbentes naturales como la bentonita, sílices, etc.

Los principales tipos de filtración son:

#### a) Filtración por carbón activado

La materia porosa que se utiliza para filtrar es el carbón activado, este material es preparado mediante la pirolisis de diversos

materiales, tales como carbón, madera, cáscaras de nueces, petróleo, cáscara de coco, o perlas de resina.

El carbón se transforma en "activado" cuando se calienta a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. Como resultado se obtiene millones de poros microscópicos en la superficie del carbón; es decir, una enorme superficie específica porosa proporciona grandes oportunidades para que tenga lugar el proceso de adsorción.

El carbón activado tiene como característica principal la gran superficie de contacto en relación a su volumen o masa lo que le confiere una fuerte capacidad de adsorción y es excelente en retener firmemente en su superficie moléculas pesadas tales como compuestos orgánicos aromáticos. El carbón activado puede tener un área superficial mayor de 500 m<sup>2</sup>/g hasta valores de 1000 m<sup>2</sup>/g.

La capacidad de retener sustancias se debe también al adecuado tamaño de los poros, es decir, de una a cinco veces el diámetro de la molécula de la sustancia a retener. Si se cumple esta condición, la capacidad de un carbón activado puede ser de entre 20 % y el 60 % de su propio peso es decir 1 kg de carbón retendrá entre 200 gramos y 600 gramos del contaminante. En el tratamiento de agua se usa generalmente el carbón activo granular, con tamaño de partícula entre 0,5 y 1,5 mm.

La determinación de la distribución de los tamaños de poros es una forma extremadamente útil de conocer el comportamiento del material. La IUPAC define la distribución de los radios polares así:

Microporos  $r < 1$  nm

Mesoporos  $r = 1-25$  nm

Macroporos  $r > 25$  nm

Los macroporos son la vía de entrada del carbón activado, los mesoporos realizan el transporte, y los microporos la adsorción.

La capacidad de un carbón activado no se incrementa por más pequeño que sea el tamaño de su partícula debido a que por más fino que se muele un carbón su área superficial prácticamente no aumenta en cambio la velocidad de adsorción si aumenta sustancialmente al disminuir el tamaño de partícula del carbón. Por otro lado si el tamaño de partícula de carbón es menor, mayor es la caída de presión y aumenta el costo energético para lograr el flujo a través del mismo.

En la figura 6 podemos ver que se puede utilizar el carbón activado en diferentes formas como polvo, gránulos o en bloques. El carbón activado en bloques es útil para proteger las membranas

de ósmosis inversa, se coloca antes de la membrana de ósmosis inversa, así se evita el contacto de la membrana de ósmosis inversa con cloro residual o con compuestos orgánicos disueltos que pueden dañarla.



**Figura 6.** Diferente formas de carbón activado

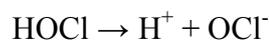
Fuente: Rozas, P. Estudio de adsorción para Cr utilizando chacay como carbón activo cubierto con quitosan. (2008).

Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos75/estudio-adsorcion-cr-carbon-cubierto-quitosan/estudio-adsorcion-cr-carbon-cubierto-quitosan2.shtml>

La adsorción es un proceso por el cual moléculas de impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado. La adherencia es gobernada por una atracción electroquímica. El proceso de adsorción trabaja como un imán para mantener las impurezas en la superficie del carbón activado. Esto es, una acción diferente de aquella que actúa como una esponja en el proceso de absorción, en el cual un gas o líquido es succionado hasta el centro del cuerpo poroso y allí mantenido.

El carbón activado también es conocido por su extraordinaria habilidad en eliminar olores y sabores desagradables, también elimina gas radón, sulfuro de hidrógeno, trihalometanos, remueve los compuestos orgánicos volátiles (VOC), los pesticidas, herbicidas y los solventes químicos.

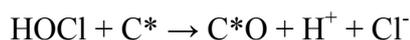
El cloro libre adicionado al agua en forma de cloro gas o solución de hipoclorito de sodio da como producto cloro disuelto en forma de ácido hipocloroso que tiende a disociarse:



Tanto al ácido hipocloroso como al ión hipoclorito se le considera como cloro libre los cuales son fuertes oxidantes que al reaccionar

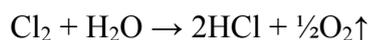
con impurezas orgánicas e inorgánicas dejan de ser cloro libre y pasa a ser combinado, el cloro restante ejerce un efecto biocida en los microorganismos. Luego de estos proceso es necesario eliminar el cloro residual mediante carbón activado granular.

Cuando el carbón se expone al cloro libre, se llevan a cabo reacciones en las que el ácido hipocloroso y el ión hipoclorito se reducen a ión cloruro. En dos de las reacciones más comunes, el carbón activado granular actúa como agente reductor:



Donde C\* representa al carbón activado. C\*O y C\*O<sub>2</sub> son óxidos superficiales, que poco a poco van ocupando espacios, que al quedar bloqueados, ya no participan en la reacción.

El carbón activado es también un potente catalizador en la reacción de oxidación de cloro.



El carbón activo actúa como medio filtrante reteniendo partículas sólidas por ello es necesario realizar contralavados periódicos de estos filtros para la eliminación de las partículas retenidas. Si el agua tratada ya está filtrada y no tiene sólidos en suspensión puede trabajar más tiempo sin que la pérdida de carga aumente. Es importante también sanitizar los filtros debido a que el carbón activado elimina cloro permitiendo los desarrollos microbiológicos. El método más utilizado para la sanitización es la temperatura para lo cual se usa agua caliente o vapor a temperaturas entre 85 °C y 100 °C durante una a dos horas.

El carbón activado se utiliza en forma de lecho filtrante atravesado por el agua a tratar. La tecnología utilizada es similar a la de los filtros de arena.

Antes del tratamiento con carbón activado es necesario hacer un pretratamiento para reducir los sólidos en suspensión a menos de 50 mg/L.

En el diseño se debe tener en cuenta:

- Profundidad del lecho: cuanto más profundo es un lecho mejor.
- Velocidad de intercambio: no deben sobrepasarse los 3 volúmenes de agua por volumen de carbón y por hora en caso de contaminación elevada.

La figura 7 muestra un filtro de carbón activado.



**Figura 7.** Filtro de carbón activado

Fuente: Prevost. Serie Filtros de carbón activado. (s/f).  
 Recuperado de: <http://www.prevost.es/SERIE-MFC-FILTRO-CARBON-ACTIVADO/Filtracion-carbon-activado-MFC,es,c-c756-epc1000003.html>

## b) Ultrafiltración

La ultrafiltración es una tecnología efectiva para conseguir un agua de calidad libre de bacterias y pirógenos. Al igual que en la ósmosis inversa usa una membrana para filtrar los contaminantes del agua pero el tamaño de los poros de la membrana del ultrafiltro es mayor que en la de ósmosis inversa.

Hay dos tipos de membrana de ultrafiltración: presurizadas (cerradas) y sumergidas. Las membranas de fibra hueca permiten trabajar con peores calidades de agua bruta y simplificar los tratamientos anteriores.

El tamaño de los poros de la membrana del ultrafiltro va de 0,001 a 0,02  $\mu\text{m}$ . Para la eliminación de pirógenos, los poros del ultrafiltro deben tener un diámetro menor o igual a 0,002  $\mu\text{m}$ .

El uso de los ultrafiltros es semejante al de las membranas microporosas, pero además se pueden configurar para que una parte del agua de alimentación circule tangencialmente en la membrana consiguiendo reducir la acumulación de contaminantes en ella.

En la figura 8 se muestra un equipo de ultrafiltración.

## c) Filtración microporosa

Este tipo de filtración utiliza membranas de filtración microporosa que no permiten el paso de partículas ni microorganismos.



**Figura 8.** Equipo de ultrafiltración

Fuente: Embotelladoras.org. Sistemas de Tratamiento de agua. (2012).

Recuperado de: <http://www.embotelladoras.org/sistema-de-tratamiento-de-agua/>

El tamaño de poro de las membranas es de hasta  $0,05 \mu\text{m}$ . Los microfiltros de  $0,2 \mu\text{m}$  son bastante usados en el tratamiento de agua cuando se desea eliminar contaminantes como disgregados de carbón de cartuchos de adsorción orgánica, partículas de resinas de cartuchos de intercambio iónico y bacterias.

El rendimiento del filtro se puede mejorar utilizando microfiltros que incluyen una superficie modificada que atraerá los coloides de formación natural, los cuales son mucho más pequeños que los tamaños de poros en la membrana.

#### **d) Nanofiltración**

Se diferencia con la ultrafiltración pues elimina iones disueltos pero sin alcanzar los niveles de separación de una filtración por ósmosis inversa. Entre las ventajas de la nanofiltración podemos mencionar:

- Elimina de iones divalentes (calcio, sulfato, magnesio, etc.) y multivalentes.
- Remueve la dureza, acompañada de reducción parcial de sodio.
- Rechaza especies orgánicas con peso molecular entre 200 y 300.
- Elimina bacterias, virus y parásitos.
- Tienen menor tendencia que la ósmosis inversa al ensuciamiento.
- Opera con bajos valores de presión y mínimo costo de energía.

#### **1.4.2. Técnicas de esterilización y desinfección**

La esterilización implica que se eliminará todas las formas de vida en el agua, es decir el agua está exenta de gérmenes vivos.

Se realiza utilizando principalmente agentes físicos, como radiación UV.

En cambio la desinfección se usa para destruir microorganismos patógenos (infecciosos), sin eliminar necesariamente todos los microorganismos usando sustancias químicas denominadas desinfectantes. En conclusión, la desinfección es un caso particular de la esterilización.

Al evaluar las distintas técnicas de desinfección u esterilización se verá que cada una de ellas presenta ventajas y desventajas.

#### **1.4.2.1. Destilación**

La destilación es un proceso puramente físico de evaporación y condensación. Esta técnica consiste en hervir el agua, y luego enfriar el vapor hasta que se condensa en un depósito separado. El equipo usado es un alambique que consta de un recipiente donde se almacena la mezcla (agua más impurezas) a la que se le aplica calor, un condensador donde se enfrían los vapores generados, llevándolos de nuevo al estado líquido y un recipiente donde se almacena este líquido concentrado.

La destilación es sumamente eficaz, elimina sólidos suspendidos y sólidos disueltos, todos los compuestos inorgánicos y orgánicos, metales pesados, contaminantes orgánicos industriales. Sin embargo la destilación no elimina algunos compuestos volátiles como los insecticidas y herbicidas debido a que tienen punto de ebullición más bajos que el punto de ebullición del agua y permanecen después de la destilación.

El agua destilada será estéril si el alambique se diseña específicamente. La producción de agua destilada es lenta por lo que es necesario almacenarla para luego utilizarla, pero si no se almacena correctamente puede contaminarse con impurezas volátiles como dióxido de carbono, sílice, amoníaco y varios compuestos orgánicos. Además si el depósito que se utiliza no es de material inerte los iones o plastificantes se filtran del depósito contaminando al producto. De igual forma si el agua destilada se almacena durante mucho tiempo crecerán bacterias.

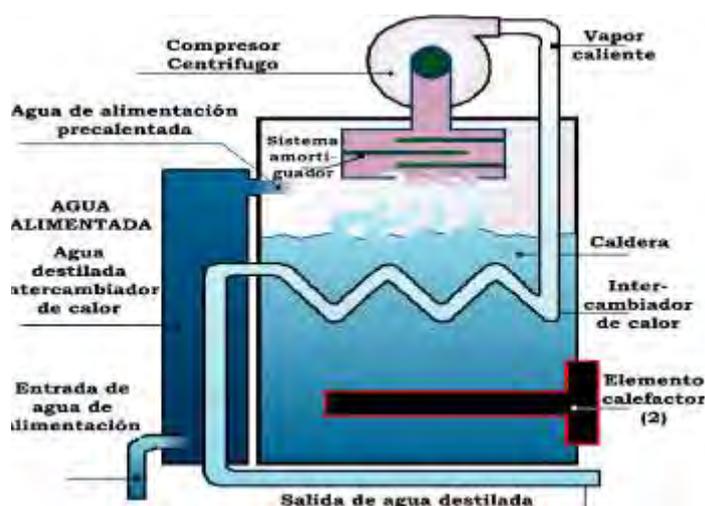
Otro inconveniente que puede tenerse es que el agua de alimentación sea dura ya que se formarán incrustaciones que harán necesaria una limpieza con ácido del alambique. Para solucionar este inconveniente puede tratarse previamente el agua por ablandamiento u ósmosis inversa.

La figura 9 muestra un equipo de destilación de laboratorio y en la figura 10 se muestra un sistema de destilación con compresión.



**Figura 9.** Equipo de destilación de laboratorio

Fuente: Escuela Técnica superior de ingenieros navales. Laboratorio de Química. (2014). Recuperado de:  
[http://www.etsin.upm.es/ETSINavales/Escuela/Organizacion\\_Medios/MediosETSIN/Docencia\\_e\\_Investigacion/Laboratorios/QUIMICA/CONTENIDOS\\_](http://www.etsin.upm.es/ETSINavales/Escuela/Organizacion_Medios/MediosETSIN/Docencia_e_Investigacion/Laboratorios/QUIMICA/CONTENIDOS_)



**Figura 10.** Sistema destilación con compresión de vapor

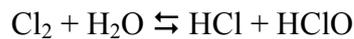
Fuente: Norland International. Sistemas comerciales de destilación. (2004). Recuperado de:  
[http://www.norlandintl.com/spanish/distill\\_sp.htm](http://www.norlandintl.com/spanish/distill_sp.htm)

#### 1.4.2.2. Cloración

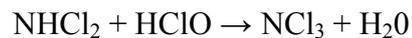
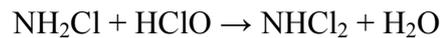
Esta técnica de esterilización de oxidación y desinfección usa como agente oxidante el cloro o algunos de sus derivados como el hipoclorito de sodio o de calcio, que elimina la mayoría de gérmenes y virus del agua, cantidades discretas de hierro, manganeso, amonio, nitritos y flora microbiana. El cloro es el desinfectante más usado y es eficaz si se emplea en dosis, concentración y un tiempo de exposición adecuados (por lo menos 30 minutos). Generalmente se

usa hipoclorito de sodio al 5,1 %. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar.

La solubilidad de cloro en agua a 25 °C y 1 atmósfera de presión es aproximadamente de 7 g/L. Cuando el cloro se disuelve en agua reacciona para formar ácido hipocloroso y a la vez se disocia en otras especies, pero de todas las especies que se generan por reacción con agua, sólo el ión hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ) y el ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ) son bactericidas, por lo que para cualquier tratamiento de desinfección es preciso operar a un pH que permita la máxima concentración de hipoclorito o ácido hipocloroso.



La reacción más típica de cloración es la experimentada por el amonio de un agua. Primero se forman monocloramias ( $\text{ClNH}_2$ ), después de cloramias ( $\text{Cl}_2\text{NH}$ ). En tercer lugar tricloruro de nitrógeno ( $\text{Cl}_3\text{N}$ ), para finalmente detectar cloro libre.



Al principio para incrementos de dosis de cloro se producen ligeros incrementos en las concentraciones de cloro residual debido a la formación de compuestos aminados. En una segunda fase el cloro residual desciende (por destrucción de los compuestos anteriores) hasta llegar al punto de ruptura a partir del cual nuevos incrementos de cloro añadido suponen efectivamente incrementos de cloro libre.

En la cloración una parte del cloro se utiliza para matar los microorganismos, otra parte cloro forma sustancias clorinadas cuando reacciona con ciertos metales y materia orgánicas, estas sustancias clorinadas son peligrosas y el resto de cloro adicionado se denomina cloro residual. Para eliminar sustancias clorinadas y cloro en exceso se debe usar un filtro de carbón activado después de la cloración.

Es importante que el agua desinfectada quede con una cantidad de cloro residual (entre 0,2 y 0,6 mg/L) para que el agua potable sea garantizada evitando una posible contaminación biológica en la red de distribución de agua.

Se debe tener en cuenta que una cantidad excesiva de cloro residual en el agua causa una alteración en sus propiedades organolépticas (olor y sabor fuertes) pero no constituye un riesgo relativamente alto para la salud siempre que la dosis se encuentre entre los límites permitidos.



**Figura 11.** Bomba dosificadora de solución hipoclorito de sodio.

Fuente: COIDO. Bomba dosificadora TELO ATL. (2014).

Recuperado de:

<http://www.controlydosificacion.com/bomba-dosificadora-tekna-p-366-es.html>

### 1.4.2.3. Esterilización mediante rayos ultravioleta

Desinfectar el agua usando rayos ultravioleta, es una de las mejores, seguras y modernas técnicas para tener agua saludable.

Lupal (s.f.) define que “el ultravioleta es una región de energía del espectro electromagnético que está entre la región de rayos X y la región visible. Se encuentra en las gamas de 200 nm (1,0 nm o nanómetro =  $1 \times 10^{-9}$  m) a 390 nm”. Considerando los efectos de la radiación UV en la salud humana y el medio ambiente, el espectro UV se divide en cuatro regiones, el vacío UV, UV-A (380-315 nm), llamada también onda larga, UV-B (315-280 nm) llamada onda media, y UV-C (<280 nm), llamada también onda corta o germicida..

La desinfección UV usa la luz como fuente encerrada en un estuche protector, montado de manera que cuando pasa el agua a través del estuche, los rayos UV son emitidos y absorbidos dentro del compartimiento.

Lupal (s.f.) afirma también que “dado que la onda corta se filtra naturalmente por la atmósfera de la tierra, rara vez se encuentra sobre la superficie” y que “para tener ventajas del potencial germicida de UV-C, se debe buscar medios alternos de producción de luz UV. La producción de radiaciones de energía UV se debe por lo tanto lograr mediante la conversión de energía eléctrica”. (Lupal, s.f.).

Lupal (s.f.) asegura que “esta conversión se realiza con una lámpara de baja presión de vapor de mercurio. La luz UV se produce como resultado de la corriente de electrones a través del vapor ionizado de

mercurio entre los electrodos de la lámpara (el resplandor azulado dado por la lámpara UV se debe al gas dentro de la lámpara y no tiene acción germicida por sí mismo)”.

Las lámparas UV típicamente se fabrican con cristal duro de cuarzo. Este cuarzo permite una transmisión de energía radiada UV de 90 %.

La longitud de onda de 254 nm tiene una potente acción bactericida y la longitud de 185 nm es efectiva en la oxidación de compuestos orgánicos.

Los rayos UV son capaces de eliminar a los microorganismos del agua. Los microorganismos comprenden una variedad amplia de estructuras únicas y pueden agruparse en cinco grupos básicos: bacterias, virus, hongos, protozoarios y algas. Como los rayos UV penetran la pared celular y la membrana citoplasmática, ocasiona una reestructuración molecular del ADN del microorganismo que le impide reproducirse. Entonces si una célula no puede reproducirse, se considera muerta.

Lupal (s.f.) sostiene que el grado de destrucción microbiológica es resultado de dos factores: el tiempo de contacto del agua que está dentro de la cámara de esterilización; y la intensidad, que es la cantidad de energía por unidad de área (calculada por dividir la producción en watts por el área superficial de la lámpara). El producto de la intensidad y el tiempo es conocido como la “dosis” y se expresa en micro watts segundos por centímetro cuadrado ( $\mu\text{w}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ ).

La dosificación mínima universalmente aceptada para que un aparato ultravioleta sea germicida es de  $16\,000\ \mu\text{w}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ .

La desinfección UV se usa también para disgregar e ionizar compuestos orgánicos para eliminarlos con intercambio iónico.

Lupal (s.f.) señala las siguientes ventajas de la desinfección UV

- El agua no requiere tratamiento previo (como cloración).
- No requiere de productos químicos para agregar al abastecimiento de agua.
- No requiere de tanques de almacenamiento.
- El bajo costo de inversión inicial, así como también reducción de gastos de operación cuando se compara con tecnologías similares tales como ozono, cloro, etc.
- Proceso de tratamiento inmediato, ninguna necesidad que tanques de retención.
- Ningún cambio en el gusto, olor, pH o conductividad ni la química general del agua.
- La operación automática sin mediciones o atención especial.

- La simplicidad y facilidad de mantenimiento, período de limpieza y reemplazo anual de lámpara, sin partes móviles. Ninguna manipulación de químicos tóxicos, ninguna necesidad de requerimientos especializados de almacenaje.
- Es compatible con cualquier proceso de tratamiento de agua, por ejemplo: osmosis inversa, destilación, intercambio iónico, etc.

### Problemas de la desinfección UV

- La eficiencia de los rayos UV para eliminar contaminación biológica depende de la calidad física del agua.
- Los sólidos suspendidos causan problemas de blindaje, los microbios pueden pasar por rayos UV sin tener penetración UV directa.
- 0,03 ppm de Fe y 0,05 ppm de manganeso pueden manchar la lámpara por lo que es necesario un pretratamiento.
- Calcio y magnesio causan incrustación en la lámpara.
- Los compuestos absorbentes como ácidos húmicos y fúmicos reduce la cantidad UV para penetrar el agua.
- La temperatura óptima para la desinfección UV es cerca de los 40 °C pero se usa cartucho de cuarzo para mediar el contacto agua/lámpara, reduciendo la fluctuación de temperatura.

En la figura 12 se muestra un esterilizador UV conectado a un sistema de tratamiento de agua y en la figura 13 la parte interna de un equipo esterilizador UV



**Figura 12.** Equipo esterilizador UV

La Recova. Esterilizador por rayos UV. (s/f). Recuperado de:  
[http://www.larecovadelsur.com.ar/esterilizador\\_por\\_rayos\\_uv.htm](http://www.larecovadelsur.com.ar/esterilizador_por_rayos_uv.htm)

#### 1.4.2.4. Ozonización

El ozono es un desinfectante natural eficaz. El interés de las aplicaciones del ozono en el tratamiento del agua es debido tanto a sus características oxidantes aprovechadas para degradar o eliminar sustancias orgánicas o minerales no deseables.

El ozono, forma alotrópica del oxígeno, es un oxidante utilizado en la desinfección del agua. Es eficaz en la oxidación de materias orgánicas e inorgánicas. Su poder oxidante y desinfectante es mayor

que el del cloro, más eficaz en eliminación de olor, sabor y color del agua, así como bacterias, virus y otros microorganismos. Su potencial de oxidación es 2,07 voltios mientras que el del cloro es 1,36 voltios.



**Figura 13.** Parte interna de un esterilizador UV

Fuente: Acondicionamientos. Tratamiento de agua con ultravioleta.  
(s/f). Recuperado de:

<http://www.acondicionamientos.com.ar/tratamiento-de-agua-con-luz-ultravioleta/>

El ozono ( $O_3$ ) es un gas muy inestable, ya que la molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, se descompone rápidamente volviendo a generar oxígeno diatómico, motivo que obliga a generarle *in situ*, en la propia planta de tratamiento de agua. Esta inestabilidad le confiere una gran capacidad de oxidación. Al oxidar todas las sustancias orgánicas, el ozono inactiva los pesticidas y los organismos patógenos (virus y bacterias). A igualdad de condiciones el oxígeno es más estable en el agua que en el aire.

El ozono se forma de manera natural en los niveles altos de la atmósfera por la acción de las radiaciones UV, que produce la disociación iónica de la molécula de oxígeno y la reacción posterior de los iones formados con nuevas moléculas de oxígeno. A niveles más bajos de la atmósfera se forma ozono por la energía de las descargas eléctricas de las tormentas transformando el oxígeno en ozono.

El ozono es 12,5 veces más soluble en el agua que el oxígeno. La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura de esta y de la concentración del ozono en fase gaseosa. A mayor concentración de ozono mayor solubilidad y a mayor temperatura menos solubilidad.

Los efectos oxidantes del ozono actúan de tres modos diferentes: oxidación directa por pérdida de un átomo de oxígeno, oxidación directa por adición de molécula de ozono en el cuerpo oxidado y oxidación mediante efecto catalítico que favorece la función oxidante del oxígeno que le acompaña en el aire ozonizado.

Normalmente no suele prepararse ozono puro, sino oxígeno ionizado. Esto se consigue haciendo pasar oxígeno o aire a través de un efluvio eléctrico resultante de la ionización del gas. Este efecto se obtiene con los ozonizadores o generadores de ozono. El ozono se obtiene por descarga eléctrica alterna de alta tensión o frecuencia entre dos electrodos separados por medio de un dieléctrico, generalmente vidrio.

Un sistema de ozonización comprende: generador de ozono (ozonizador), contacto de ozono con el agua (contactor) y destructor de ozono liberado en los contactores de ozono.

En la producción industrial de ozono puede partirse de aire u oxígeno puro. Cuando se usa aire, la concentración de ozono a la salida del ozonizador varía entre 4% y 12%. En los ozonizadores industriales los electrodos son tubos concéntricos, el exterior de acero inoxidable y el interior de tubo de vidrio que consta de una fina capa metálica depositada en la cara interna. Los ozonizadores pueden estar hechos de tubos concéntricos o de placas.

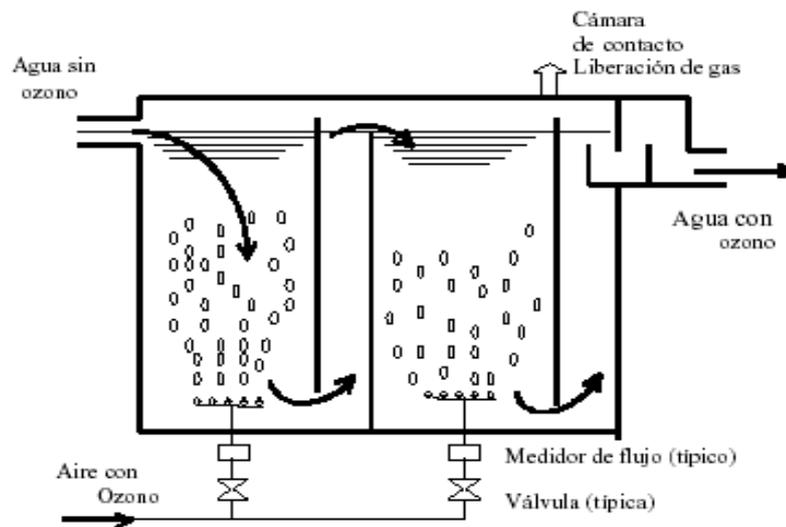
La producción de ozono está sujeta a parámetros del sistema (longitud del sistema de descarga, anchura del espacio de descarga, configuración y espesor del dieléctrico), parámetros del proceso (concentración y producción del ozono, rendimiento o necesidad de energía específica), parámetros operacionales (tensión, tipo de tensión, frecuencia, densidad de potencia, presión de trabajo, temperatura de trabajo, velocidad de corriente del gas, composición y humedad del gas empleado).

En la reacción de formación de ozono alrededor del 80 % al 90 % de la energía se convierte en calor, el conjunto de electrodos conectados a tierra están refrigerados por agua. La fórmula de la reacción es:  
$$3O_2 = 2O_3 + 0,82 \text{ kW} \cdot \text{h/kg.}$$

En el proceso de ozonización el aire es suministrado a presión al ozonizador exento de polvo y humedad (el aire se seca mediante compresores y filtros). Como se aprecia en la figura 14 la mezcla de aire ozonizado que sale del ozonizador se conduce a las cámaras de contacto y sale a través de difusores porosos, con objeto que las burbujas de gas sean muy finas. Las cámaras de contacto se las dota de unos extractores en la parte superior para recoger el ozono residual que no se ha consumido en su contacto con el agua y dirigirlo hacia un equipo de destrucción. Después de pasar por las cámaras de contacto el agua debe contener aún una concentración próxima al 0,1 ppm.

El contacto del agua con el ozono (procedente de los generadores de ozono) se realiza en un tanque con diversos compartimentos en el que se insufla el aire ozonizado. La cantidad de aire ozonizado necesaria para la eliminación de bacterias y virus se regula de forma

muy precisa en función del tiempo de contacto y de la concentración residual. Entre los principales efectos de la ozonización del agua podemos mencionar:



**Figura 14.** Proceso de ozonización

Fuente: El agua potable. Tratamiento del agua. (s/f). Recuperado de: <http://www.elaguapotable.com/ozonizacion.htm>

- Desinfección e inactivación viral: El ozono destruye o inactiva las enzimas de los microorganismos y esa es la razón de su efecto bactericida. Las bacterias son las que más rápidamente son destruidas por el ozono. Las bacterias *E. coli* son destruidas por concentraciones de ozono mayores de 0,1 mg/L y una duración de contacto de al menos 15 segundos a temperaturas de 25 °C y 30 °C; los *Streptococcus faecalis* son destruidos mucho más fácilmente. A concentraciones de ozono de 0,025 mg/L aproximadamente, se obtiene un 99,9 % de inactivación en 20 segundos o menos a 25 °C o 30 °C. Los virus son más resistentes que las bacterias. Estudios científicos han demostrado que los poliovirus tipo I, II y III quedan inactivos por medio de exposición a concentraciones de ozono disueltos de 0,4 mg/L por un período de contacto de cuatro minutos.
- Oxidación de elementos y compuestos inorgánicos: En el caso del hierro, manganeso, y de varios compuestos de arsénicos, la oxidación ocurre muy rápidamente, dejando compuestos insolubles que se pueden quitar por medio de un filtro de carbón activado. Los iones de sulfuro son oxidados a iones sulfatos, que son inocuos.
- Oxidación de compuestos orgánicos: Los compuestos orgánicos naturales (ácidos de húmicos y fúmicos) o sintéticos (detergentes, pesticidas) son eliminados mediante la ozonización. Algunos compuestos orgánicos reaccionan con ozono rápidamente hasta la destrucción, dentro de minutos o segundos (fenol, ácido fórmico), mientras que otros reaccionan de forma lenta con ozono (ácidos de humectación y fúmicos, varios pesticidas, ticoloretano). En

algunos casos, los materiales orgánicos son oxidados sólo parcialmente con ozono. Una ventaja principal de la oxidación parcial de materiales orgánicos es que al oxidarse parcialmente, los materiales orgánicos se polarizan produciendo materiales insolubles complejos que se pueden quitar con filtros de carbón activado.

- Eliminación de turbidez: La turbidez del agua se elimina por ozonización a través de una combinación de oxidación química y neutralización de carga. Las partículas coloidales que causan la turbidez son mantenidas en suspensión por partículas de cargas negativas que son neutralizadas por el ozono. El ozono además destruye los materiales coloidales por medio de la oxidación de materias orgánicas como se ha explicado en el apartado anterior.
- Eliminación de olores, colores y sabores: La oxidación de materia orgánica, metales pesados, sulfuros y sustancias extrañas, produce la eliminación de sabores y olores extraños que el agua pudiera contener, proporcionando una mejora en el aspecto del agua.

Entonces puede decirse que el tratamiento de agua con ozono se basa, fundamentalmente, en lograr un tiempo de contacto adecuado del agua, con la cantidad adecuada de ozono. Concentraciones de entre 0,5 mg/L y 0,8 mg/L de ozono durante unos tres o cuatro minutos son suficientes para conseguir agua de calidad excepcional y desinfectada.

Después del tratamiento, el ozono se descompone en oxígeno tras varios minutos no dejando ningún tipo de residuo, pero por consiguiente, tampoco existirá ningún residuo desinfectante que pudiera prevenir el crecimiento bacteriológico. En los casos en los que sea necesario asegurar el agua que ha sido recién tratada con ozono, el sistema de ozonización se realizará en un depósito con caudal de recirculación, en donde mediante un inyector Venturi se añadirá la producción de ozono adecuada, esta cantidad de ozono y por tanto, la concentración de ozono residual en el depósito depende, en primer lugar, de las características de producción del equipo, y en segundo lugar, del tiempo de funcionamiento y parada del mismo.

En resumen las ventajas de la ozonización son: Reducción de la turbidez del agua ya que favorece la coagulación de la materia coloidal que no es retenida normalmente, acción decolorante, eliminación de olores desagradable, oxidación de la materia orgánica, destrucción de microorganismos patógenos (bacterias, hongos, virus) y la precipitación de metales pesados que puedan encontrarse en disolución. En la figura 15 se muestra un ozonizador.

Como ventajas respecto al cloro podemos destacar: mayor poder oxidante, no produce trihalometanos y elimina los precursores de éstos, requiere concentración y tiempo de contacto menor, no altera el pH del agua; reduce olor, sabor y color del agua.



**Figura 15.** Generador de Ozono

Fuente: Primar. Sistemas para agua. (s/f). Recuperado de:  
<http://www.primar.com.mx/Archivos%20pagina/Generadores%20de%20ozono%20series%20TC.htm>

Las desventajas de la ozonización son: mayores costos de operación (energía) a pesar de menores dosis empleadas, puede formar productos perjudiciales como bromatos y aldehídos, no mantiene concentración residual lo que obliga a emplear cloro o cloraminas en la desinfección final. Puede causar daños en los tejidos humanos, ojos y pulmones.

### 1.4.3. Técnicas de eliminación de dureza

El agua “dura” contiene más minerales que un agua normal, especialmente minerales (sales) de calcio y magnesio. El grado de dureza aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto en el agua. El magnesio y el calcio son iones cargados positivamente. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán con menos facilidad en el agua dura que en el agua “blanda” (que no contiene iones calcio y magnesio).

Las aguas duras se miden en granos por galón (GPG) o miligramos por litro (mg/L, equivalente a partes por millón o ppm). El agua con valores de hasta 17,1 mg/L (1 GPG) es considerada suave y un agua que contiene 1026 mg/L a 2052 mg/L es considerada moderadamente dura.

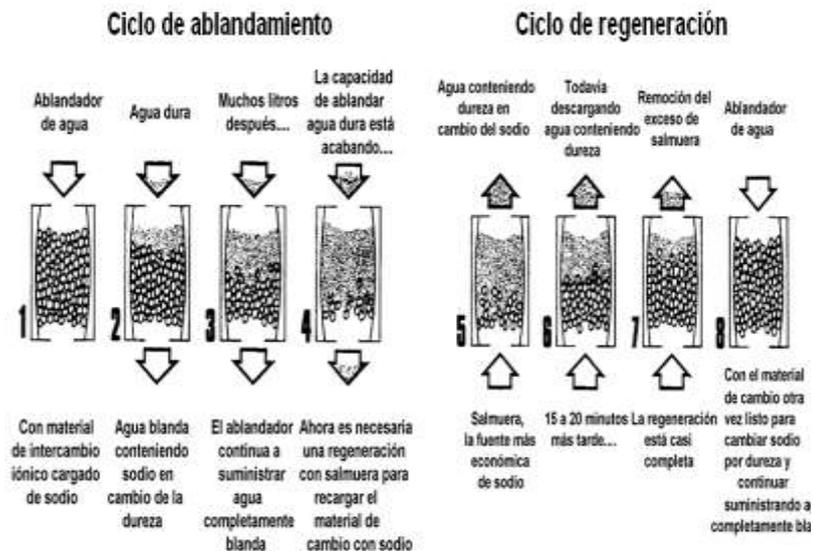
#### 1.4.3.1. Ablandamiento

El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio como ya se ha mencionado. En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua.

Los mecanismos de ablandamiento son capaces de eliminar más de cinco miligramos por litro (5 mg/L) de hierro disuelto y los equipos ablandadores usados para este tratamiento pueden operar de forma automática, semiautomática o manual.

Los ablandadores de agua son intercambiadores de iones diseñados para eliminar iones cargados positivamente que son los que causan la dureza del agua. La operación de ablandamiento como se muestra en la figura 16 se da en un tanque que contiene las resinas o zeolitas sintéticas (granos de poliestireno) donde el agua dura entra y los iones de calcio y magnesio se mueven hacia los granos de resinas y son sustituidos por iones de sodio. Los iones eliminados se almacenan en un depósito de donde se eliminan periódicamente.

Cuando los granos se saturan con calcio y el magnesio, la unidad comienza un ciclo trifásico de la regeneración (figura 16). Primero, la fase de retrolavado invierte el flujo del agua para quitar la suciedad del tanque. En la fase de la recarga, la solución de sal concentrada fluye del depósito de la salmuera al depósito mineral. El sodio recoge en los granos, substituyendo el calcio y el magnesio, que van abajo del dren. Cuando esta fase se termina, se elimina el exceso de la salmuera del depósito mineral y se rellena el depósito de la salmuera. En la figura 16 se representa el ciclo de regeneración.



**Figura 16.** Ciclo de regeneración de resinas

Filtrar. Net. Conozca los problemas del agua. (s/f).

Recuperado de: <http://www.filtrar.net/preguntas/problemasaguac.htm>

Lenntech (s.f.) señala que las sales comúnmente usadas en el ablandamiento son de tres tipos:

- La sal como mineral, se encuentra naturalmente en la tierra y se obtiene de depósitos subterráneos por métodos tradicionales de minería. Contiene entre 98 % y 99 % de cloruro de sodio. Tiene un nivel de insolubilidad en agua cerca de 0,5 % - 1,5 %. Su componente principal es el sulfato de calcio. (Lenntech, s.f.).
- La sal solar como producto natural, se obtiene principalmente con la evaporación del agua de mar. Contiene cloruro de sodio al 85 %. Tiene un nivel de insolubilidad en agua de menos de

0,03 %. Esta sal se vende generalmente en forma cristalina y a veces en gránulos.

- La sal evaporada, se obtiene a través de procesos de minería de depósitos subterráneos que contienen la sal. Esta sal se disuelve y la humedad se evapora usando energía del gas natural o carbón. La sal evaporada contiene cloruro de sodio entre un 99,6 % y 99,99 %.

En el tratamiento de dureza por ablandamiento para definir la cantidad de resina que se necesita, es necesario definir cuanta sal requerimos para regenerar. Para ello necesitamos saber el flujo de agua (expresado en litros), las horas de operación y dureza total del agua (expresada en ppm o mg/L).

Se deben tener en cuenta las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L y } 1 \text{ GPG} = 17,1 \text{ ppm.}$$

Se divide la dureza del agua entre el factor de conversión 17,1 y se obtiene los granos de resina que se necesitan para suavizar un galón (3,7854 L) de agua.

$$\text{Dureza total (ppm)} / 17,1 = \text{GPG}$$

Luego se multiplica los GPG (granos por galón) por el consumo diario (litros por día), para obtener cuantos granos son necesarios para suavizar toda el agua que se produce en un día.

$$\text{GPG} \times \text{Galones por día} = \text{Granos por día}$$

Existen en el mercado tres niveles convencionales de ablandadores: de 2,27 kg (5 lb) de sal, de 4,545 kg (10 lb) de sal y de 6,818 kg (15 lb) de sal.

Para obtener la cantidad de resina es necesario definir cuanta sal requerimos para regenerar. Si la regeneración del ablandador se hace, por ejemplo, con 6,818 kg de sal por cada 0,028 m<sup>3</sup> de resina, se obtiene mayor capacidad de resina, pero un mayor consumo de sal. Por el contrario si se regenera con 2,27 kg de sal por cada 0,028 m<sup>3</sup> de resina se obtendrá menor capacidad de resina pero un ahorro de sal:

$$\begin{aligned} 0,028 \text{ m}^3 &= 30 \text{ 000 granos por } 6,818 \text{ kg de sal} \\ 0,028 \text{ m}^3 &= 25 \text{ 000 granos por } 4,545 \text{ kg de sal} \\ 0,028 \text{ m}^3 &= 20 \text{ 000 granos por } 2,27 \text{ kg de sal} \end{aligned}$$

Los equipos más pequeños disponibles se diseñan con una regeneración de 6,818 kg por 0,028 m<sup>3</sup>. Tienen una rápida recuperación de inversión pero un alto consumo de sal.

La máxima, media o baja capacidad del ablandador afecta sólo el consumo de sal pero cualquiera de las alternativas elimina totalmente la dureza la elección se hace por ahorro de operación no por calidad de agua.

#### **1.4.4. Técnicas de desmineralización**

Las técnicas de desmineralización del agua son aquellas que eliminan las sales disueltas (iones aniónicos y catiónicos) del agua.

##### **1.4.4.1. Intercambio iónico**

Es un proceso rápido y reversible en el que se intercambian los iones hidrógeno de los contaminantes catiónicos y los iones hidroxilo de los contaminantes aniónicos del agua.

Los lechos de las resinas de intercambio iónico contienen pequeñas perlas esféricas por las que pasa el agua de alimentación. Periódicamente se hace necesario regenerar las resinas, cada vez que los cationes y aniones hayan sustituido la mayor parte de los puntos activos de hidrógeno e hidroxilo en las resinas.

Las resinas de intercambio iónico eliminan aniones y cationes del agua y los reemplazan por iones hidrógeno e hidroxilo que luego se combinan para formar moléculas de agua.

Los iones hidrógeno se intercambian con contaminantes catiónicos y los iones hidroxilo se intercambian con contaminantes aniónicos.

Las resinas modernas están hechas de polímeros sintéticos y pueden ser de dos tipos: resinas de intercambio de cationes, las que emiten iones hidrógeno ( $H^+$ ) u otros iones de cargas positivas por aquellos cationes que están presentes en el agua contaminándola mientras que las resinas de intercambio de aniones emiten iones hidroxilo ( $OH^-$ ) u otros iones de cargas negativas en intercambio por los aniones que están presentes en el agua y la contaminan.

Si las resinas que se utilizan para el intercambio iónico están hechas de materiales de resina de alta pureza, entonces después de realizar el intercambio iónico en el agua todo el material iónico se eliminará con eficacia del agua y los pequeños fragmentos de los materiales de resina de intercambio iónico se podrán eliminar mediante la circulación del agua. En la figura 17 muestra varias resinas de intercambio iónico.

Para que los cartuchos de resina no se contaminen se recircula con frecuencia agua y se evita acumulación de bacterias, también es necesario se regeneren constantemente las resinas.

Los equipos de intercambio iónico deben usarse con frecuencia de lo contrario los cartuchos de las resinas pueden contaminarse si no se

utilizan continuamente. Este problema se soluciona mediante la sustitución habitual o regeneración de las resinas, ya que los productos químicos de regeneración son desinfectantes poderosos.



**Figura 17. Resinas de intercambio iónico**

Fuente: Wikimedia. Intercambio iónico. (s/f).

Recuperado de:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Intercambio\\_i%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Intercambio_i%C3%B3nico)

El intercambio iónico sólo elimina compuestos orgánicos polares del agua, los compuestos orgánicos disueltos pueden ensuciar las resinas, disminuyendo su capacidad. Si se quiere obtener agua orgánica e inorgánicamente pura puede realizarse previamente la ósmosis inversa y luego el intercambio iónico. En la figura 18 se muestra un intercambiador iónico.



**Figura 18. Intercambiador iónico**

Tratamiento mediambiental integral. Acondicionamiento y recuperación. (s/f).

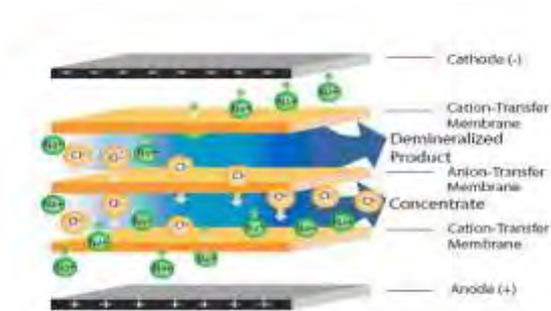
Recuperado de: <http://www.tmimedioambiente.com/es/acondiciona.html>

Existen tres maneras mediante las cuales se puede aplicar la tecnología de intercambio de iones: primero, usando resinas de intercambio catiónico para suavizar el agua por intercambio base; segundo, mediante resinas de intercambio aniónico solas pueden ser utilizadas para eliminar nitrato; y tercero, pueden utilizarse combinaciones de resinas de intercambios de cationes y aniones para eliminar virtualmente todas las impurezas iónicas presentes en el agua de alimentación, este es un proceso conocido como desionización.

### 1.4.4.2. Electrodiálisis

La electrodiálisis es un caso particular de diálisis. La diálisis es un proceso de separación de dos soluciones líquidas de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable. La solución más concentrada atraviesa la membrana para diluirse con la menos concentrada. En el proceso de diálisis además de pasar el disolvente por la membrana pasan moléculas de bajo peso molecular desde la solución más concentrada a la más diluida.

La electrodiálisis (figura 19) es una técnica de separación de concentración y descontaminación en la que especies iónicas son transportadas a través de membranas iónicas con permeabilidad selectiva (aniones, cationes) bajo la acción de un campo eléctrico.



**Figura 19.** Proceso de electrodiálisis

Fuente: García, L. La importancia del agua en la elaboración de cerveza. (2012). Recuperado de: <http://www.conmuchagula.com/2012/12/12/la-importancia->

La electrodiálisis es una técnica que aprovecha la electrolisis que se llevan a cabo en los electrodos, permitiendo la eliminación de compuestos indeseables por deposición sobre los electrodos o la transformación de los mismos en otras especies.

Los procesos de separación utilizan membranas donde se han incorporado grupos con cargas eléctricas, con el fin de restringir el paso de los iones presentes en una solución acuosa. En estos procesos la “fuerza impulsora” del flujo de los iones a través de la membrana es una diferencia de potencial eléctrico. En la figura 20 se muestra una planta de electrodiálisis.

La membrana de intercambio catiónica tiene carga negativa y es permeable a cationes como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , mientras que la membrana de intercambio aniónico está cargada positivamente y es permeable para aniones. Un conjunto de estas celdas se coloca en el electrolito y al colocar dos electrodos en el mismo y aplicar corriente eléctrica, los aniones y cationes presente en el soluto se dirigen hacia el ánodo o cátodo respectivamente, atravesando la membrana catiónica o aniónica según corresponda y pasan a formar parte de un electrolito más concentrado obteniéndose como producto agua sin minerales.



**Figura 20.** Equipo de electrodiálisis

Clorar ingeniería SA. Diseño y construcción y puesta en marcha de un reactor electrodiálisis. (s/f). Recuperado de: <http://clorar.com.ar/3-reactor-ed>

#### 1.4.4.3. Desionización y electrodesionización

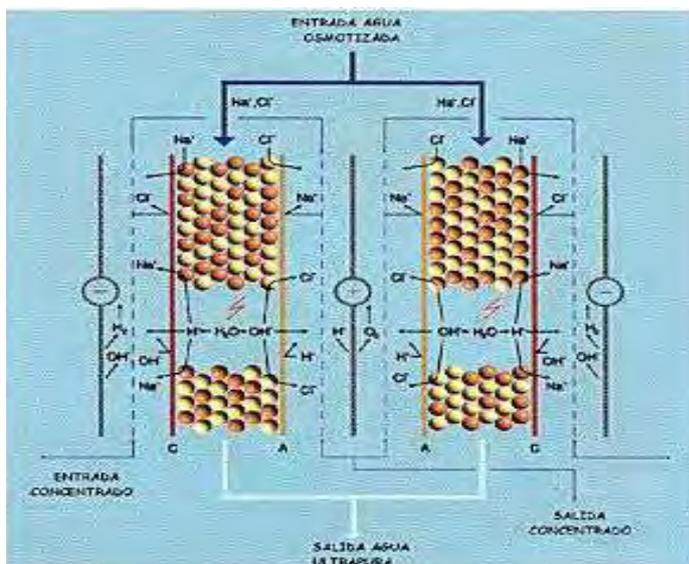
La desionización es un proceso físico que utiliza resinas de intercambio iónico en el que se sustituyen las sales y minerales del agua por iones  $H^+$  y  $OH^-$ .

Las resinas de intercambio catiónico solo se pueden emplear para ablandar el agua y las de intercambio aniónico para eliminar impurezas aniónicas.

Existen dos tipos de desionización que se describen a continuación:

- **Desionización de dos camas:** consiste en dos recipientes, uno conteniendo una resina de intercambio de cationes en forma de hidrógeno ( $H^+$ ) y la otra conteniendo una resina de aniones en forma de hidroxilo ( $OH^-$ ). El agua fluye a través de la columna de cationes, donde todos los cationes son intercambiados por iones de hidrógeno. Para mantener el agua eléctricamente balanceada por cada catión monovalente, por ejemplo,  $Na^+$ , se intercambia un ión de hidrógeno y por cada catión divalente, por ejemplo  $Ca^{2+}$ , ó  $Mg^{2+}$ , se intercambian dos iones de  $H^+$ . El agua descationizada entonces fluye a través de la columna de aniones. Esta vez todos los iones con carga negativa son intercambiados por iones  $OH^-$  los cuales entonces se combinan con los iones  $H^+$  para formar agua ( $H_2O$ ).
- **Desionización de cama mixta:** las resinas del intercambio de cationes y de aniones están mezcladas y contenidas en un solo recipiente a presión. En la figura 21 se es muestra el proceso de desionización mixta.

Como resultado, la calidad del agua obtenida de un desionizador de cama mixta es apreciablemente más alta que la que se produce en una planta de dos camas.



**Figura 21.** Desionización mixta

Fuente: Agua Tracta. Aguas ultrapuras. (s/f).

Recuperado de:

<http://www.aquatracta.com/Industria.Ultrapuras.Septron.2.html>

En la figura 22 se muestra un desionizador de cama mixto.



**Figura 22.** Desionizador de cama mixta

Fuente: iWater. Equipos de tratamiento de agua industrial.

Desionización. (2014). Recuperado de: <http://www.plantas-purificadoras-de-aguas.com.mx/equipos-de-tratamiento-de-agua-industrial/>

La electrodesionización es un proceso de purificación activado eléctricamente el cual combina resinas de intercambio iónico y membranas selectivas de iones. En este tipo de tratamiento al igual que en la electrodiálisis se tienen dos tipos de membranas selectivas permeables a cationes y aniones pero los espacios entre las membranas se rellenan con resinas de intercambio iónico.

Las resinas proporcionan un flujo conductivo para el transporte de iones, lo que permite que la desmineralización sea prácticamente completa, produciendo agua de alta pureza. Las resinas pueden ser de aniones, de cationes o una mezcla de ambos. Una ventaja de la electrodesionización es que la electrólisis continua del agua produce iones hidrógeno e hidroxilo. Estos iones permiten que las resinas se mantengan en un estado muy regenerado.

### 1.5. Ósmosis inversa, tecnología para producir agua de mesa.

La osmosis inversa es una tecnología que garantiza el tratamiento desalinizador, físico, químico y bacteriológico del agua por eso puede afirmarse que la ósmosis inversa soluciona muchas de las deficiencias de la destilación y el intercambio iónico. La ósmosis inversa funciona mediante membranas, que actúan como filtro, reteniendo y eliminando la mayor parte de las sales disueltas al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose un agua pura y esterilizada.

En la figura 23 se muestra una planta de tratamiento que usa ósmosis inversa.



**Figura 23. Planta de ósmosis inversa**

Fuente: Hanna instruments Chile. Dureza de aguas chilenas obliga a tener y tratamientos para evitar incrustaciones, corrosión y daños de equipos. (2011). Recuperado de: <http://hannachile.com/component/content/article/1-noticias/332-dureza-de-las-aguas-chilenas-obliga-a-tener-tratamientos-para-evitar-incrustaciones-corrosion-y-dano-en-equipos>

#### 1.5.1. Ósmosis inversa

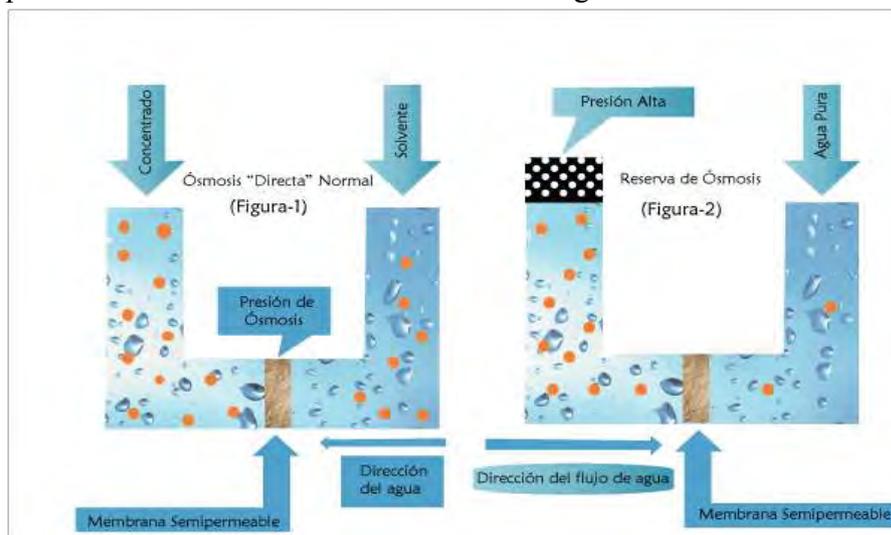
La ósmosis es un tipo de difusión pasiva caracterizada por el paso del agua (disolvente) a través de la membrana semipermeable desde la solución

diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica) hasta que las soluciones tengan la misma concentración (isotónicas o isoosmóticas). El agua (solvente), impulsada por una fuerza ocasionada por la diferencia de energía originada a su vez por una concentración (la presión osmótica) pasa por la membrana a la solución concentrada. El flujo del agua continúa hasta que la solución concentrada está diluida, y la contrapresión evita que se produzcan otros flujos a través de la membrana (equilibrio osmótico).

La presión osmótica es aquella presión necesaria para detener el flujo de agua a través de la membrana. En el equilibrio la presión osmótica es igual a la presión osmótica aparente. “La presión osmótica aparente es la medida de la diferencia de energía potencial entre ambas soluciones” (Textos científicos, 2007).

“El flujo del solvente es una función de la presión aplicada, la presión osmótica aparente y del área de la membrana presurizada” (Textos científicos, 2007).

El proceso de ósmosis natural se ilustra en la figura 24.



**Figura 24.** Ósmosis natural y ósmosis inversa

Fuente: Osmoagua. Que es la ósmosis inversa. (2013).

Recuperado de: <http://osmoagua.wordpress.com/2013/06/16/que-es-la-osmosis-inversa/>

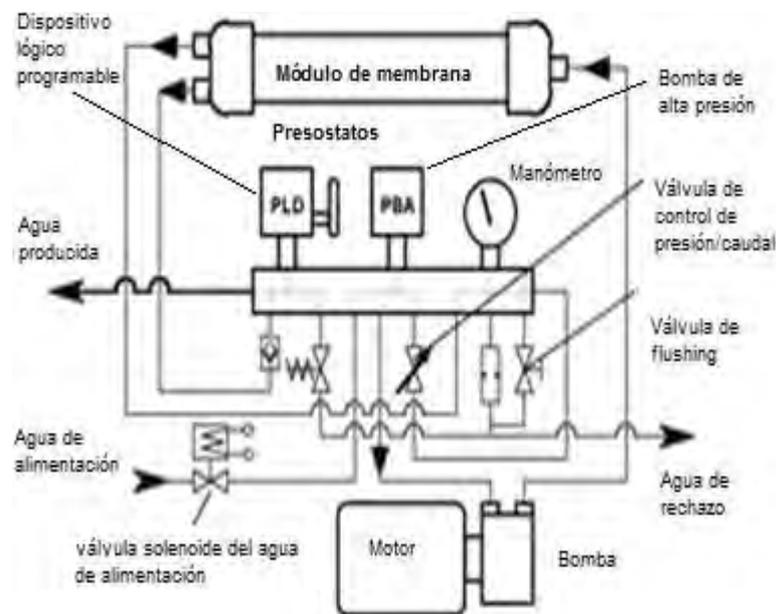
Excel water (s.f.) explica “si lo que se busca con este tratamiento es obtener una corriente de agua lo más diluida posible debemos invertir el fenómeno. Para ello hay que vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación en sentido contrario de una presión mayor. Cuando se logra invertir el fenómeno estamos en presencia de ósmosis inversa”. En la figura 24 se ilustra el proceso de ósmosis inversa, en este proceso “si a una corriente de agua salada se le aplica una presión mayor que la presión osmótica aparente, lograremos obtener un equilibrio distinto del anteriormente descrito, en el cual se generan simultáneamente dos productos:” (Excel Water, s.f.).

- Uno que atraviesa la membrana, queda libre de sólidos disueltos como minerales, materia orgánica, etc. y de microorganismos tales como virus, bacterias, etc.: **permeado (agua purificada)**.

- El otro se va concentrando en esos mismos productos sin que lleguen a depositarse en la membrana, y se eliminan en forma continua, constituyendo el **concentrado (agua residual)**.

La relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje de rechazos para: sulfatos (98 %), arsénico (99 %), fluoruros (97 %), nitratos (91 %), bacterias, virus y hongos más del 98 %. (Excel Water, s.f.).

En el tratamiento por ósmosis inversa el agua de alimentación se bombea a un recipiente a presión que contiene una espiral o un conjunto de fibras huecas de membranas semipermeables. El agua purificada pasa por la membrana para formar el 'permeado'. Los contaminantes se acumulan en el agua residual, denominada 'concentrado', que se purga continuamente hasta su vaciado. En la figura 25 se muestra un esquema de un sistema de ósmosis inversa.



**Figura 25.** Esquema de un sistema de OI

Fuente: Engormix. Métodos de desalinización. (2008). Recuperado de: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/sanidad/articulos/metodos-desalinizacion-t1933/p0.htm>

Los flujos y partes del sistema de ósmosis inversa son:

- **Agua de alimentación:** Flujo principal de agua que pasa a través de la superficie de la membrana, y que contiene impurezas que serán retenidas por la membrana.
- **Bomba:** Que suministra agua a los tubos de presión. La bomba suministra la presión necesaria para producir el proceso.
- **Agua producida:** Porción de agua de alimentación que pasa a través de la membrana como agua pura.
- **Agua de rechazo:** Porción del agua de alimentación que no pasó a través de la membrana y que contiene las impurezas que serán drenadas.

- **Módulo:** Es la combinación del elemento cilíndrico de la membrana en espiral y el tubo de presión (carcasa).
- **Tubos de presión:** Contienen la membrana de ósmosis inversa. Pueden estar ordenados en serie o paralelo.
- **Sello de salmuera:** Es la separación entre la parte externa del elemento en espiral y la parte interna del tubo de presión. Bloquea el flujo del agua de alimentación forzándola a pasar a través del elemento de membrana y a través de su superficie asegurando una remoción de las impurezas.
- **Válvula reguladora de la corriente del concentrado:** Que regula la corriente dentro de los elementos (membranas).

En la ósmosis inversa el flujo es dependiente de las características de la membrana como el espesor y porosidad, así como la temperatura, la presión diferencial por la membrana, y concentración de sólidos disueltos.

### 1.5.2. Factores de funcionamiento de la ósmosis inversa.

- **Presión:** A mayor presión mayor es el flujo a través de la membrana (producto) y mayor es el grado de retención de sales hasta límites permisibles de diseño.
- **Temperatura:** Con una configuración y caudal determinados la calidad varía directamente con la temperatura, entonces a mayor temperatura mayor será el contenido salino en el producto.
- **Calidad agua cruda:** Si tenemos una mejor calidad de agua de alimentación mayor será la calidad del agua producto y el tiempo de vida de las membranas. Para ello se recomienda un pretratamiento antes de la ósmosis inversa.
- **Relación conversión-producción:** Es la cantidad de agua tratada respecto al caudal de alimentación. Cuando esta relación aumenta se incrementa el aprovechamiento del agua de alimentación y la concentración de sales en el rechazo.

### 1.5.3. Pretratamiento del agua a tratar por ósmosis inversa

El pretratamiento del agua de abastecimiento para las instalaciones de ósmosis inversa influye mucho en la eficacia de la instalación. La forma de pretratamiento requerida depende de la calidad del agua entrante. El propósito del pretratamiento es reducir el contenido en materia orgánica y la cantidad de bacterias. En la tabla 7 se muestran los parámetros que debe cumplir el agua a tratar por ósmosis inversa.

Una planta de ósmosis inversa necesita de pretratamientos antes de la ósmosis inversa: coagulación, desinfección, filtración, ablandamiento.

El contenido en materia orgánica y las cantidades de bacterias deben ser tan bajos como sea posible para prevenir la llamada bioobstrucción de membranas. La aplicación de un pre-tratamiento tiene varios beneficios:

- Las membranas tienen un mayor tiempo de vida cuando se realiza un pretratamiento.

- Se extiende el tiempo de producción de la instalación.
- Las tareas de mantenimiento se simplifican.
- Los costes de operación son menores.

La ultrafiltración es el mejor pretratamiento disponible para la ósmosis inversa. La principal ventaja es la mejor calidad de agua producida con una turbidez media de 0,07 NTU y SDI < 3. Esto permite mejorar el flujo en las membranas hasta en un 20 % y reducir la frecuencia de sus limpiezas químicas aumentando la producción de la planta y la vida útil de las membranas.

**Tabla 7.** Requerimientos del agua de alimentación del equipo de osmosis inversa.

Factor	Requerimiento	Factor	Requerimiento
Dureza	< 1700 ppm	Sílice	< 25 ppm
Cloro	0 ppm	Manganeso	< 0,05 ppm
Sólidos totales disueltos (STD)	< 2000 ppm	Turbiedad	< 1 NTU
Índice de densidad de sedimentación (IDS)	< 5	Temperatura	4 °C - 32 °C
Ph	3 - 11	Presión	10 - 90 PSI
Hierro	< 0,01 ppm		

**Fuente:** Vigaflow. Osmosis inversa industrial. (s/f). Recuperado de: [http://www.vigaflow.com/industrial/fichas/ft\\_osmosis\\_inversa\\_industrial.pdf](http://www.vigaflow.com/industrial/fichas/ft_osmosis_inversa_industrial.pdf)

El carbón activado elimina compuestos orgánicos y cloro libre. Se puede colocar también antes de la ósmosis inversa un filtro submicrométrico que actúe como barrera física al paso de partículas y microorganismos. Los filtros pueden ser de polipropileno bobinados o de polipropileno expandido.

#### 1.5.4. La membrana de ósmosis inversa.

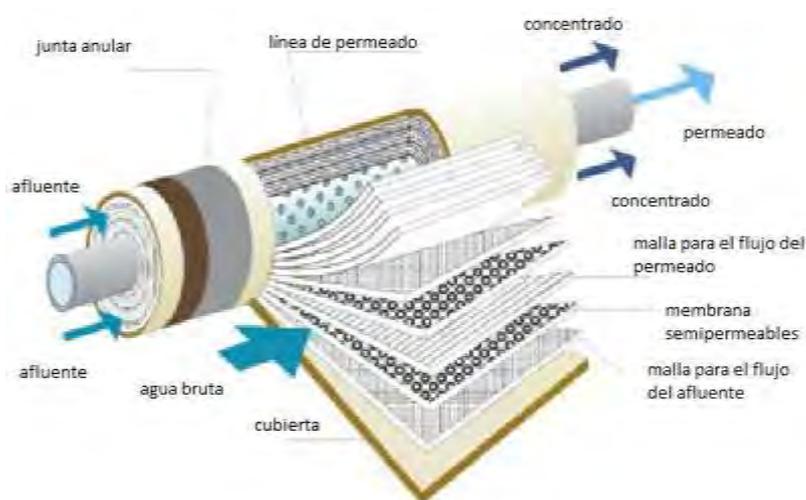
Se denomina membrana semipermeable a la fase intermedia que separa a dos fases entre sí y se opone al transporte de componentes químicos de moléculas grandes (normalmente del tamaño de micras) pero si deja pasar las moléculas de agua que son pequeñas.

Puede considerarse a dichas membranas como filtros moleculares. El tamaño de los poros de estos filtros se mide en  $\mu\text{m}$ , por lo que se requiere una presión considerable para hacer pasar cantidades de agua a través de ellas. La elección del modelo de membrana más apropiado es según el agua a tratar y su empleo posterior, determinando el tipo de instalación más adecuada. En la figura 26 podemos ver con detalle cómo está formada la membrana.

Las membranas filtrantes son las responsables de separar las sales del agua, tienen un área "microporosa", estos pequeños poros en las membranas sirven de barreras físicas impidiendo el paso de sales, rechazan las impurezas y no impiden el paso del agua. Estas membranas impiden el paso de las bacterias, virus, pirógenos, y 85% - 95% de sólidos inorgánicos. Los iones "polivalentes" son rechazados más fácilmente que los iones "monovalentes".

Los sólidos orgánicos con un peso fórmula superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través de la membrana.

Los procesos técnicos de membrana son procesos de flujo transversales a diferencia de la filtración clásica. En la filtración transversal se evita por el fuerte flujo cruzado de la parte alimentadora que se forme una torta de filtración.



**Figura 26.** Membrana de ósmosis inversa.

Fuente: Acondicionamientos soluciones en tratamiento de agua.

Aplicaciones de ósmosis inversa. (2013). Recuperado de:

<http://www.acondicionamientos.com.ar/aplicaciones-osmosis-inversa/>

Los procesos de membrana tienen como elementos en común que son impulsados por una fuerza directora; que puede ser una presión, un potencial eléctrico o una diferencia de concentración; todos los caudales son de fase líquida; el sistema se compone de una bomba, un módulo de membrana y una válvula de presión.

En la ósmosis inversa el flujo es dependiente de las características de la membrana como el espesor y porosidad, así como la temperatura, la presión diferencial por la membrana y concentración de sólidos disueltos. En las conexiones de módulo para aumentar la capacidad se conectan los módulos paralelamente, para aumentar el grado de concentrado se colocan en fila y para alimentar la calidad de permeado deben estar las etapas una detrás de otra.

En los primeros experimentos con la ósmosis, las membranas usadas eran a menudo de vejigas de cerdo. A través de los años, sin embargo, la tecnología

ha mejorado, y las membranas usadas hoy en día son mucho más eficaces. En la actualidad, las membranas son principalmente hechas de poliamida o de acetato de celulosa. Aunque muchas membranas se hacen de las películas del polímero, también pueden estar hechas de cerámica, de fibra de carbón, y de sustratos metálicos con poros. Los poros pueden medirse en dimensiones atómicas  $< 10 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ Angstrom} = 1 \times 10^{-8} \text{ m}$ ) hasta  $100 \text{ }\mu\text{m}$  ( $1 \times 10^{-4} \text{ m}$ ).

En las tablas 8 y 9 se muestran la capacidad de rechazo de compuestos inorgánicos y orgánicos respectivamente de las membranas de ósmosis inversa.

**Tabla 8.** Capacidad de rechazo de elementos y compuestos inorgánicos de las membranas de ósmosis inversa

Cationes			Aniones		
Nombre	Símbolo	Rechazo (%)	Nombre	Símbolo	Rechazo (%)
Sodio	$\text{Na}^+$	94-96	Cloruro	$\text{Cl}^-$	94-95
Calcio	$\text{Ca}^{++}$	96-98	Bicarbonato	$\text{HCO}_3^-$	95-96
Magnesio	$\text{Mg}^{++}$	96-98	Sulfato	$\text{SO}_4^{2-}$	99
Potasio	$\text{K}^+$	94-96	Nitrato	$\text{NO}_3^-$	93-96
Hierro	$\text{Fe}^{++}$	98-99	Fluoruro	$\text{F}^-$	94-96
Manganeso	$\text{Mn}^{++}$	98-99	Silicato	$\text{SiO}_4^{4-}$	95-97
Aluminio	$\text{Al}^{+++}$	99	Fosfato	$\text{PO}_4^{3-}$	99
Amonio	$\text{NH}_4^+$	88-95	Bromuro	$\text{Br}^-$	94-96
Cobre	$\text{Cu}^{++}$	96-99	Borato	$\text{BO}_3^{3-}$	35-70**
Níquel	$\text{Ni}^{++}$	97-99	Cromato	$\text{CrO}_4^{2-}$	90-98
Estroncio	$\text{Sr}^{++}$	96-99	Cianuro	$\text{CN}^-$	90-95**
Cadmio	$\text{Cd}^{++}$	95-98	Sulfito	$\text{SO}_3^{2-}$	98-99
Plata	$\text{Ag}^+$	94-96	Tiosulfato	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	99
Arsénico	$\text{As}^{+++}$	90-95	Ferrocianuro	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$	99

\*\* Depende del pH.

Fuente: Textos científicos. Ósmosis inversa. (s/f). Recuperado de: [www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa](http://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa)

La última generación de membranas de material compuesto de película fina de poliamida para ósmosis inversa, que han sustituido a las primeras membranas de celulosa, eliminan el 95 % - 98 % de iones inorgánicos, junto con prácticamente todos los contaminantes no iónicos de mayor tamaño y moléculas orgánicas con un peso molecular que sea mayor que 100.

Las membranas de película fina de poliamida tienen una capa de poliamida-úrea. La poliamida tradicional tiene carga superficial negativa para la mayoría de pH de operación. Las mejores membranas tienen grupos aminos residuales

y las membranas estándar grupos ácido carboxílico. Esta diferencia en la superficie de las membranas minimiza el ensuciamiento y lavados y maximiza el rechazo de sílice.

**Tabla 9.** Capacidad de rechazo de compuestos orgánicos de las membranas de ósmosis inversa

Nombre	Peso fórmula	Rechazo(%)
Sacarosa	342	100
Lactosa	360	100
Proteínas	> 10 000	100
Glucosa	198	99,9
Fenol	94	93 – 99**
Ácido acético	60	65 – 70
Tinturas	400 a 900	100
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	-----	90 – 99
Demanda química de oxígeno (COD)	-----	80 – 95
Úrea	60	40 – 60
Bacterias y virus	5000-100 000	100
Pirógenos	1000 - 5000	100

\*\* Depende del pH.

Fuente: Textos científicos. Ósmosis inversa. (s/f). Recuperado de: [www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa](http://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa)

Existen en el mercado diferentes configuraciones de membrana: elemento tubular, elemento espiral y elemento de fibras huecas.

Las membranas en espiral se fabrican con acetato de celulosa o poliamida y con distinto grado de rechazo y producción. Esta configuración tiene como ventaja la buena relación área de membrana por volumen del elemento. Este diseño admite un fluido con turbiedad tres veces mayor que los de fibra hueca.

Las membranas de cerámica son ideales para productos de valor agregado o productos sanitarios, al igual que para aplicaciones que requieran separaciones selectivas de fluidos conteniendo componentes agresivos como solventes.

Las membranas de acero inoxidable tienen un diseño rugoso especialmente efectivo para aplicaciones que demanden productos con elevadas partículas sólidas y/o alta viscosidad.

Las membranas tubulares son altamente resistentes a taponarse al procesar caudales con grandes cantidades de componentes fibrosos o sólidos en suspensión.

Las membranas de fibra hueca ofrece la posibilidad de limpieza a contracorriente desde el permeado. De uso adecuado para flujos con bajo contenido de sólidos.

Las membranas semipermeables de ósmosis inversa no eliminan:

- Compuestos orgánicos de bajo peso fórmula como TCE (tricloroetileno), THM (trihalometanos) y la mayoría de los compuestos químicos volátiles (VOC).
- Gases disueltos tales como el sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico  $H_2S$ ), cloro, anhídrido carbónico, oxígeno y radón.
- Las cloraminas,  $NH_2Cl$ ,  $NH_2Cl_2$ ,  $NCl_3$ .
- Algunos sólidos disueltos como el boro.

### 1.5.5. Deterioro de las membranas de ósmosis inversa

Las membranas de ósmosis inversa pueden dañarse por exposición excesiva al cloro libre y en menor medida por compuestos orgánicos disueltos. Para evitarlo el agua debe pasar primero por un filtro de carbón activado.

La posible oxidación y pérdida de integridad mecánica (daños físicos) de las membranas pueden reducir el rechazo. En ciertos casos puede haber crecimiento microbiológico en el lado del permeado.

El ensuciamiento en las membranas puede originarse por partículas coloidales o bioensuciamiento. La presencia de partículas coloidales en las membranas de ósmosis inversa se evidencia por un decrecimiento en el caudal del producto. Las partículas coloidales son difíciles de remover con limpiezas químicas y métodos convencionales. La causa de este tipo de ensuciamiento es la carga que presentan las membranas de poliamida estándar a valores de pH normales (6 a 10) de operación. Las membranas más antiguas de acetato y triacetato de celulosa no tenían carga significativa y eran menos susceptibles a ensuciamiento por partículas coloidales. Las membranas de poliamida-urea casi no tienen carga.

El bioensuciamiento se detecta por el incremento de la presión diferencial (alimentación-rechazo) en tubos de presión y membranas. En un inicio las membranas de acetato de celulosa operaban con concentraciones de cloro residual de 0,5 mg/L a 1 mg/L de cloro residual el cual inhibía el bioensuciamiento si no había hierro disuelto en el agua que reaccione con el cloro y funcione como catalizador de la degradación de las membranas.

Las membranas de poliamida primero usaban hipoclorito luego bisulfito de sodio como sistema de cloración. El hipoclorito descompone moléculas de ácido húmico disueltas en el agua en fragmentos de peso fórmula menor que como nutrientes disponibles aumentaban el crecimiento microbiológico. El cloro libre con el ácido húmico forman los compuestos cancerígenos trihalometanos. En lugar de cloro se dosifica cloraminas se desinfecta y se evita la formación de trihalometanos.

Los compuestos orgánicos en el agua de alimentación en sistemas de ósmosis inversa pueden ser adsorbidos sobre la superficie de las membranas y causar una pérdida de caudal. Los compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas naturales son normalmente sustancias húmicas en concentraciones de

entre 0,5 ppm y 20 ppm de T.O.C. (carbono orgánico total). Cuando los niveles de TOC son superiores a 3 ppm hay que prever su eliminación en el pretratamiento. Las sustancias húmicas pueden ser eliminadas mediante procesos de coagulación, mediante ultrafiltración o adsorción en carbón activo.

Aun cuando en general las bacterias y los virus son mayores que los tamaños típicos de los poros de las membranas de ósmosis inversa, algunos pasan a través de ella hacia el agua producida, de las siguientes formas: pasando a través de las imperfecciones de la membrana o por la existencia de poros de tamaño anormal; encontrando camino a través de los bordes y las líneas de coladura de las membranas o también pasando por los sellos. En consecuencia el sistema de ósmosis inversa para agua potable deberá sólo ser utilizado con un suministro de agua microbiológicamente seguro para consumo humano.

El aire que queda en los elementos y/o las cajas de presión, si la velocidad de puesta en marcha es muy alta, puede provocar tensiones en la dirección del flujo o radiales causando roturas en el envoltorio de fibra de vidrio de las membranas.

Es conveniente hacer circular agua a baja presión para desplazar el aire que pueda haber en las membranas y las cajas de presión. Este desplazamiento se debe hacer en un rango de presiones de 0,2 MPa a 0,4 MPa. Al hacer esta operación los caudales producidos de permeado y concentrado irán a drenaje.

#### 1.5.6. Factores del agua de alimentación que afectan la membrana

Excel Water (s.f.) detalla y describe cuáles son estos factores:

- **Presión:** La presión del agua de alimentación afecta la cantidad y la pureza del agua producida por la ósmosis inversa. Una poca presión del agua de alimentación causa una reducción del caudal y pureza del agua.
- **pH:** Determinar la variación de la medida del pH en el agua de alimentación es muy importante. Es recomendado usar una variedad más amplia de membranas cuando el agua de alimentación es básica, ácida o inestable.
- **Índice de saturación de Langlier (ISL):** Indica el principio de la formación de incrustaciones sobre el área de la membrana. Si el índice ISL es positivo, es conveniente instalar un ablandador de agua antes del sistema de ósmosis inversa.
- **Cloro libre y bacterias:** Las membranas de acetato de celulosa necesitan una limpieza constante usando cloro libre total (CLT) para impedir la propagación de bacterias. En contraste, la poliamida y las membranas finas, como cintas, son dañadas por el CLT. El carbón activado se usa para remover el CLT cuando la poliamida y las membranas finas lo necesitan.
- **Temperatura:** La duración de la membrana depende de la temperatura del agua de alimentación la cual debe ser de 25 °C. Por cada 1 °C bajo 25 °C, la cantidad de la producción del agua es reducida por 3 %. Cuando el agua de alimentación tiende a quedarse regularmente bajo 25 °C, es

recomendado que el agua caliente y fría se mezcle para que la temperatura suba a 25 °C. El agua de alimentación que tiene una temperatura superior a 35 °C dañara la mayoría de las membranas.

- **Índice de densidad de sedimentación:** El IDS es una medida de las partículas de submicrones que tienen tendencia a bloquear las membranas. La corriente del agua a una presión específica es filtrada a través una membrana en forma de disco y es recuperada durante un periodo de tiempo fijo. La rapidez de la corriente del agua y el volumen total recogido determina el índice.
- **Turbidez:** Es una característica que toman los consumidores para valorar la garantía sanitaria del agua. La turbidez es causada por materia coloidal o por suspensión de partículas. También puede provocar turbidez la precipitación de sales de hierro y/o manganeso en concentraciones mayores a 200 µg/L.

### 1.5.7. Eficiencia de la ósmosis inversa

Un gran porcentaje (50 % - 90 %) del agua de alimentación no pasa por la membrana pero corre del otro lado, limpiando el agua continuamente y tiene los sólidos inorgánicos y orgánicos para drenarlos. Esa agua se llama agua "rechazada".

La recuperación obtenida es igual al caudal producido respecto al agua de alimentación. Actualmente se supera el 60 % de recuperación dado que se recicla el concentrado y se vuelve a procesar.

En el agua rechazada los contaminantes pueden ser 10 a 15 veces más concentradas que el agua cruda.

En condiciones normales los sistemas convencionales de ósmosis inversa experimentan una disminución del caudal del producto que puede llegar al 50 % a medida que disminuye la temperatura del agua.

### 1.5.8. Ventajas del uso de la ósmosis inversa en el tratamiento de agua

El proceso de ósmosis inversa (OI), es un método práctico y eficaz para el tratamiento de agua para consumo humano.

En la tabla 10 se realiza una comparación con algunas de las tecnologías de tratamiento de agua.

**Tabla 10.** Comparación de tecnologías de purificación de agua

Tecnología	As	Bacteria	Sabor y olor	Cl	F	Metales pesados	Nitratos	Rn	Sedimento	Virus	VOC
Carbón Activado	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	●
Ósmosis Inversa	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
Ultravioleta	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○

● = Remoción efectiva   ● = Reducción significativa   ○ = Remoción mínima

Fuente: Aquapurificacion. Osmosis inversa. (s/f). Recuperado de:  
[www.aquapurificacion.com/osmosis-inversa-hogar.htm](http://www.aquapurificacion.com/osmosis-inversa-hogar.htm)



## **Capítulo 2**

### **Estudio de mercado**

El objetivo de este estudio de mercado es determinar, cuantificar y analizar, los valores de la demanda y la oferta de agua de mesa así como su tendencia, para poder definir una estructura de producción y de comercialización capaz de satisfacer las necesidades del mercado.

#### **2.1. Fuentes de información**

##### **2.1.1. Fuentes de información primaria**

El método de investigación para recopilar información de fuentes primarias que se ha usado es la investigación por comunicación que se administró a través de cuestionarios por correo electrónico.

##### **2.1.2. Fuentes de información secundarias**

Las fuentes de información secundarias externas que se han utilizado son:

- Investigaciones académicas.
- Artículos de revistas y periódicos.

#### **2.2. Descripción del mercado**

##### **2.2.1. Descripción del mercado mundial**

El consumo mundial de agua de mesa ha experimentado un crecimiento sostenido y notorio en las últimas décadas. Puede decirse que es el sector más dinámico de la industria de la alimentación y la bebida ya que el consumo mundial aumenta un promedio de 12 % anual, a pesar de su precio excesivamente alto comparado con el precio del agua de abastecimiento público. (Aguilab21, 2003).

Tres cuartas partes del volumen de agua embotellada se consumen en una decena de países donde no hay problema con el suministro de agua potable de calidad.

Alrededor del 75 % del consumo mundial es producido localmente debido a los altos costos de transporte y además porque las distancias y tiempos de traslado pueden alterar la calidad del producto.

El agua embotellada es un producto con alta elasticidad ingreso, es decir su consumo depende del poder adquisitivo de la población. Más de la mitad de la producción (59 %) de agua embotellada que se bebe en el mundo es agua tratada, el 41 % restante es agua mineral o de manantial. (Barroso, 2004)

Los principales mercados de importación son Estados Unidos (18 % de las exportaciones mundiales); Japón (14 %), Bélgica (11 %), Alemania (9 %) y Reino Unido (7 %).

Los mercados relevantes lo conforman Estados Unidos, Japón y Europa; Rusia y Ucrania; mercados árabes como Emiratos Árabes Unidos y Siria y el oriente más desarrollado como Hong Kong y Singapur y Australia conocida por su escasez de agua.

Los países de la Unión Europea realizan la mitad de las compras del mundo. México es el país latinoamericano con mayores compras seguido por Venezuela, Brasil y Argentina.

Los principales exportadores a nivel mundial son Francia con el 42 %, Italia con 17 %, Bélgica con el 17 %, EEUU con 5 % y Alemania con 3 %.

Según un estudio realizado por la empresa *Canadean* (especializada en investigación de bienes de consumo) se afirma que el volumen mundial de ventas se ha duplicado y que el agua de mesa será líder en ventas en el año 2015. Esta tendencia de incremento se sustenta por la imagen de bebida saludable del agua de mesa.

En el continente asiático se estima la demanda incrementa en 16 %, en América del Norte el volumen de ventas es alrededor de 30 000 millones de litros pero con un crecimiento anual menor que Asia, en Europa también la tendencia es a incrementar el consumo pero menor que en los otros continentes debido al uso de filtros de agua para beber agua de grifo.

Se puede concluir que el mercado de agua de mesa está en pleno crecimiento. Con alrededor de un tercio del volumen de las bebidas refrescantes, y con un fuerte índice de crecimiento anual, el agua embotellada representa el segmento más dinámico del mercado.

### **2.2.2. Descripción del mercado nacional**

En el mercado de bebidas, el sector de agua embotellada es un negocio con potencial de crecimiento y rentabilidad el cual en los últimos años ha tenido

un crecimiento superior respecto a otras bebidas representando el 16,6 % del mercado de bebidas en el año 2010. (Sociedad Nacional de Industria, 2011).

El mercado de agua de mesa está conformado por una población que tiene la necesidad de consumo de un producto puro y saludable por eso el 63 % de del mercado prefiere el agua sin gas. (Patriau, 2005). La presentación que prefieren es la de medio litro.

Existen dos tipos de agua envasada que se consumen en el mercado:

El agua natural extraída de pozos subterráneos, de manantiales o de la red pública y sometida a tratamiento para eliminar sus impurezas. Las marcas de este tipo consumidas son agua Cielo, Cristalina, San Antonio, San Luis y Vida.

El agua mineral extraída del subsuelo o de manantial que pasa por procesos de purificación con la mínima intervención del hombre; este tipo de agua cuenta con una composición de sales minerales como calcio, magnesio, sodio, potasio y otros componentes. Las marcas de este tipo de agua que se venden en el mercado son San Mateo y Socosani.

En 2007 la producción total de agua registró un incremento de 11,9 % debido a la preferencia de los consumidores por los formatos de tamaño personal. (Centrum PUCP, 2009).

En la participación de ventas por zona geográfica, Lima es la que tiene mayor consumo respecto al resto del país.

En 2008, el consumo de agua de bebidas no alcohólicas incrementó 14,1%. El 15,2 % del volumen producido por ese sector correspondía a la fabricación de agua de mesa. (Centrum PUCP, 2009). En 2009 el consumo se incrementó en 15 %. (Córdova, 2009).

En el año 2011, la Sociedad Nacional de Industria indicó que la producción de agua embotellada incrementó a 320 millones de litros luego que en el año 2000 su valor fue de 78 millones de litros, teniendo un crecimiento del 310 %. Con respecto al agua en botellones la producción disminuyó un 42 % al pasar de 59,3 a 34,2 millones de litros.

Según el Informe técnico de producción nacional del INEI, en el año 2011, en el rubro de bebidas no alcohólicas, la producción de agua embotellada incrementó en 7,83 % y en el 2012 se expandió 10,31 % como consecuencia de la mayor fabricación de bebidas gaseosas, agua embotellada de mesa, agua en botellones y bebidas rehidratantes; sumado a la mayor venta externa de aguas y bebidas no alcohólicas azucaradas no gaseosa a Ecuador, EEUU, Estonia y Aruba, y aguas incluidas aguas mineral y gaseada para Chile, EEUU, Argentina y Bolivia.

La preferencia por una determinada marca se sustenta en la calidad del producto, la pureza, el conocimiento de la marca y el precio. El segmento de

agua embotellada en el Perú es un negocio con alto potencial de crecimiento y rentabilidad, debido al bajo consumo actual por persona y además por los cambios de hábitos del consumidor, que busca bebidas más sanas.

Actualmente el mercado peruano es dominado en un 90 % por dos empresas: la Corporación José R. Lindley con la marca San Luis, y Ajeper con la marca Cielo. Pero existen otras marcas en el mercado como, Agua Vida (Embotelladora Don Jorge), Agua San Mateo y Cristalina (Corporación Backus), Agua San Carlos (Pepsico), entre otras.

Existen agentes mayoristas entre los que destacan las empresas Mayorsa, *Real Service* y Distribuidora Premium.

Por lo general, las empresas productoras de agua en bidón realizan la distribución de su producto. El 83,3 % de ellos efectúa ventas tanto al por mayor como al por menor. En el caso de los mayoristas el 91,7 % realizan ventas al por mayor y menor. (The Lima Consulting Group, 2009).

Los principales clientes son, las empresas privadas con el 66,7 %, seguido por el Estado con el 38,9 % y el usuario particular y bodegas con el 5,6 %. (The Lima Consulting Group, 2009).

### **2.2.3. El usuario o consumidor**

Para el presente estudio se distinguen dos tipos de consumidores:

- Consumidor institucional: El personal que labora en la Universidad de Piura (UDEP); profesores, personal administrativo y de servicios, que se autoabastecerá con el agua de mesa que producirá la planta de tratamiento.
- Consumidor estudiantil: Los alumnos de los diferentes programas académicos de la Universidad de Piura, alumnos de cursos de extensión y del Centro de Idiomas que podrán consumir también el agua producida por la planta de tratamiento.

## **2.3. Segmentación del mercado**

Para segmentar el mercado hemos elegido el enfoque relacionado con las características del cliente. Nuestro producto irá dirigido a aquellos clientes que cuidan su salud y consumen agua de mesa para asegurarse que están consumiendo un agua de calidad garantizada.

Atendiendo a una segmentación geográfica nuestro producto irá dirigido al mercado local es decir nuestro producto será vendido a clientes de la ciudad de Piura, específicamente en la Universidad de Piura.

De acuerdo a una segmentación por uso, que divide al mercado en usuarios frecuentes, usuarios medios y usuarios ocasionales, dirigiremos nuestro producto a usuarios frecuentes aquellos que consumen agua de mesa siempre.

## 2.4. Mercado objetivo del proyecto

Según las características de este proyecto el mercado objetivo ya estaría predeterminado ya que el objetivo del proyecto es autoabastecer a la UDEP con el agua de mesa que se producirá.

La población consumidora o beneficiaria con nuestro producto será en primer lugar todo el personal que trabaja en UDEP (docente, administrativo y de servicios), esta población consumidora puede verse incrementada en la medida que se incremente el personal.

En segundo lugar tenemos como a los alumnos de todas las facultades, escuelas y cursos de postgrado UDEP.

## 2.5. Descripción del producto

El producto ofrecido será agua tratada, envasada en bidones de 20 L, de calidad de mesa, esta agua se producirá en una planta de tratamiento instalada en la misma universidad y cumplirá con todos los estándares de calidad necesarios que la hagan apta para su consumo.

## 2.6. Análisis de la demanda

### 2.6.1. Comportamiento histórico de la demanda

#### 2.6.1.1. Evolución histórica del consumo

Para conocer el consumo histórico de bidones de agua en UDEP se solicitó al departamento de almacén los reportes de consumo de años anteriores. En la tabla 11 se muestra el resumen de estos datos.

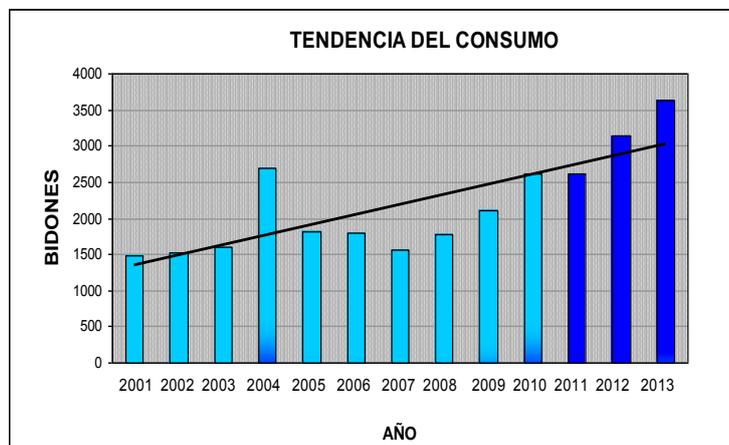
**Tabla 11.** Consumo histórico de agua envasada en UDEP

AÑO	CONSUMO
2001	1487
2002	1519
2003	1593
2004	2700
2005	1818
2006	1802
2007	1566
2008	1781
2009	2109
2010	2618
2011	2615
2012	3138
2013	3634

Fuente: Almacén UDEP. Elaboración: propia

### 2.6.1.2. Cuantificación de las tendencias, estacionalidad y comportamiento cíclico de la demanda

En la figura 28 podemos observar las tendencias en la demanda. Podemos decir que en general se observa un incremento sostenido de la demanda de agua debido al incremento de personal.

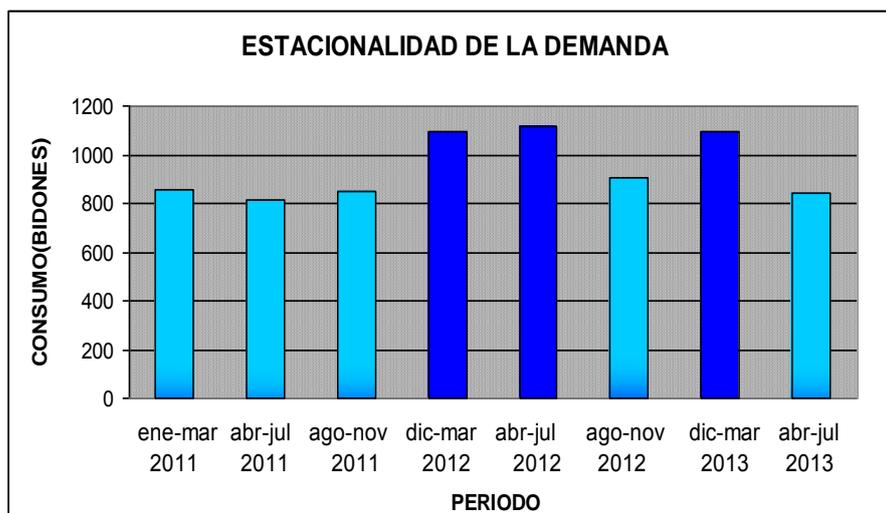


**Figura 28.** Tendencia de la demanda.

Fuente: Elaboración propia

La industria de agua embotellada es estacional, el 60 % de la producción anual se concentra en los meses de verano y es más dinámica en el último y primer trimestre de cada año.

En la figura 29 podemos notar además que el consumo es mayor en los meses de verano es decir muestra un comportamiento cíclico incrementándose los meses de verano y disminuyendo a partir del mes de abril.



**Figura 29.** Consumo de agua en UDEP: distribución por meses.

Fuente: Elaboración propia

### 2.6.2. Análisis del comportamiento de la demanda actual

Para hacer la proyección de la demanda futura se necesita conocer el comportamiento actual de la demanda por lo que se obtuvo los datos de consumos durante el presente año de la Oficina de Servicio Técnico y también la información de cuantos trabajadores forman la población consumidora. Se resumen estos datos en las tablas 12 y 13.

**Tabla 12.** Consumo mensual de agua de mesa en UDEP

Marca agua	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Promedio
Fuente	157	144	161	179	110	100	142
Santa Marina	65	57	87	96	51	45	67
Spring	114	103	90	115	72	71	94
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>304</b>	<b>338</b>	<b>390</b>	<b>233</b>	<b>216</b>	<b>303</b>

**Fuente:** Oficina Servicio Técnico UDEP. Elaboración propia

**Tabla 13.** Personal que trabaja en UDEP

Área	Total
Administrativos	232
Docentes	293
Personal Servicios	77
Services	48
<b>Total</b>	<b>650</b>

**Fuente:** Oficina Servicio Técnico UDEP Elaboración propia.

El consumo promedio mensual de la población consumidora es de 303 bidones y la población consumidora la forman 650 trabajadores entre personal docente, administrativo y de servicios. De acuerdo a esta información podemos concluir que hay un consumo de 0,36 litros/día por persona.

El precio que actualmente pagan por un bidón de agua de mesa de 20 litros oscila entre S/. 7,00 y S/. 8,00.

Las marcas que se consumen en la Universidad son Fuente, Santa Marina y Spring con un porcentaje de 48 %, 21 % y 31 % de la demanda total de agua de mesa respectivamente.

### 2.6.3. Análisis del comportamiento de la demanda futura o proyectada

Para realizar el análisis de la demanda se usó el modelo de regresión simple y el método que se utilizó fue el de mínimos cuadrados.

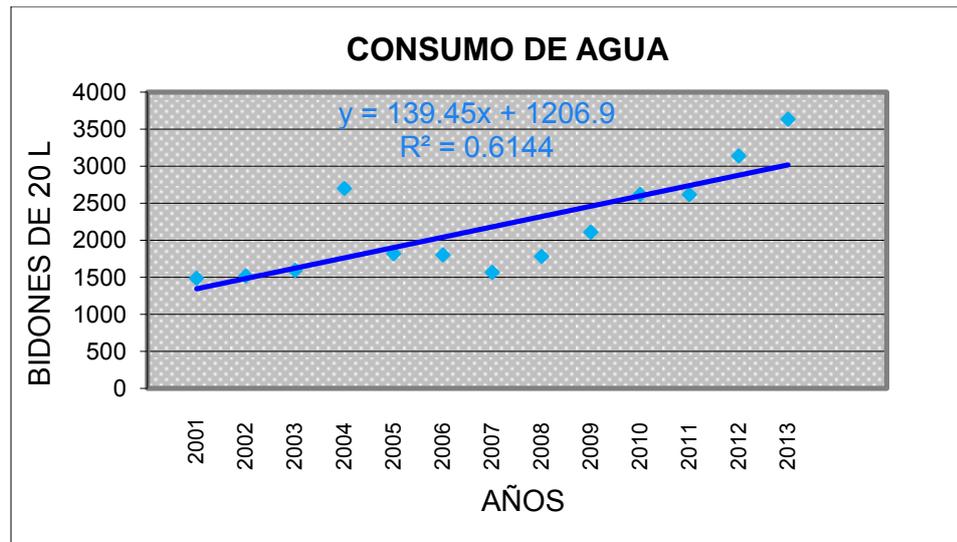
Para hacer la proyección de la demanda futura de UDEP se tomaron como referencia los datos de consumo actual proporcionados por el personal de almacén.

La figura 30 resume el consumo de agua de UDEP en años anteriores. La línea de tendencia del gráfico nos indica que el consumo de agua se incrementa cada año.

Realizando un sencillo cálculo de diferenciación se obtienen los estimadores mínimos cuadráticos de los coeficientes de la recta de regresión, donde:

$$b = 139,45$$

$$a = 1\,206,90$$



**Figura 30.** Consumo de agua  
Fuente: Elaboración propia

La ecuación que representa la demanda futura es la siguiente donde  $x$  es la variable independiente que es el año e  $y$  es la variable dependiente que representa la demanda.

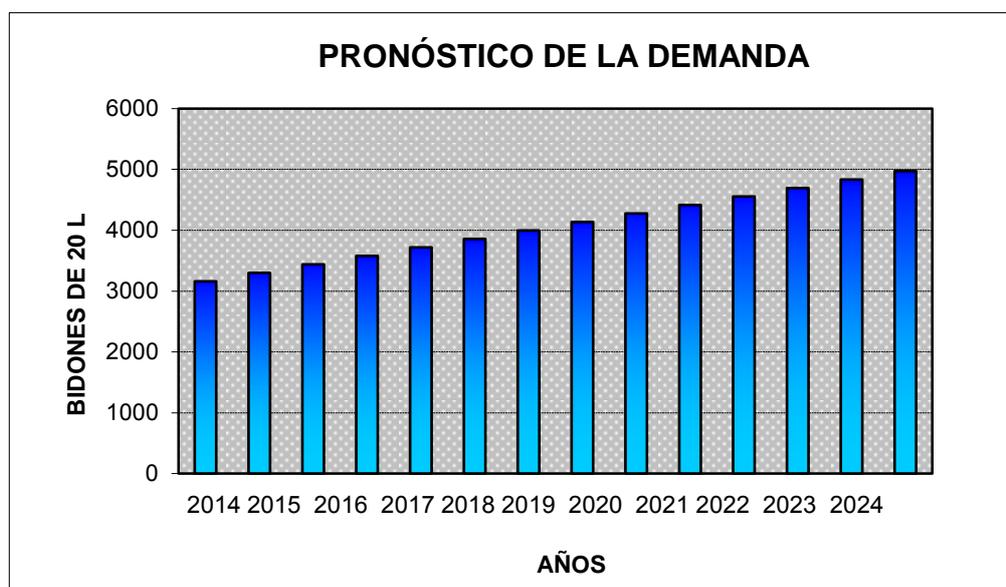
$$y = 1\,206,90 + 139,45 x$$

El valor del coeficiente de correlación nos indica que la relación de las variables es positiva tal como se muestra en la figura 31 donde vemos que la demanda futura se incrementará año tras año.

Para la demanda futura incluiremos como alternativa el cubrir parte de la necesidad de consumo de los alumnos de la universidad que según el informe anual de UDEP son 4365 alumnos entre las diferentes facultades, escuelas tecnológicas y estudios de post grado teniendo en cuenta una estimación de consumo similar al personal UDEP de 0,36 litros/día por persona. Inicialmente cubriremos el 30 % de la demanda que equivale a 12,257 litros/mes.

La demanda total sería la suma de la demanda de UDEP más la demanda del alumnado. La demanda de UDEP es 6891 litros/mes. Este valor se tomó

considerando una vida útil de la planta de 15 años y tomando como valor la demanda promedio que corresponde al año 2021.



**Figura 31.** Pronóstico de la demanda

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto podemos decir que la demanda total sería de 19 148 L/mes y al año 229 775 litros. Entonces la producción promedio diaria de la planta será de 919,34 litros, tomando en cuenta que la planta sólo trabajará de lunes a viernes 250 días al año, tiempo en que puede cubrir la demanda y puede hacerse de un stock para cumplir las necesidades del personal. Al mismo tiempo que se podría usar el día domingo para realizar trabajos de mantenimiento preventivo en la planta y se evita que los operarios trabajen en días domingos y feriados.

## 2.7. Análisis de la oferta

Se considera que existe una gran cantidad de productores de agua de mesa en el sector que ejercen una competencia abierta de tal manera que su participación y aceptación en el mercado depende de la calidad del producto, del precio y de los servicios complementarios que ofrecen al consumidor. También podemos decir que ningún productor domina el mercado por ello podemos afirmar que el mercado ofrece ventajas para proyectos pequeños y medianos de producción de agua de mesa.

### 2.7.1. Análisis del comportamiento histórico de la oferta.

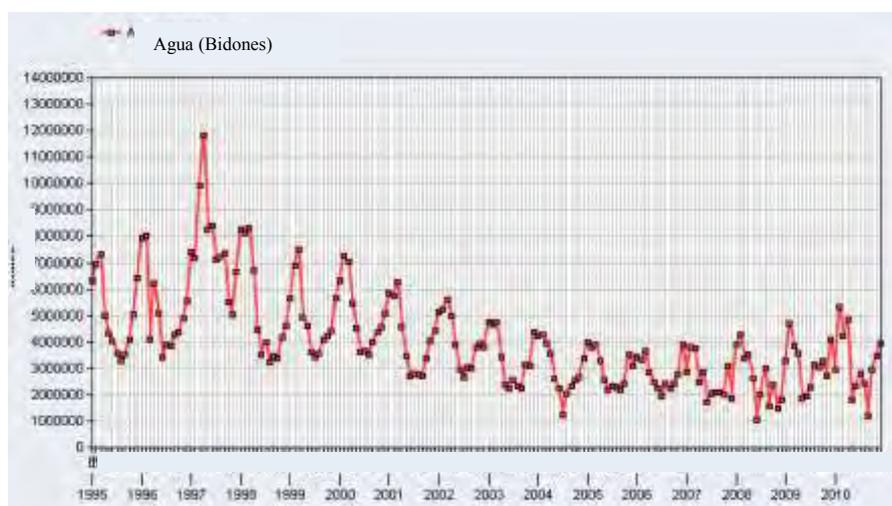
La mayoría de las empresas en el mercado tienen mínimo 5 años de operación por lo que podemos afirmar que este no es un negocio nuevo sin embargo lo que sí ha ido incrementándose es el consumo de agua de mesa lo que trae como consecuencia que las empresas tengan que incrementar la cantidad ofertada.

En la tabla 14 se muestra el volumen de producción en millones de litros para envasado de bidones de 20 L de agua del país y en la figura 32 se presentan los datos de producción de agua en bidones.

**Tabla 14.** Volumen de producción nacional de agua en bidones.

AÑO	MILLONES DE LITROS	AÑO	MILLONES DE LITROS
2007	30 475	2010	38 168
2008	30 842	2011	45 141
2009	37 577	2012	37 966

**Fuente:** INEI. Producción de la industria de productos alimenticios y bebidas. (2013). Recuperado de: <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>



**Figura 32.** Volumen de producción nacional de agua de mesa.

**Fuente:** INEI. Volumen producción nacional de agua de mesa. (s/f).  
<http://inei.inei.gob.pe/inei/siemweb/publico/aplic/grafico/frmgrafico.asp?vFuente=034&vVariable=0000006356&vini=&vfiltro=&vfrec=M&vtipo=0>

### 2.7.2. Análisis del comportamiento de la oferta actual

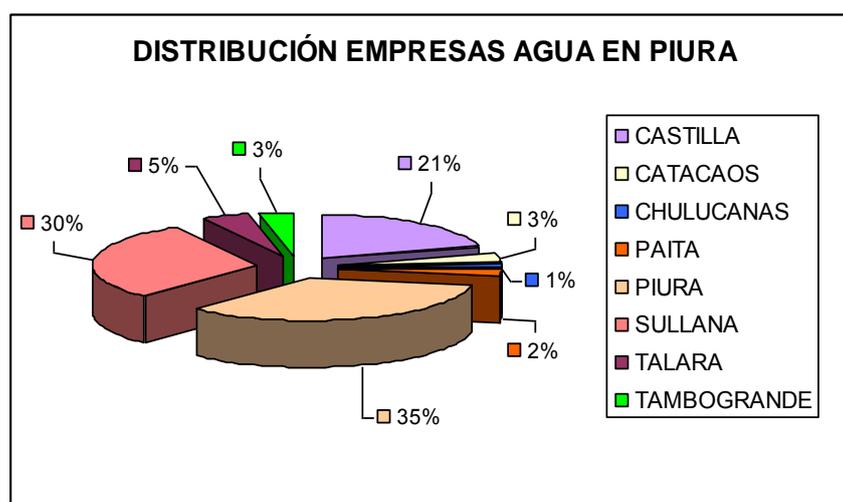
La producción industrial de agua embotellada ha crecido considerablemente en los últimos años debido al mayor ingreso disponible de la población y a la búsqueda de productos que tengan mayor impacto en la salud y la calidad de vida.

Según información del Ministerio de la Producción sobre el comportamiento los principales productos que participan en la muestra del índice de crecimiento industrial, la participación de agua embotellada en la categoría de bebidas ha pasado de representar el 6,3 % del mercado en el año 2000 a 16,6 % en 2010

En Piura la oferta de agua de mesa hoy en día es considerable pues existen varias empresas en el departamento de Piura dedicadas a la producción de agua tratada y embotellada. Estas empresas usan diferentes tipos de tratamiento e incluso algunas las envasan sin tratamiento alguno y sin tener autorización sanitaria.

Además de la producción local también están las aguas de mesa que son fabricadas por grandes empresas como Backus, Coca Cola, entre otras que abastecen a una parte del mercado. En la tabla 15 se presenta un listado de las marcas consumidas actualmente en el mercado.

Las empresas más antiguas iniciaron sus operaciones en 2002 y año tras año siguen incrementando las empresas dedicadas a la producción de agua de mesa en los distintos distritos del departamento de Piura. La figura 33 muestra cómo están distribuidas las empresas productoras de agua y la figura 34 muestra cuáles son las diferentes presentaciones que se fabrican y el porcentaje de producción de cada uno de ellos.



**Figura 33.** Participación de distritos en el mercado local

Fuente: Elaboración propia.

Del total de 89 empresas que producen agua de mesa sólo 13 de ellas no cuentan con registro sanitario lo que representa el 14 %; el resto sí cuenta con un registro sanitario.

Es importante también señalar que ninguna empresa cuenta con habilitación sanitaria ni tiene habilitación técnica del sistema HACCP de lo que podemos concluir no cuentan con un sistema de gestión de calidad implementado que garantice la inocuidad y seguridad del producto.

El precio de venta del agua de mesa envasada en bidones de 20 L varía entre S/. 6,00 y S/. 10,00; mientras que el precio de las botellas de agua de 500 mL está entre S/. 1,00 y S/. 1,50.

Algunas de las empresas existentes en el mercado ofrecen el servicio de reparto a domicilio, otras distribuyen sus productos a través de los supermercados y tiendas.

**Tabla 15.** Empresas productoras de agua de mesa

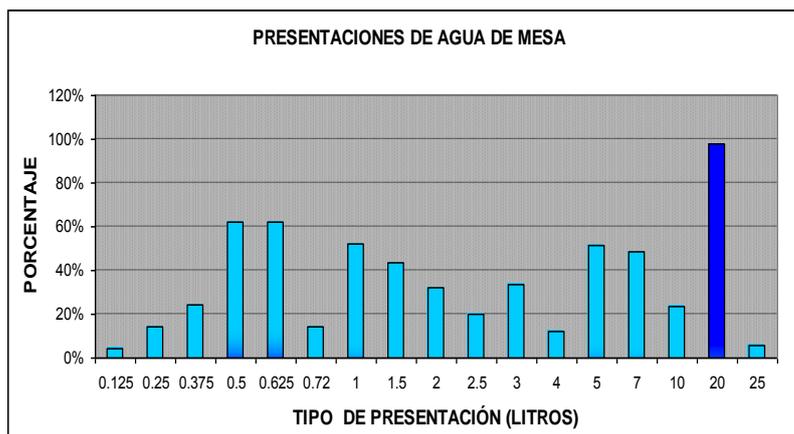
MARCA DE AGUA	CIUDAD	FECHA DE INICIO
Agua Natural MANANTIAL	CASTILLA	2002
Agua de mesa AGUA CRISTALINA	CASTILLA	2003
Agua de Mesa RAYPA	CASTILLA	2004
Agua OASIS	CASTILLA	2004
Agua de Mesa ECOAGUA	CASTILLA	2005
Agua MONTECLARO/CUMBRE	CASTILLA	2005
Agua de Mesa AGUA MIA	CASTILLA	2006
Agua de Mesa PREMIUM	CASTILLA	2007
Agua de Mesa H2O RIOVITA	CASTILLA	2007
Agua de Mesa SAN MARTIN	CASTILLA	2009
Agua de mesa ALNORTE	CASTILLA	2010
Agua de Mesa SAN FELIPE	CASTILLA	2010
Agua de Mesa SAN MIGUEL	CASTILLA	2010
Agua de mesa AQUASU	CASTILLA	2011
Agua de mesa SEDLIGHT	CASTILLA	2011
Agua de mesa CRISTALIG	CASTILLA	2011
Agua de mesa EDAM PIURA	CASTILLA	2011
Agua de mesa AGUA SALUD	CASTILLA	2012
Agua AQUAVITA	CATACAOS	2004
Agua potable de mesa DEL NILO	CATACAOS	2006
Agua de Mesa SAN MIGUEL	CATACAOS	2010
Agua de mesa PURA	CHULUCANAS	2011
Agua purificada SUMESA	PAITA	2010
Agua de Mesa PIUR	PAITA	2013
Agua DEL POLO	PIURA	2002
Agua de Mesa ALASKA	PIURA	2004
Agua SANTA MARINA	PIURA	2005
Agua de mesa FRESH	PIURA	2005
Agua de Mesa H2O LUCERO	PIURA	2006
VILCABAMBA WATER VILCA VIDA	PIURA	2007
Agua AQUA RICA	PIURA	2007
Agua de Mesa AGUA PIURA	PIURA	2007
Agua de Mesa ALASKA	PIURA	2009
AQUA VITA	PIURA	2009
Agua OASIS	PIURA	2009
Agua de mesa FUENTE	PIURA	2009
Agua de mesa ELITE SPRING	PIURA	2009
Agua de Mesa SOL	PIURA	2009
Agua SANTA ROSITA	PIURA	2010
Agua BELÉN Y SAN BRUNO	PIURA	2010
Agua de mesa D'NATURAL SAC	PIURA	2010
Agua de mesa GOG	PIURA	2010
Agua de mesa SAN CRISTÓBAL	PIURA	2010
Agua de mesa VITAL	PIURA	2011
BARUO_EL SABOR PERFECTO	PIURA	2011
Agua de Mesa SANTA LUCIA	PIURA	2011
Agua de Mesa YAQUBLU	PIURA	2011

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 15.** (Continuación) Empresas productoras de agua de mesa

MARCA DE AGUA	CIUDAD	FECHA DE INICIO
Agua de mesa AQUAPLUS	PIURA	2012
AQUALIFE PERU	PIURA	2012
AQUA RICA AQUAHEIKE	PIURA	2012
Agua de Mesa PREMIUM	PIURA	2013
Agua SELECT LIFE	PIURA	2013
Agua de mesa LA SOBERANA	PIURA	2013
Agua natural DOS PERLAS	SULLANA	2007
Agua de mesa DIAMANTINA	SULLANA	2007
Agua de mesa C LAG	SULLANA	2007
Agua ozonizada ZERO	SULLANA	2008
Agua de mesa AQUANOR	SULLANA	2008
Agua de mesa CHIRALIGHT	SULLANA	2008
AGUA BIO	SULLANA	2009
Agua de mesa DELICIOSA EIRL	SULLANA	2009
Agua de Mesa AQUASOL	SULLANA	2009
Agua de Mesa VITA	SULLANA	2009
Agua de Mesa SELECTA VIP	SULLANA	2009
Agua LUVIAN SIN GAS	SULLANA	2010
Agua de mesa IB2	SULLANA	2010
Agua de mesa ANWAR	SULLANA	2011
Agua de mesa PURITA	SULLANA	2011
Agua de Mesa PARADISIACA	SULLANA	2011
Agua de Mesa OASIS	SULLANA	2011
Agua de Mesa CELESTIAL	SULLANA	2011
Agua de Mesa B-BED	SULLANA	2011
Agua de mesa BLISS	SULLANA	2011
Agua de mesa FRANKA	SULLANA	2011
Agua de Mesa SANTA ISABEL	SULLANA	2011
Agua de Mesa TELPA	SULLANA	2011
Agua de Mesa Ozonizada Gota Natural	SULLANA	2012
Agua NUEVAGUA	SULLANA	2012
Agua de Mesa KYRIOS	SULLANA	2013
Agua SAN REMO	TALARA	2007
Agua LA NORTEÑA	TALARA	2009
Agua de mesa AVRIS	TALARA	2010
Agua de Mesa PARIÑAS	TALARA	2010
Agua de Mesa SAN MARTIN	TAMBOGRANDE	2008
Agua de mesa FRINDER	TAMBOGRANDE	2008
Agua de mesa CRISTALIFE	TAMBOGRANDE	2009

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 34.** Presentación de agua de mesa

Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.3. Análisis del comportamiento de la oferta futura

El volumen producido para el año 2014 superaría los 420 millones de litros según un informe de marzo de 2011 del Instituto de Estudios Económicos y Sociales de la Sociedad Nacional de Industria.

El proyecto PAS (Proyecto Especial de Aguas Superficiales) ha culminado varias de sus etapas y varias zonas de Piura ya cuentan con abastecimiento de agua de este proyecto que es una mezcla del agua de la planta de tratamiento de Curumuy con el agua de los pozos que pertenecen a cada una de las zonas beneficiadas con este proyecto. Podemos afirmar que aun cuando se cuenta con este nuevo servicio la población no ha dejado de consumir agua de mesa en bidones.

En el caso particular de la Universidad de Piura está dentro de las zonas de Piura beneficiadas con el agua del PAS pero al no estar conectados a la red pública y contar con un pozo propio no se beneficia con el agua del PAS por tanto es necesario buscar la mejor alternativa de satisfacer las necesidades de consumo de agua de mesa autoabasteciéndose consiguiendo disminuir así el gasto en que incurre UDEP al comprar agua de mesa a proveedores.

## **Capítulo 3**

### **Gestión de la producción de agua de mesa en la Universidad de Piura**

#### **3.1. Pre requisitos para el sistema de producción de agua de mesa**

##### **3.1.1. Buenas prácticas de manufactura (BPM).**

El realizar los procesos de producción que cumplan con buenas prácticas de manufactura tiene beneficios con la manipulación segura y eficiente de los alimentos, crea en el personal de planta la conciencia de trabajo con calidad, reduce los reclamos, disminuye costos y ahorra recursos.

En resumen, podemos señalar que aumenta la competitividad, el posicionamiento de la empresa y ayuda a fidelizar al cliente.

Para que se lleve a cabo un programa de BPM en forma eficiente es necesario que la actitud, la concientización, y los esfuerzos del personal de planta estén dirigidos a obtener la mejor calidad.

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) son requisitos fundamentales que deben ser adoptados en las empresas para producir alimentos en forma higiénica, sanitaria y reducir los peligros para la salud del consumidor, cumpliendo con regulaciones nacionales e internacionales.

Las buenas prácticas de manufactura incluyen:

- Higiene personal
- Control de enfermedades
- Hábitos personales
- Prácticas operativas

##### **3.1.1.1. Higiene personal**

Se define higiene al conjunto de las medidas necesarias para asegurar la inocuidad y salubridad del producto en todas las fases, desde la recepción, producción, hasta su consumo final.

La higiene de todo el personal que trabaja en la en la producción del agua de mesa influye sobre el producto final y la salud de los

consumidores por este motivo se debe dar mucha importancia a la misma.

La higiene personal comprende: lavado de manos y uñas, lavado de dientes, baño diario, cuidado del cabello y vello facial, ropa de trabajo limpia. Estas prácticas de higiene serán obligatorias para el personal de planta. (Buenas prácticas de manufactura, s.f., p. 6).

El personal deberá realizar el lavado de manos antes de iniciar sus labores, después de ir al baño, después de toser o estornudar, después de fumar, después de tocar su cara, cuerpo o heridas. (Buenas prácticas de manufactura, s.f. p. 13).

### **3.1.1.2 Hábitos personales**

Los varones deben llevar el cabello corto; en el caso de las mujeres, este debe estar recogido; y en ambos casos permanecer dentro de la toca. No se permitirá el uso de barba o bigote. (Granados, s.f. p. 24).

Según las buenas prácticas de manufactura (s.f., p. 25) indica debe estar prohibido durante el proceso:

- Rascarse la cabeza u otras partes del cuerpo.
- Introducir los dedos en las orejas, nariz y boca.
- Arreglarse el cabello.
- Tocarse los granos y exprimir espinillas.
- Escupir, comer, fumar, mascar o beber en el área de trabajo.
- Toser y estornudar directamente sobre los equipos o insumos.
- Apoyarse sobre paredes, equipos y productos.
- Trabajar bajo el efecto de algún estimulante o en estado etílico.
- Tocarse o secarse el sudor de la frente con las manos.

### **3.1.1.3 Prácticas operativas**

Será necesario que en el área de trabajo se cumpla con las siguientes obligaciones. (Buenas prácticas de manufactura, s.f. p. 27):

- No se deben llevar las uñas pintadas durante las horas de trabajo.
- No portar lápices, cigarrillos u otros objetos detrás de las orejas.
- Conservar limpios los servicios higiénicos y los vestuarios.
- Jalar la palanca del inodoro y urinario después de haberlos utilizado.
- No llevar puesto el uniforme de trabajo fuera de la planta.
- Mantener y conservar los uniformes en adecuadas condiciones.
- No portar objetos en los bolsillos superiores del uniforme.
- Colocar los desperdicios, material de desecho, papeles, etc., únicamente en los depósitos de basura.

### 3.1.1.4 Control de enfermedades

Para tener control sobre las enfermedades es necesario identificar las causas y formas de contaminación así como los factores que influyen en el crecimiento de microorganismos para así prevenirlas.

Las fuentes de contaminación según las buenas prácticas de manufactura (s.f.; p. 41) pueden ser:

- Físicas: el aire (heces, huevecillos de parásitos), la tierra (suelo), el agua y materia extraña (plástico, madera, patas o alas de insectos, esmalte de uñas, cabellos).
- Químicas: plaguicidas, fertilizantes, contaminación en el transporte de productos por aceite, gasolina, pintura, artículos de aseo y limpieza.
- Biológicas: el hombre (es señalado como el principal contaminador), microorganismos, fauna nociva (ratones, cucarachas, hormigas, moscas, animales domésticos).

Entre los principales factores que intervienen en el crecimiento de microorganismos podemos mencionar la humedad, el pH, la temperatura, el tiempo y el oxígeno.

“Entre los 4 °C y los 60 °C es la Zona de Peligro de Temperatura (Z.P.T.) para los alimentos. Se le llama así, porque que es el rango adecuado para que los microorganismos crezcan y se multipliquen rápidamente, ya que arriba de 60 °C mueren y debajo de 4 °C dejan de reproducirse”(Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 47).

Los mecanismos de contaminación se pueden dar de forma directa que es la más común, contaminación por materias primas o de origen y contaminación cruzada que es el paso de microorganismos de un producto contaminado a uno que no lo está. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 53).

### 3.1.2. Requisitos de infraestructura según las BPM

Las vías de acceso de la planta deben ser pavimentadas con superficie lisa y con pendiente hacia rejillas de desagüe. En el exterior de la planta las superficies serán duras, libres de polvo y drenadas, de manera que no se generen, encharcamientos, ni lugares que puedan servir de refugio o anidación de plagas. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 57).

El interior será construido con materiales, diseño y acabados que faciliten el mantenimiento, las operaciones de limpieza y sanitarias de los procesos. De igual forma se tendrán dimensiones proporcionadas a los equipos de la planta y a las operaciones que se realicen como maniobras de flujo de materiales, el libre acceso a la operación, la limpieza, el mantenimiento, el control de plagas y la inspección.

Entre los equipos, o las estibas de materiales y entre éstos y las paredes se dejará un espacio libre de 40 cm como mínimo. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 57).

### **3.1.2.1 Pisos**

La superficie de los pisos debe ser lisa, pero no resbalosa, con grietas o uniones selladas, impermeables, impenetrables, sin ranuras ni bordes y pendiente mínima del 2 % para el fácil desalojo y escurrimiento del agua hacia el drenaje. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 60)

### **3.1.2.2 Pasillos**

Se recomienda que los pasillos tengan una amplitud proporcional al número de personas que transiten por ellos y a las necesidades de trabajo que se realicen. Los pasillos no deben emplearse como sitios de almacenamiento, ya que la acumulación de materiales o productos pueden favorecer el refugio de plagas, sobre todo si se almacena por largo tiempo. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 62).

### **3.1.2.3 Paredes**

Las paredes deben tener superficies lisas, continuas, impermeables, impenetrables, sin ángulos ni bordes, para que sea fácil su limpieza. Para la construcción de las paredes exteriores se pueden emplear los siguientes materiales: ladrillos, tabicón, bloques de concreto y materiales similares que confieran superficies duras, libres de polvo, drenadas, sin huecos o aleros que puedan dar lugar a la anidación y refugio de plagas. La unión de estas paredes con el piso no deben ser en ángulo recto, sino redondeadas y selladas a prueba de agua (acabado sanitario) para facilitar la limpieza. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 63).

Para recubrir las paredes del área de proceso y los almacenes que así lo requieran, se recomienda: losetas, ladrillo vidriado, cerámica, azulejo, mosaico, láminas de P. V. C. o pinturas como la acrílica, la vinílica u otras que confieran una superficie lisa e impermeable. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 64).

En las áreas donde hay mucha humedad, poco ventiladas y que se observe crecimiento de hongos en las paredes, se recomienda aplicar pinturas adicionadas con productos que contengan agentes fungicidas o germicidas; la pintura deberá ser lavable e impermeable. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 65).

Además, programar la limpieza con mayor frecuencia y aplicar soluciones de limpieza que contengan fungicidas, con respecto a la pintura. Se recomienda, la aplicación de pinturas de colores claros, con la finalidad de facilitar la supervisión de la limpieza.

#### **3.1.2.4 Techos**

Los techos deben tener superficie lisa, continua, impermeable, impenetrable, sin grietas ni aberturas, lavable y sellada. Los materiales que se utilicen en su construcción deben ser tales que, confieran superficies duras, libres de polvo, sin huecos y que satisfagan las condiciones antes descritas. Los techos pueden ser planos horizontales o planos inclinados. La altura depende de las dimensiones de los equipos, se recomienda que no sea menor a los 3,00 m en las áreas de trabajo. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 66).

#### **3.1.2.5 Ventanas**

Los marcos de las ventanas deben construirse con materiales que proporcionen superficies lisas, impermeables, impenetrables, sin bordes y lavables. De ser posible, los vidrios de las ventanas deben reemplazarse con materiales irrompibles o por lo menos con láminas de plástico transparente, como el acrílico, para evitar el riesgo de roturas y por lo tanto la posible contaminación con partículas de vidrio. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 69).

La limpieza de las ventanas y los marcos con tela de alambre debe programarse con mucha frecuencia. Además, las redes estarán colocadas de tal forma que se puedan quitar fácilmente para su limpieza y conservación. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 70).

Los vidrios de las ventanas que se rompan deberán reemplazarse inmediatamente. Se recomienda tener mucho cuidado de recoger todos los fragmentos y asegurarse de que ninguno de los restos ha contaminado ingredientes o productos en la cercanía. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 70).

#### **3.1.2.6 Puertas**

Se recomienda que las puertas cuenten con superficies lisas, de fácil limpieza, sin grietas o roturas, estén bien ajustadas en su marco. Si las puertas contienen compartimientos de vidrio, es recomendable sustituirlos por materiales irrompibles o materiales plásticos, para evitar el riesgo de roturas. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 71).

Es recomendable que las puertas estén bien señaladas y de preferencia con cierre automático y con abatimiento hacia el exterior, o con cierre automático donde las puertas se abran hacia los lados, para evitar así las corrientes de aire ya que siempre se mantienen cerradas. La estructura de las puertas debe tener refuerzos interiores y chapas o cerraduras de buena calidad. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 71).

Las puertas de salida estarán bien señaladas y de preferencia abrirán al exterior. Cuando sea necesario, se recomienda separar adecuadamente las áreas de entrada de materias primas y de salida de producto terminado. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 72).

### **3.1.2.7 Los sanitarios**

“Los sanitarios no deben tener comunicación directa con el área de producción. Las puertas de entrada deben poseer sistema de cierre automático” (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 74).

“Los baños deben estar provistos de retretes, papel higiénico, lavamanos, jabón, jabonera, secador de manos (aire o toallas de papel) y recipiente para la basura. Es conveniente que los grifos no requieran accionamiento manual” (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 74).

Deberán colocarse rótulos en los que se indique al personal que debe lavarse las manos después de usar los sanitarios. Los baños y áreas para cambio de ropa de empleados deben ubicarse aparte de las zonas de preparación y manejo de alimentos. (Buenas prácticas de la manufactura, s.f., p. 74).

## **3.2. Sistema general de producción agua de mesa**

En este capítulo se detallará cómo se debe llevar a cabo la producción de agua de mesa junto con un continuo control de calidad que incluye el poner en práctica los lineamientos de un programa de vigilancia sanitaria, la habilitación técnica para el sistema HACCP y la norma ISO 900:2008 que garanticen la calidad del producto y el mejoramiento continuo.

### **3.2.1. Norma sanitaria para la aplicación del sistema HACCP**

El objetivo es la aplicación de un sistema preventivo de control que asegure la calidad sanitaria e inocuidad del agua de mesa.

Esta norma propone el procedimiento para la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control, Sistema HACCP por sus siglas en inglés (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), esta norma es dada por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), está elaborada en concordancia con el *Codex Alimentarius* y sus disposiciones son obligatorias a nivel nacional.

La DIRESA (Dirección Regional de Salud Ambiental) o las Direcciones de Salud se encargan de la evaluación y realizan visitas de forma semestral por lo menos.

### 3.2.1.1. Pre requisitos del sistema HACCP

Según la norma sanitaria sobre el procedimiento de aplicación HACCP (2005), estos son los pre requisitos:

- Cumplir con las disposiciones legales vigentes en materia sanitaria y de inocuidad de bebidas.
- Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de las bebidas.
- Cumplir con los requisitos generales de higiene del *Codex Alimentarius*.
- Códigos de prácticas específicas para cada alimento.
- El plan HACCP será aplicado a la línea de producción de agua de mesa y envasado.
- Se revisará periódicamente para incorporar los avances de la ciencia y tecnología alimentaria para adecuar el plan y reportar las modificaciones a DIGESA.

### 3.2.2. Norma ISO 9001:2008

Esta norma promueve un enfoque basado en procesos, cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficiencia de un sistema de gestión de calidad para incrementar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. (Norma internacional ISO, 2008, p. 6).

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacción de estos procesos, así como su gestión para producir el resultado deseado, puede denominarse como “enfoque basado en procesos”. La ventaja de este enfoque es el control continuo sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos así como su combinación e interacción. (Norma internacional ISO, 2008, p. 6).

#### 3.2.2.1. Metodología de procesos

Según indica la Norma internacional ISO (2208) esta metodología se resume en los siguientes pasos:

- Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: Implementar los procesos
- Verificar: Realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto de las políticas, objetivos y los requisitos para el producto e informar sobre los resultados.
- Actuar: Tomar acciones continuamente para mejorar el desempeño de los procesos.

### **3.3. Planificación de la realización del producto**

#### **3.3.1. Objetivos de calidad y requisitos del producto**

El objetivo es obtener agua de mesa envasada en bidones de 20 litros a partir del agua de pozo propio de la UDEP que cumpla con todos los requisitos de la Universidad de Piura (cliente), los estándares de calidad, con todas las normas y reglamentos obligatorios en el Perú que garanticen el consumo de un agua de mesa apta para el consumo humano.

El agua deberá tener un sabor agradable, ser libre de olores y de impurezas orgánicas e inorgánicas y cualquier otro contaminante que ponga en riesgo la salud del consumidor.

El sistema de producción de agua de mesa debe cumplir con el Reglamento de vigilancia sanitaria, reglamento de habilitación de HACCP y las Buenas Prácticas de Manufactura.

#### **3.3.2. Procesos para la elaboración del producto**

Los procesos aplicados en la producción de agua serán la clarificación, esterilización, ablandamiento y desmineralización. Así como un proceso complementario de lavado y llenado de bidones.

#### **3.3.3. Recursos para la elaboración del producto**

Será necesaria una eficaz y eficiente gestión de recursos que provea de los recursos necesarios como infraestructura adecuada, materia prima (fuente de agua), insumos para los distintos procesos, suministro de energía, agua, presión requerida en los diferentes procesos de elaboración y personal capacitado para la gestión y control de los procesos.

#### **3.3.4. Actividades de validación, seguimiento, inspección y ensayo de producto y criterios de aceptación del mismo.**

En las diferentes etapas o procesos de elaboración del producto quedaran establecidas como se realizarán la revisión, verificación y validación del producto.

##### **3.3.4.1. Revisión**

La capacidad de los resultados obtenidos para cumplir los requisitos de entrada registrados en un acta de reunión o formatos.

##### **3.3.4.2 Verificación**

Será aplicada a cualquier actividad realizada para comprobar que alguna variable del diseño cumple los requisitos. También esto debe registrarse.

### 3.3.4.3 Validación

Validar el diseño significa, probar el producto diseñado para comprobar que es como esperamos.

### 3.3.5. Registros necesarios para dar evidencia que el producto cumple con los requisitos

De todas aquellas actividades descritas en el apartado anterior, que proporcionen información relevante para corrección de errores y mejora continua del producto se dejará constancia mediante registros.

## 3.4. Gestión de procesos

### 3.4.1. Definición del sistema de producción

El sistema general de producción está formado por elementos como son los insumos o *inputs*, exumos u *outputs*, los procesos, flujos y operaciones que se describen en el apartado 3.4.2.

El tipo de producción que se llevará a cabo en la planta es en línea, entonces las operaciones que conforman el proceso se ubicarán continua y mutuamente adyacentes.

### 3.4.2. Operaciones, flujos y almacenamientos

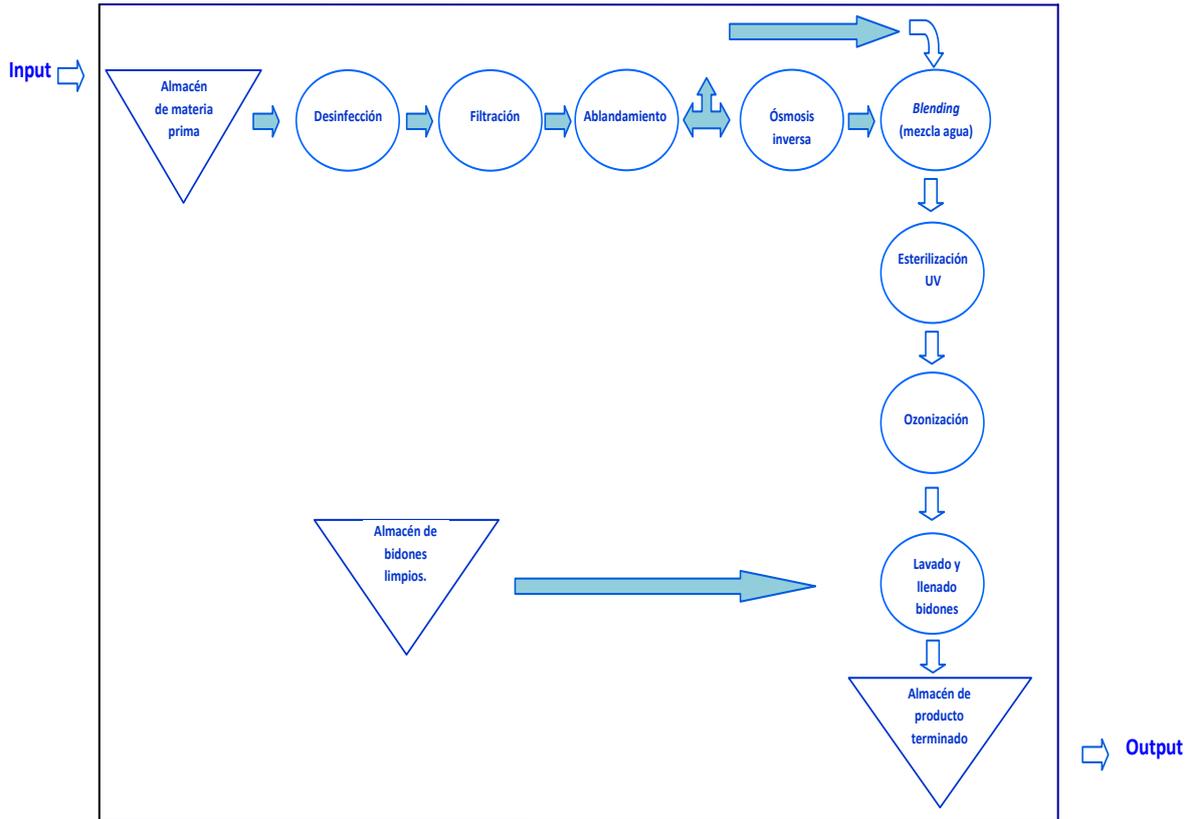
Las operaciones son todas aquellas que se realizan sobre el producto, cada una de estas operaciones añaden una característica que hace que el producto se acerque al *output*. Las operaciones que conforman el proceso de producción son las siguientes: filtración, ablandamiento, ósmosis inversa, desinfección UV, ozonización y envasado. Cada una de estas operaciones será descrita con detalle en el apartado **3.5.2** que describe los procesos.

Los flujos del proceso son aquellos que cambian la posición del bien ya sea si trasladan el bien de una tarea a la siguiente o de una tarea al almacén. Los flujos del proceso están representados mediante flechas continuas en la figura 35.

El proceso en general tendrá los siguientes almacenes: almacén de insumos, el almacén de producto terminado, almacén de bidones limpios y lavados.

### 3.4.3. Fases del proceso de producción. Flujograma del proceso.

En la figura 35 se presenta el diagrama de flujo del sistema general de producción donde el sistema operativo está representado por el rectángulo exterior. Los *inputs* o insumos ingresan al sistema por la izquierda y se transforman en *outputs* o exumos por la derecha.



**Figura 35.** Diagrama de flujo del proceso de producción de agua de mesa

Fuente: Elaboración propia.

En este proceso la materia prima fluye a la operación de filtración y lavado de bidones desde el almacén de materias primas. Todas las operaciones a excepción de cloración son dependientes; es decir, no pueden realizarse si las operaciones previas no se han realizado. También se tiene un almacén de productos terminados desde donde salen los productos del sistema.

#### 3.4.4. Capacidad del proceso de producción

Es la medida del caudal del *output* en este caso la planta de tratamiento equipada con la maquinaria y equipo descritas en la sección 3.5.2.1, operando en un turno de ocho horas diarias tendrá una capacidad de 946 litros/día. La capacidad de la planta la determina la operación de ósmosis inversa que es la operación más lenta (“cuello de botella”) del sistema.

La capacidad máxima teórica en condiciones ideales sería de 2 839 litros/día en condiciones ideales y haciendo producir al sistema las 24 horas del día.

La capacidad efectiva o real del proceso se ve afectada por cualquier variación en la programación, preparación y mantenimiento de equipos del sistema de tratamiento.

### 3.4.4.1 Capacidad de los equipos

La capacidad de cada uno de los equipos que forman parte de la planta de tratamiento de agua está resumida en la tabla 16 donde se dan los valores de caudales máximos de cada uno de los equipos.

### 3.4.5. Eficiencia

La eficiencia relaciona el valor del *input* con el valor del *output* en este caso la eficiencia sería de 60 % a 80 % de agua purificada con respecto al agua de alimentación. El resto (20 % a 40 %) del agua de alimentación se convierte en agua de rechazo del sistema.

**Tabla 16.** Capacidad de los equipos

Equipo	Caudal (litros/hora)
Filtro multimedia de 5 $\mu\text{m}$	454
Ablandador automático	454
Filtro de carbón activado 5 $\mu\text{m}$	454
Filtro de sedimentos de 1 $\mu\text{m}$	454
Equipo de ósmosis inversa	113
Esterilizador ultravioleta	1135
Generador de ozono	1135

Fuente: Proveedor Mega & Ozono. Elaboración propia.

### 3.4.6. Efectividad

Es la relación de las salidas reales con las salidas planeadas en base a un plan de producción. Esta característica del proceso de producción será evaluada en cuanto se ponga en funcionamiento la planta y se compare los valores de la cantidad producida de agua de mesa con aquella estimada en los planes de producción.

## 3.5. Desarrollo del proceso de producción

### 3.5.1. Elementos de entrada: materia prima, mano de obra e insumos

#### 3.5.1.1. Análisis de la materia prima. Agua de pozo UDEP

Para poder tomar la decisión de qué métodos usar para el tratamiento del agua en la producción de agua de mesa fue necesario realizar unos análisis al agua que iba a abastecer el sistema de purificación, en este caso al agua de pozo de la Universidad de Piura, estos análisis se realizaron en los laboratorios de Química y del Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria (IHHS) de la UDEP.

La muestra a analizar fue tomada directamente del pozo y los resultados de estos análisis se muestran en la tabla 17 donde se compara los resultados de los análisis con los límites permisibles establecidos por la OMS para cada uno de los parámetros analizados.

**Tabla 17.** Comparación de datos de análisis materia prima y límites de OMS

Determinación	Resultado	Límites permisibles de la OMS
pH	7,8	6,5 – 8,5
<b>Conductividad eléctrica (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>2426,0</b>	<b>&lt; 1500,0</b>
<b>Sólidos totales disueltos (ppm)</b>	<b>1457,0</b>	---
Turbidez (NTU)	2,5	5,0
<b>Color aparente (uc)</b>	<b>24,8</b>	<b>20,0</b>
Dureza ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ )	422,0	< 500,0
Nitratos (ppm)	N.D.	50,0
<b>Cloruros (ppm)</b>	<b>692,0</b>	<b>250,0</b>
Sulfatos (ppm)	102,0	250,0
Sodio (ppm)	471,0	---
Potasio (ppm)	6,0	---
Calcio (ppm)	100,0	---
Magnesio (ppm)	20,0	---
<b>Coliformes totales (NPM/100mL)</b>	<b>2,0</b>	<b>0</b>
<b>Coliformes fecales (NPM/100mL)</b>	<b>2,0</b>	<b>0</b>
Recuento de mesófilos (ufc/mL)	50,0	< 500,0

**Fuente:** Laboratorio de Química UDEP. Informe de ensayo determinaciones físico-químicas varias en dos muestras de agua potable 1795-LQ. Piura:2006. Elaboración propia.

Se han resaltado (en negrita) los parámetros que se encuentran por encima de los valores máximos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Así tenemos que la conductividad eléctrica, que es una medida indirecta de las sales minerales disueltas en el agua, presenta un valor por encima de lo recomendado. Para reducir o retirar estas sales es recomendable el uso de tratamiento por el sistema de ósmosis inversa, que es un método práctico y accesible en términos económicos en cuanto a costos de instalación y operación comparado con otras técnicas de desalinización como el intercambio iónico, la electrodiálisis.

### 3.5.1.2. Mano de obra

Los requerimientos de personal son mínimos, ya que en realidad el tamaño de la planta es pequeño por ello será de fácil control y supervisión.

Como encargado de la dirección y supervisión estará el jefe de planta que será un profesional calificado con experiencia en dirección,

manejo de operaciones y control de calidad. Será el que dirija la planta y la gestión de calidad.

El personal de planta sería un operador por turno que se encargará de: manejar aquellas máquinas que no son de funcionamiento automático (incluida la máquina de envasado), monitorear los parámetros de operación, revisar el tablero de control de los equipos, dosificación correcta de los insumos, cumplir las normas de y procedimientos de operación, seguridad y medio ambiente, llenará los partes de producción, los registros necesarios de las diferentes operaciones y realizaría también el lavado de bidones y mantenimiento de los equipos.

Se necesitará también un técnico de laboratorio que se encargue de realizar las pruebas de control de calidad a lo largo del proceso y al producto terminado y de realizar los registros de verificación y validación de procesos.

El personal de planta deberá capacitarse en temas como la calidad sanitaria e inocuidad de alimentos, buenas prácticas de manufactura, uso y mantenimiento de instrumentos y equipos, enfermedades transmitidas por los alimentos, aplicación de programas de higiene y saneamiento, hábitos de higiene y presentación personal, aspectos tecnológicos de la operación, procesos y riesgos asociados, principios para la aplicación del HACCP y rastreabilidad.

### 3.5.1.3 Insumos

- Insumos específicos del proceso: Sal industrial para regeneración del ablandador, hipoclorito de sodio al 8 % para la esterilización, elemento filtrante para filtro multimedia, filtro de sedimentos, carbón activado para el filtro de carbón, resina catiónica ciclo sodio para el ablandador.

Para el uso de insumos químicos en el proceso de producción se tiene que verificar estén en la lista de aditivos permitidos por el *Codex Alimentarius*.

En el caso de las compras de insumos es necesario cuenten con registro sanitario y fecha de vencimiento. Las materias primas deben clasificarse y seleccionarse. Es importante además contar con un registro de proveedores. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

- Energía: Alimentación de energía eléctrica de 220 V monofásica. La planta requerirá un máximo de 2,151 kWh para su funcionamiento.
- Presión: El sistema requiere contar en la alimentación del agua con una presión constante de 414 kPa (60 **PSI**). Cada equipo tiene un valor de presión máxima para su funcionamiento.
  - Filtro de carbón: Presión mínima 172,38 kPa (25 **PSI**), presión máxima 482,65 kPa (70 **PSI**).

- Filtro de sedimentos: Presión mínima 172,38 kPa (25 PSI), presión máxima 482,65 kPa (70 PSI).
- Ablandador: 1034 kPa (150 PSI).
- Equipo de ósmosis inversa: Presión mínima 1241 kPa (180 PSI), presión máxima 1516,8 kPa (220 PSI).
- Esterilizador UV: 862 kPa (125 PSI)
- Ozonizador: Presión mínima de 206,84 kPa (30 PSI), presión máxima 689,5 kPa (100 PSI).
- Insumos para el envasado del producto terminado: bidones, tapas, precintos termocontraíbles y etiquetas.

Podrán usarse envases retornables, los cuales se someterán a un proceso de lavado y esterilización de manera que como resultado se mantengan los estándares de inocuidad del envase. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

### **3.5.2. Maquinaria y equipo**

La maquinaria y equipo para la planta de tratamiento de agua ha sido elegida después de una cuidadosa selección.

Para este proceso de selección se solicitó cotizaciones de plantas de tratamiento a diferentes proveedores. En el anexo B se muestra la solicitud de cotización y en el anexo C están las cotizaciones recibidas.

Para la selección de la mejor propuesta se usaron los criterios de calidad, tecnología moderna y costo de los equipos. El anexo D muestra la comparación de cotizaciones.

- Los tres proveedores presentan sistemas de tratamientos con equipos similares pero el proveedor Mega & Ozono propone filtración multimedia para asegurar la eliminación de sólidos suspendidos en el agua así como sugiere un mezclado de agua osmotizada y agua blanda para que el agua producto contenga sales.
- Los proveedores AquaPerú y Accuaproduct tienen costos de instalación elevados.

El proveedor seleccionado es la empresa Mega & Ozono por considerar la mejor opción de tratamiento y además por ser la más económica. La lista de equipos que conformarán la planta de tratamiento están resumidos en la tabla 18.

#### **3.5.2.1. Especificaciones técnicas de los equipos.**

Las descripciones de cada uno de los equipos se detallan de acuerdo a la información dada por el proveedor y/o de las fichas técnicas de los fabricantes.

**Tabla 18.** Equipos usados en el proceso de tratamiento

Ítem	No. de máquinas
Tanques de almacenamiento Rotoplast	1
Electrobomba de acero inoxidable Pentax	2
Tanque hidroneumático Maxivarem	1
Bomba dosificadora de cloro Seko	1
Filtro de carbón activado Pentair	1
Filtro multimedia Pentair	1
Filtro de plisado de polipropileno Ozonomatic	1
Ablandador automático Pentair	1
Equipos de ósmosis inversa Ozonomatic	1
Esterilizador ultravioleta Sterilight	1
Generador de ozono Ozonomatic	1
Equipo de lavado y llenado de bidones	1

Fuente: Elaboración propia.

#### **A. Bomba dosificadora de hipoclorito de sodio Seko series Invikta**

Es una bomba electromagnética basada en microprocesador con una capa de plástico externa de polipropileno y tiene protección contra chorros de agua y ambientes agresivos. El cabezal de la bomba posee una válvula de cebado manual.

Tiene un led que indica el estado de funcionamiento; intermitente cuando se opera, parpadea lentamente cuando la bomba se detiene y parpadea rápidamente cuando se activa la alarma de bajo nivel.

El ajuste de la velocidad de flujo o parada de operación se realiza a 100 % de la tasa de flujo máxima.

La bomba está equipada con conexión de alarma de nivel, incluye kit de instalación (soporte de fijación, conector de inyección, tubo de succión, tubo de suministro y filtro de pie).

#### **B. Filtro de carbón activado *Pentair* series**

Los cartuchos *Pentair* de la serie GAC son fabricados usando un sistema, que produce un cartucho de 5  $\mu\text{m}$  nominales de filtración que reducen efectivamente los indeseables olores y sabores del agua incluidos el olor y sabor a cloro.

Están diseñados para permitir el máximo contacto entre el agua y el carbón, asegurando una absorción óptima.

El diseño de los cartuchos permite que el agua entre por un extremo y pase a través de toda la longitud de la cama de carbón antes de salir por el otro extremo del cartucho mientras una almohadilla de expansión interna minimiza la canalización o *bypass*.

Antes que el agua salga del cartucho un post filtro ayuda reducir las partículas en suspensión y partículas finas del agua filtrada.

La capacidad de rendimiento depende del diseño del sistema, la tasa de flujo y otras ciertas condiciones de aplicación.

### **C. Filtros multimedia *Pentair***

Los filtros multimedia están diseñados con componentes singulares que proporcionan un peso liviano, resistencia a la corrosión y fácil operación

Los medios filtrantes son arena, cuarzo, grava y antracita.

La tasa de flujo máxima de servicio se basa en una velocidad de 8GPM/pie. Sin embargo para un flujo óptimo se diseña a velocidades entre 3-5 GPM/pie especialmente cuando se utilizan como tratamiento previo a sistemas de membranas.

Los diseñadores deben seleccionar los caudales (velocidades de servicio) en base a las características de entrada, la calidad de salida deseada, frecuencia de lavado deseada y diseño de caída de presión.

Se debe tener una presión de alimentación por encima de la velocidad de retrolavado de al menos 30-40 PSI. La presión máxima de trabajo debe ser de 80 PSI a temperatura ambiente de 25 °C.

### **D. Filtro de sedimentos *Ozomatic***

Estos filtros son fabricados para proporcionar un valor excepcional de filtración en profundidad.

Son filtros de bajo costo, de excelente resistencia química, no contienen lixiviables y tiene alta capacidad de retención de suciedad. Su capacidad de filtrado es de 1  $\mu\text{m}$ .

Sus cartuchos son acanalados para una mayor superficie de filtrado, mayor duración y menores costos de filtración.

### **E. Ablandador *Pentair***

El tanque tiene un diseño ligero y una estructura resistente hecha con materiales compuestos. El recipiente del ablandador es fabricado con una resina compuesta resistente con revestimiento interior termoplástico hecho de polietileno de alta resistencia. Su peso es un tercio del peso de los tanques de acero y comparables a ellos en resistencia lo que hace que la instalación sea fácil y rápida.

El recipiente del ablandador es resistente a la corrosión y proporciona años de servicio confiable. Prácticamente no se necesita mantenimiento del tanque pues no requiere de un revestimiento epóxico o pintura del tanque.

Los métodos de fabricación de precisión y el estricto apego a los procesos de control de calidad garantizan que este producto cumple con los estándares de la industria.

### **F. Equipo de ósmosis inversa *Ozomatic M2-750***

Este sistema ha sido diseñado para separar los sólidos disueltos de una solución por medio de una presión ejercida sobre la membrana semipermeable de esta manera se eliminan las impurezas, sales disueltas, microorganismos, coloides, etc, que son separadas del agua y eliminadas por el drenaje, con una eficiencia de retención de sales de 95 al 98 %.

La operación es totalmente automática y con un mínimo consumo de energía. Presenta un sistema expandible incrementando membranas.

El equipo incluye dos membrana de la marca GE-Desal USA hecha de poliamida de alta retención de 2,5"x21", portamembrana de PVC, tubería de alta presión, bomba de bronce Fluido *Tech* y motor de 1/2 HP, circuito de control monofásico, conexiones de 3/8" (ingreso, permeado y concentrado). La estructura es de acero al carbono recubierto con pintura epóxica.

Los componentes e instrumentos de control del equipo son: Prefiltro de 05 µm, válvula solenoide, manómetro de concentrado y permeado, conductivímetro instalado en panel, flujómetro de permeado y de concentrado.

### **G. Esterilizador UV *Sterilight-Silver***

Este equipo funciona con un sistema de desinfección a largo plazo cuyas lámparas revestidas Sterilume poseen un revestimiento propio que proporciona una salida constante de radiación UV durante la vida útil de la lámpara (9000 horas) para asegurar una

desinfección continua. Las lámparas con acción germicida UV de baja presión ofrecen una forma económica de tratar el agua que requiere una reducción del 99,99 % de bacterias, virus y protozoos (*Giardia lamblia* y *Cryptosporidium*).

El esterilizador posee un reactor de acero inoxidable que proporciona una larga vida útil y elimina la posibilidad de degradación de la exposición a la luz UV de alta intensidad.

El controlador *Silver ice* del sistema proporciona una salida constante y una entrada de alimentación universal (100-240 V/50-60 Hz) así como también muestra visualmente la vida útil restante y el total de días de operación. El controlador entrará en estado de alarma si la lámpara falla por cualquier motivo para notificar la falla y proteger la contaminación. La caja sellada del controlador ayuda a prevenir los daños causados por la intrusión de agua accidental.

El tratamiento UV es de bajo costo, libre de químicos para garantizar un agua segura, de bajo y fácil mantenimiento. La lámpara se puede cambiar sin interrumpir el flujo de agua

El sistema de desinfección *Sterilight* tiene una garantía de 7 años para la cámara del reactor de acero inoxidable, un año de garantía para las lámparas UV, mangas de cuarzo y el sensor UV, y 5 años de garantía prorrateada de los demás componentes.

## **H. Ozonizador *Ozomatic OZA 500***

Este equipo de ozonización tiene una capacidad de generación de ozono de 0,5 g/H (gramos por hora) con una concentración de ozono de 5 ppm. Cuenta con un sistema de mezcla agua-ozono: bomba difusora pasiva por efecto Venturi.

Este equipo generador tiene internamente una cámara dieléctrica, el panel de control tiene un interruptor, con sus respectivos reguladores, además de tener fusible de protección.

El generador de ozono está hecho de acero inoxidable, cuenta con una luz piloto que indica el funcionamiento normal del generador de ozono.

Este equipo cuenta con protección electrónica del campo de ozono, bloquea electrónicamente la válvula al no haber producción de ozono.

## **I. Equipo de llenado y lavado de bidones**

Esta planta tiene los siguientes componentes, una estructura de concreto para llenado y lavado, bomba de 1 HP, 1 bomba

dosificadora de cloro, un filtro de cartucho plisado de 5  $\mu\text{m}$ , un aspersor de acero inoxidable para lavado y una caja de mando con pulsador neumático.

### **3.6. Diseño de fábrica**

#### **3.6.1. Localización**

Existen varios procedimientos que son útiles para la localización de planta pero ninguno de ellos nos asegura que hemos elegido la localización óptima, lo que sí se puede hacer es evitar una localización desventajosa, que es más importante.

Podemos encontrarnos con distintas restricciones cuando nos encontramos en el proceso de localización de planta, algunas de ellas son: restricciones de zona, abastecimiento de agua, la disposición de los desperdicios, costos de transporte, los impuestos, posible contaminación, etc.

Una planta procesadora de agua de mesa puede ser localizada en cualquier lugar donde haya suministro de agua subterránea de calidad apropiada, en este caso, la universidad cuenta con un pozo propio de agua que abastecerá al sistema de producción.

#### **3.6.2. Infraestructura**

##### **3.6.2.1. Estructura y acabados en la sala de producción.**

Las uniones de las paredes con el piso deberán ser de acabado sanitario para facilitar su lavado y evitar la acumulación de elementos extraños. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Los pisos tendrán un declive hacia canaletas o sumideros convenientemente dispuestos para facilitar el lavado y el escurrimiento de líquidos. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Las paredes exteriores e interiores de las instalaciones productoras de alimentos deben ser sólidas. Las superficies de las paredes serán lisas y estarán recubiertas con pintura lavable de colores claros. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Las paredes y los pisos en las áreas de tratamiento y proceso deben ser no absorbentes y de fácil limpieza.

Los techos deberán proyectarse, construirse y acabarse de manera que sean fáciles de limpiar, impidan la acumulación de suciedad y se reduzca al mínimo la condensación de agua y la formación de mohos.

Las ventanas y cualquier otro tipo de abertura deberán estar construidas de forma que impidan la acumulación de suciedad y sean fáciles de limpiar y deberán estar provistas de medios que eviten el ingreso de insectos u otros animales.

Fuera de las instalaciones, cerca del edificio de la planta, no debe haber almacenamiento de equipo, tarimas o plataformas de carga, ya que pueden albergar plagas. Por esta misma razón la maleza o pasto debe mantenerse alejado de la pared exterior (la distancia recomendada es de 45 cm a 90 cm). La basura debe ser controlada y los basureros deben contar con tapas en buen estado y permanecer cubiertos todo el tiempo. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Todo los equipos deben ser construidos con material de grado alimentario donde sea aplicable, de diseño y construcción de fácil limpieza y debe ser instalado de tal manera que permita el acceso para limpiar el equipo y el área que lo rodea. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.2.2. Iluminación**

Se debe contar con un alumbrado adecuado, particularmente en el área de llenado y en las áreas de producción.

La intensidad, calidad y distribución de la iluminación natural y artificial, deben ser adecuadas al tipo de trabajo, considerando los niveles mínimos de iluminación siguientes (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).:

- 540 lux en las zonas donde se realice un examen detallado del producto.
- 220 lux en las zonas de producción.
- 110 lux en otras zonas.

#### **3.6.2.3. Ventilación**

La corriente de aire no deberá desplazarse desde una zona sucia a otra limpia. Las aberturas de ventilación deben estar provistas de rejillas u otras protecciones de material anticorrosivo, instaladas de manera que puedan retirarse fácilmente para su limpieza. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

### **3.6.3 Distribución de planta**

Es la ordenación física de los elementos industriales de un sistema productivo, que cumpla las restricciones de capacidad y calidad. Comprende la localización y arreglo de los recursos de producción, e incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento,

trabajadores indirectos (mantenimiento, control de calidad) y todas las actividades o servicios así como el equipo de trabajo y el personal directo.

El objetivo principal de la distribución en planta es encontrar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura, que evite la contaminación cruzada, sea satisfactoria para los empleados y flexible a cambios.

Entonces podemos afirmar que la distribución en planta tiene dos intereses: un interés económico mediante el cual persigue aumentar la producción, reducir los costos, satisfacer al cliente mejorando el servicio y mejorar el funcionamiento de las empresas sin sacrificar el confort y seguridad de los trabajadores; y un interés social con el que persigue darle seguridad al trabajador y satisfacer al cliente.

### **3.6.3.1. Principios de la distribución**

Para lograr una adecuada distribución en planta se ha tomado en cuenta los principios básicos de la distribución en planta:

- Principio de integración de conjunto, la distribución tomará en cuenta las actividades auxiliares como el lavado de los bidones, el envasado, el mantenimiento de los equipos, de modo que haya una mejor integración entre todas las partes.
- Principio de la mínima distancia recorrida buscando aquella distribución que permita que la distancia a recorrer por los materiales entre las operaciones sea la más corta.
- Principio de la circulación o flujo de materiales: aplicando este principio se buscará aquella distribución que esté en el mismo orden o secuencia en que se realiza el tratamiento del agua.
- Principio del espacio cúbico: con este principio se busca hacer uso de un modo efectivo de todo el espacio disponible, ya sea vertical u horizontal.
- Principio de satisfacción y de seguridad. Se conseguirá cumplir con este principio haciendo que la distribución elegida haga que el trabajo sea más satisfactorio y seguro para los operadores.
- Principio de la flexibilidad: se tendrá en cuenta la posibilidad de que la distribución pueda ser modificada o reordenada para conseguir menos costo o inconvenientes.

### **3.6.3.2 Tipo de distribución**

La distribución que se usará es la distribución según el producto (*flow shop*). En esta distribución los equipos se disponen de acuerdo con la secuencia de operaciones que debe seguir el producto. Las operaciones suelen ser rutinarias y repetitivas.

### 3.6.3.3 Localización y área del terreno

La planta de producción de agua de mesa estará ubicada en el Edificio de Química de la Universidad de Piura en la zona de plantas piloto. Se ha escogido esta ubicación con fines académicos, ya que así los estudiantes de la UDEP podrán ver cómo se lleva a cabo el proceso de tratamiento para producir agua de mesa.

El área total de la planta será de  $11,00 \text{ m} * 5,00 \text{ m} = 55,00 \text{ m}^2$

### 3.6.4. Gráfico relacional

Este diagrama representa las relaciones de proximidad entre las diferentes áreas o departamentos de la planta. El gráfico relacional conecta todos los departamentos entre sí mediante una matriz de doble entrada donde se asignan relaciones de proximidad y la razón por la cual se asignan. En la figura 36 se muestra el gráfico relacional de la planta.

### 3.6.5. Espacio requerido

El espacio necesario para cada una de las áreas de la planta se detalla a continuación:

#### Áreas de la planta

1.	Almacén de materia primas, insumos	2,00 m x 1,50 m
2.	Almacén de producto terminado	2,00 m x 2,00 m
3.	Área de producción y envasado	5,00 m x 4,00 m
4.	Pasadizo	
5.	Almacén de envases limpios	1,50 m x 1,50 m
6.	Almacén de envases sin lavar	1,50 m x 1,50 m
7.	Vestidores y duchas	2,00 m x 1,50 m
8.	Laboratorio	2,00 m x 1,50 m
9.	Oficina operador	1,50 m x 1,50 m
10.	Jefe de planta	1,50 m x 1,50 m

En la figura 37 se muestra el esquema de la planta de tratamiento y en la figura 38 la distribución en planta.

### 3.6.6 Descripción del proceso productivo

#### 3.6.6.1 Pretratamiento del agua

La aplicación de un pretratamiento al agua de abastecimiento en la operación de ósmosis inversa influye mucho en la eficacia de la instalación. El pretratamiento requerido depende de la calidad del agua entrante al proceso. El objetivo del pretratamiento es reducir la precipitación de materia orgánica, la cantidad de bacterias dentro de los módulos de ósmosis inversa y eliminar la dureza del agua para ello se hará uso de la filtración y del ablandamiento. De acuerdo a la

calidad de la filtración realizada se hace necesario el cambio de las membranas en un período de 2 a 5 años.

### Matriz de relaciones entre áreas



#### Relación entre áreas

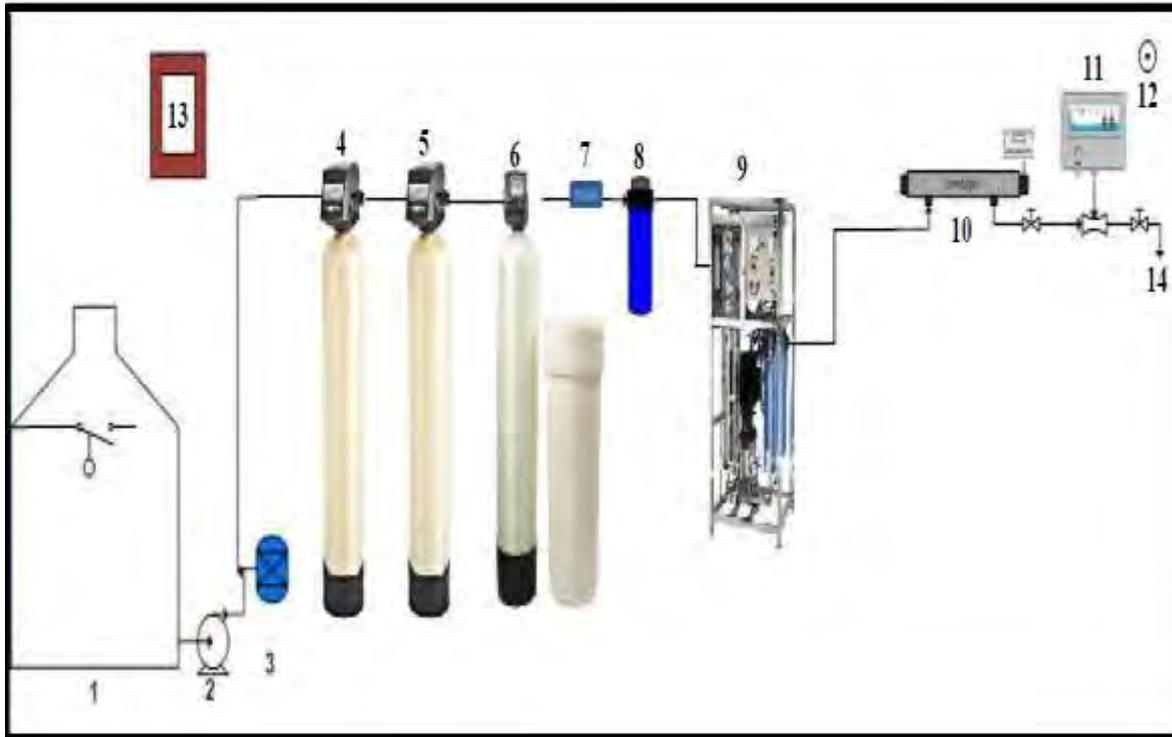
- A Absolutamente esencial que las 2 áreas se coloquen juntas
- E Es esencial que las 2 áreas se coloquen juntas
- I Es importante que las 2 áreas se coloquen juntas
- O Si es posible se colocan estas 2 áreas juntas
- U No es importante que se coloquen juntas
- X No es deseable que se coloquen juntas

#### Razones por las que se asigna la relación entre áreas

- 1 Flujo de materiales
- 2 Conveniente
- 3 Fácil manejo
- 4 Contacto necesario
- 5 Ahorro de tiempo en traslado del producto
- 6 No es necesario que estén cerca

### Figura 36. Gráfico relacional

Fuente: Elaboración propia

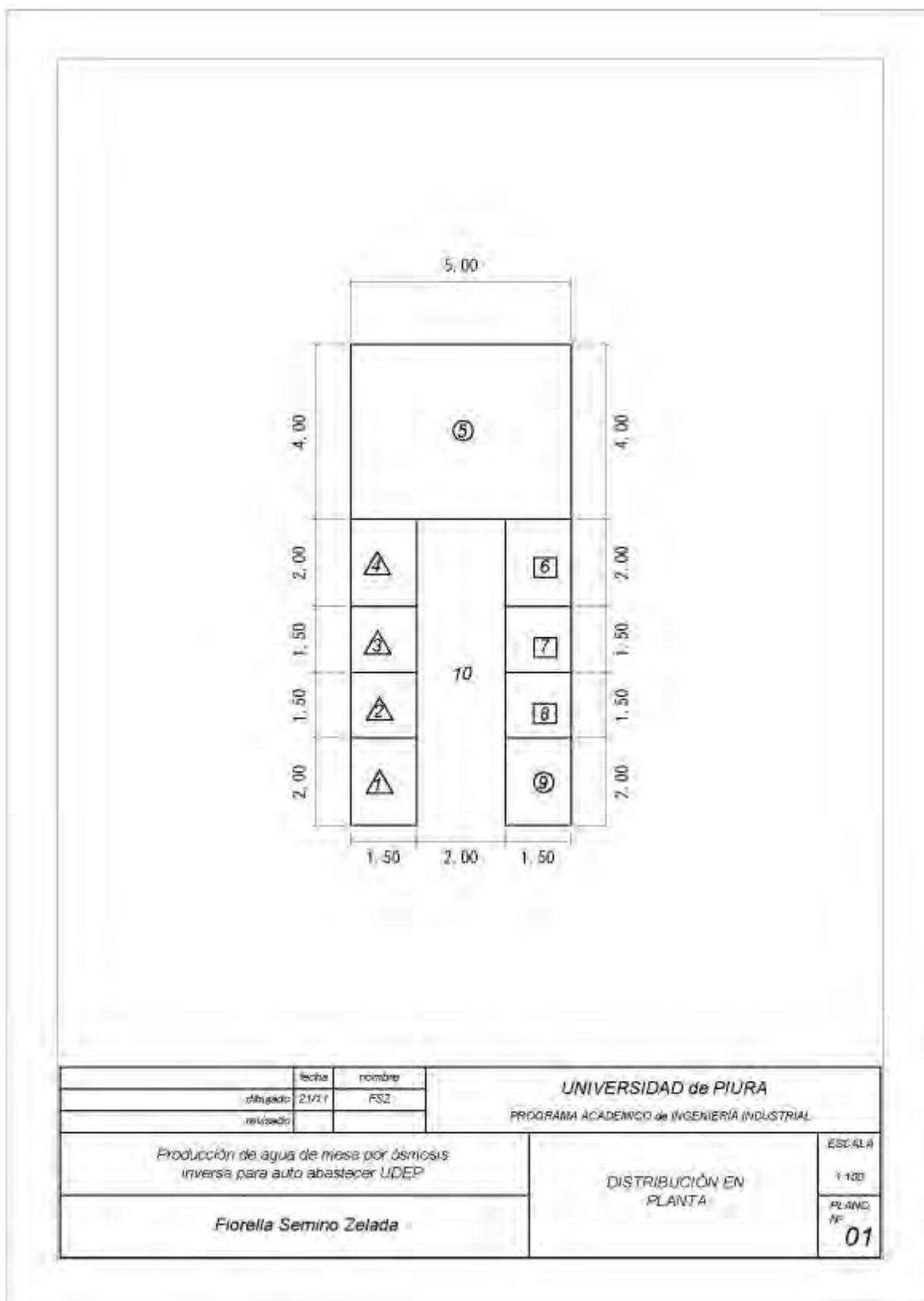


Leyenda:

1. Tanque de almacenamiento de agua 1100 L
2. Electrobomba 1,0 HP
3. Tanque hidroneumático de 60 L
4. Filtro multimedia automático de 1 pie<sup>3</sup>
5. Filtro de carbón activado automático de 1 pie<sup>3</sup>
6. Ablandador automático de 2 pies<sup>3</sup>
7. Válvula solenoide de 1"
8. Filtro de sedimentos plisado de 1 micras
9. Equipo de ósmosis inversa de 750 GPD
10. Equipo ultravioleta
11. Equipo ozono agua
12. Botón encendido
13. Tablero eléctrico
14. Lavado y llenado de bidones semiautomático

**Figura 37. Esquema de la Planta de Tratamiento**

Fuente: Cotización de proveedor Mega & Ozono



**Figura 38.** Distribución en planta.

Fuente: Elaboración propia.

Si se consigue que el contenido de materia orgánica y cantidad de bacterias sean tan bajos como sea posible se previene la bioobstrucción de las membranas de ósmosis inversa y, en consecuencia, su rápido deterioro.

Se puede afirmar entonces que la aplicación de un pretratamiento adecuado tiene varios beneficios:

- Las membranas de OI tienen un mayor tiempo de vida
- Se extiende el tiempo de producción de la instalación
- Se simplifican las tareas de mantenimiento

Además del pretratamiento se puede añadir una dosis química (ácido o antiescamante) que prevenga la descamación y precipitación de sólidos insolubles como el carbonato de calcio y sulfato de bario en la superficie de la membrana.

Los ácidos usados para este fin son ácido clorhídrico y ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico es más utilizado sin embargo el ácido hidroc্লórico se aplica cada vez más porque el ácido sulfúrico puede influir negativamente en la velocidad de obstrucción de la membrana.

Los tratamientos previos a la ósmosis inversa que se utilizarán en la planta son: cloración, filtración de sedimentos, filtración con carbón activado, ablandamiento. Estos tratamientos garantizarán la calidad del agua para ser usada en la alimentación del sistema de ósmosis inversa.

### **3.6.6.2. Descripción del proceso**

El agua es extraída del pozo UDEP hacia el tanque de almacenamiento de 1100 L luego se inicia el proceso a través de un sistema de bombeo conformado por una bomba y un tanque hidroneumático cuya función es mantener una presión constante en la alimentación del agua hacia el sistema de ósmosis inversa.

La regulación del encendido y apagado del sistema de bombeo es a través del presostato. La presión se verificará en los manómetros instalados, antes de la carga y después de la descarga de agua en el tanque hidroneumático.

El agua es bombeada para ser esterilizada añadiendo hipoclorito de sodio al agua mediante una bomba dosificadora ya que no existe un cloro residual libre de 0,5 ppm que es necesario para garantizar la desinfección de los equipos de pretratamiento.

Después el agua pasa hacia el filtro multimedia, este filtro está controlado por una válvula de control y tanque de filtración. Este filtro se utiliza como barrera del pretratamiento del equipo de ósmosis inversa y sirve para la retención de partículas mayores a

5µm como materia en suspensión que puedan provocar ensuciamiento y taponamientos mejorando la apariencia física del agua.

A continuación pasa hacia el filtro de carbón activado el cual se encarga de absorber el cloro que pudiera dañar la membrana de ósmosis inversa, ya que el cloro produce la formación de cloraminas y contaminantes orgánicos al reaccionar con las materias orgánicas disueltas, que causan problemas de sabor y olor en el agua.

Después, el 80 % del agua filtrada pasa hacia el ablandador automático cuya función es retirar la dureza excesiva del agua, evitando que se incrusten las membranas de ósmosis inversa afectando su vida útil, el proceso de ablandamiento lo realiza por medio de una resina geliforme fuertemente ácida, sintética, de intercambio de tipo catiónico de carácter fuerte, la cual captura los cationes, normalmente los de calcio y magnesio (carbonatos, sulfatos y fosfatos) que son los principales causantes de la dureza del agua, intercambiándolos por iones sodio.

Una vez eliminada la dureza el agua pasa por el filtro plisado de sedimentos de 1 µm antes de ingresar al equipo de ósmosis inversa cuya función es reducir las sales presentes en el agua de alimentación hasta un 98 %, además reduce materia coloidal, turbidez, sedimentos, metales tóxicos y microorganismos, esto lo realiza debido al tamaño de los poros de las membranas que permiten que por estos poros ultra microscópicos sólo discurra agua pura. El funcionamiento del equipo de ósmosis inversa está basado en el uso de membranas que requiere agua de alimentación a altas presiones.

Posteriormente el agua tratada por ósmosis inversa se mezcla con el 20 % de agua pretratada (cloración, filtración y ablandamiento) para mejorar su contenido de sales.

Luego para asegurar la calidad microbiológica del agua pasa por un esterilizador ultravioleta.

Como último tratamiento antes del envasado el agua es ozonizada con un generador de ozono, este generador succiona el aire filtrado, el cual es pasado por un desecante (podría ser un secador de cloruro de calcio,  $\text{CaCl}_2$ ).

El aire seco se enfría a unos 4° C, por debajo del punto de rocío. Este aire puro y seco pasa a través de una cámara de contacto donde se convierte el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) en ozono ( $\text{O}_3$ ) por medio de la técnica de descarga de corona.

El proceso de ozonización mata toda bacteria, espora o virus presente o que haya contaminado el agua proveniente de la unidad de

ósmosis inversa, paso seguido el ozono entra en contacto con el agua pura para su envasado. La ozonización tiene una capacidad superior a la desinfección de cloro además de usarlo en la etapa final de llenado de bidones para garantizar su conservación.

Los bidones son lavados en una poza de acero inoxidable o de concreto (recubierta con material cerámico o con fibra de vidrio) con agua filtrada a la cual se le añade también una dosis de cloro y pasa hacia el aspersor de acero inoxidable para el lavado colocando los bidones boca abajo sobre un chorro de agua a presión. Luego de ello se procede al envasado.

Antes de ser colocadas en los envases, las tapas son remojadas en una solución de hipoclorito de calcio de 15 mg/L.

### **3.6.7. Aspectos relacionados al proceso de fabricación**

#### **3.6.7.1. Abastecimiento de agua**

Se debe prever que la planta de tratamiento debe tener una provisión de agua permanente y suficiente para las instalaciones. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

El punto donde se suministra el agua para el sistema de tratamiento debe ser diferente del punto donde se suministra agua para otras operaciones como la limpieza.

#### **3.6.7.2 Proceso de envasado**

Los bidones deben ser de material inocuo, estar libre de sustancias que puedan ser cedidas al producto y estar fabricados de manera que mantenga la calidad sanitaria y composición del producto durante toda su vida útil. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Los bidones serán de material plástico, los cuales no deben contener monómeros residuales de estireno, de cloruro de vinilo, de acrilonitrilo o cualquier monómero o sustancia que pueda ser nociva para la salud, en cantidades superiores a los límites máximos permitidos. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.3 Material de equipo y utensilios**

El equipo y los utensilios empleados en la manipulación de alimentos, deben estar fabricados de materiales que sean resistentes a la corrosión y sean capaces de soportar repetidas operaciones de limpieza y desinfección. Las superficies de los equipos y utensilios deben ser lisas y estar exentas de orificios y grietas.

#### **3.6.7.4 Instalaciones y equipos accesorios o complementarios**

Toda instalación, equipos accesorio o complementarios que sean susceptibles de provocar contaminación de los productos, debe ubicarse en ambientes separados a las áreas de producción, tal es el caso de almacén de envases sucios, el almacén de insumos, los servicios higiénicos, los productos y útiles de limpieza. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.5 Dispositivos de seguridad y control**

Los equipos utilizados en la fabricación destinados a asegurar la calidad sanitaria del producto, deben estar provistos de dispositivos de seguridad, control y registro que permitan verificar el cumplimiento de los procedimientos del tratamiento aplicado. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.6 Cuidados en la sala de fabricación**

En la sala de fabricación del agua de mesa no se podrá tener ni guardar otros productos, artículos, implementos o materiales extraños o ajenos a los productos que se elaboran en dichos ambientes.

#### **3.6.7.7. Rotulado del producto.**

El contenido del rotulado del producto debe ceñirse a las disposiciones establecidas en la Norma Metrológica Peruana de Rotulado de Productos Envasados y contener la siguiente información (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012):

- Nombre del producto
- Declaración de los ingredientes y aditivos empleados en la elaboración del producto
- Nombre y dirección del fabricante
- Número de Registro Sanitario
- Fecha de vencimiento
- Código o clave del lote

#### **3.6.7.8 Almacenes**

Se tendrá diferentes almacenes como lo indica la distribución de planta, almacén de materias primas e insumos, almacén de envases limpios y nuevos, almacén de envases sin lavar, almacén de producto envasado cada uno de estos tendrá un área específica para este fin.

Se deberá contar con ambientes apropiados para proteger la calidad sanitaria e inocuidad de los mismos y evitar riesgos de

contaminación cruzada. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Los productos almacenados deben estar alejados de las paredes y separados del piso a fin de facilitar la limpieza.

Para permitir la circulación de aire y un mejor control de insectos y roedores el espacio libre entre filas de rumas y entre éstas y la pared será de 0,50 metros cuando menos.

#### **3.6.7.9. Desperdicios del proceso productivo**

Los residuos sólidos deben estar contenidos en recipientes de plástico o metálicos adecuadamente cubiertos o tapados.

La disposición de los residuos sólidos se hará conforme a lo dispuesto en las normas sobre aseo urbano que dicta el Ministerio de Salud. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.10. Transporte**

Los productos así como las materias primas e insumos que se utilizan en su elaboración, deben transportarse de manera que se prevenga su contaminación o alteración. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

De igual forma es importante la limpieza y desinfección de vehículos que transportan los insumos del proceso o piezas de recambio que se utilicen para el proceso de fabricación antes de proceder a la carga del producto. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.11 Comercialización**

Los requisitos que deben cumplir los manipuladores de alimentos deben recibir capacitación en higiene de alimentos basada en las Buenas Prácticas de Manipulación. Dicha capacitación debe ser continua y de carácter permanente. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

#### **3.6.7.12 Identificación y trazabilidad**

El producto final será identificado por medios adecuados a través de toda la realización del producto. En este caso al final del proceso los productos contarán con un número de lote que los identifique.

Con este número de lote quedarán descritos todos los insumos utilizados en la elaboración así como también las pruebas de control de calidad y procedimientos correctivos realizados.

### 3.7. Gestión de compras.

#### 3.7.1. Proceso de compras

Es importante establecer cuáles son los requisitos mínimos que debe cumplir cada uno de los productos que se van a comprar.

Se deben establecer también criterios para la selección, evaluación y mantener un registro de la evaluación. Algunos criterios de selección serían calidad del producto, tiempo de entrega, capacidad de suministro.

El tipo y grado de control de cada proveedor dependerá del impacto del producto en la realización del agua de mesa.

#### 3.7.2. Información de compras

Se establecerán los requisitos mínimos para la aprobación de la recepción del producto.

#### 3.7.3 Verificación de los productos comprados

Establecer e implementar la inspección de los productos comprados.

### 3.8. Gestión de mantenimiento

Como en todo proceso es necesario realizar mantenimiento de los equipos para garantizar la eficiencia del tratamiento, detallamos a continuación el mantenimiento necesario para cada uno de los equipos que forman el sistema de tratamiento de agua.

**Filtros: multimedia, carbón activado y sedimentos:** Estos equipos requieren cambio de elemento filtrante cada cuatro meses. Para mejores resultados en el lavado del filtro se debe rociar agua directamente en pliegues para desalojar los sedimentos. O bien, dejar secar y cepillar la torta de filtro de la superficie de los medios filtrantes.

**Ablandador:** El sistema de ablandamiento, necesita regenerar las resinas, para producir agua suavizada, la regeneración la realiza cada 2 días con solución de hipoclorito de sodio al 7,5 %, es decir con la sal industrial granulada, este producto se adquiere en bidones de 20 kg y se utilizan 8 kg por regeneración, es recomendable hacer el mantenimiento preventivo del ablandador (desinfección y remoción de las resinas gastadas) cada año, el cambio total y tiempo de vida útil de las resinas es de 3 a 4 años, dependiendo del uso y funcionamiento de la máquina.

**Sistema de ósmosis inversa:** Las partes que forman este equipo son la membrana, electrobomba de alta presión, manómetros, fluxómetros, medidores de conductividad; sin embargo la parte que más se deteriora y se recambia es la membrana, las demás partes no requieren cambio, la duración depende del uso generalmente es cada 2 años.

**Sistema de esterilización de luz ultravioleta:** Este equipos sólo requiere el recambio de la lámpara germicida cada año.

**Generador de ozono:** Necesita cambio de la cámara dieléctrica, componentes electrónicos y limpieza en general cada seis meses.

### 3.9. Saneamiento.

Es necesario tener un programa de limpieza, tratamiento de residuos y control de plagas. Algunas recomendaciones para la elaboración de este plan según el Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas (2012) son:

- El personal asignado a la limpieza y mantenimiento, debe cumplir con las disposiciones sobre aseo y vestimenta.
- El personal en general debe recibir instrucción adecuada y continua sobre manipulación higiénica de bebidas y sobre higiene personal.
- El personal que labora en planta o que tenga acceso a la sala de fabricación no debe ser portador de ninguna enfermedad infectocontagiosa ni tener síntomas de ellas.
- Es necesario capacitar al personal en temas de: calidad sanitaria e inocuidad de alimentos.
- Los servicios higiénicos para el personal deben mantenerse en buen estado de conservación e higiene. Deberán contar con 1 inodoro, 2 lavatorios, 1 ducha y un urinario.
- El personal debe tener claro cuando se debe realizar el lavado de manos: lavarse las manos con agua y jabón antes de iniciar el trabajo, inmediatamente después de utilizar los servicios higiénicos y de manipular material sucio o contaminado así como todas las veces que sea necesario. Se colocarán avisos que indiquen la obligación de lavarse las manos y deberá haber un control adecuado para garantizar el cumplimiento de este requisito.
- En cuanto a la limpieza y desinfección del local deberán limpiarse minuciosamente los pisos, las estructuras auxiliares y las paredes de las zonas de manipulación de producto. La fábrica deberá disponer de un programa de limpieza y desinfección, el mismo que será objeto de revisión y comprobación durante la inspección.
- Entre las disposiciones de aseo y mantenimiento podemos mencionar que el personal que trabaja en planta debe estar completamente aseado, las manos no deben presentar cortes ni afecciones a la piel. Las uñas deben mantenerse cortas, limpias y sin esmalte. El cabello deberá estar completamente cubierto. No deberán usarse sortijas ni pulseras.

Deberán contar con ropa de trabajo de colores claros. La ropa constará de gorra, zapatos, chaqueta y pantalón y deberán encontrarse en buen estado de conservación y aseo. Para realizar las operaciones de lavado de envases debe contar además con delantal impermeable y botas.

### 3.10. Control de calidad del producto

Debido a que el agua de mesa es un alimento empacado, se han creado nuevas reglas, como las buenas prácticas de manufactura (BPM) y existen también estándares internacionales (ya señalados en el capítulo 1) para el agua embotellada que es necesario tenerlas en cuenta.

Si lo que se desea es conseguir la calidad óptima del agua tratada, la mejor alternativa consiste en seguir los criterios de seguridad alimentaria reconocidos internacionalmente.

Contar con una certificación internacional para el tratamiento de agua para consumo humano es una buena alternativa para verificar el cumplimiento de las normas de calidad internacionales.

Las empresas certificadoras usan como norma códigos internacionales como el *Codex Alimentarius* y criterios adicionales como estándares de auditoría, esto incluye el cumplimiento de los requerimientos del Programa de Análisis de Riesgo y Puntos Críticos de Control (HACCP) en la planta de tratamiento.

El que una empresa tenga en la etiqueta del producto el sello de certificación garantiza que el agua es de una fuente confiable y que se ha producido y empacado de forma sanitaria.

En el Perú contamos con reglamentos que debemos seguir como es el caso del Reglamento de Vigilancia Sanitaria el cuál ha sido tomado en cuenta para el diseño del proceso de planta, de igual forma es requisito se cumplan las BPM.

Es también importante si queremos asegurar la calidad de nuestro producto el poner en práctica el sistema HACCP y el tener un sistema de Gestión de Calidad como es el ISO 9001:2008.

### **3.11. Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2008**

En este apartado se detalla lo que señala la norma ISO (2008):

#### **3.11.1. Requisitos generales**

- Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de calidad y su aplicación a través de la organización: procesos para las actividades de la dirección, la provisión de recursos, la realización del producto, la medición, el análisis y la mejora.
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos. Partimos de una adecuada provisión de recursos, seguida de la elaboración del producto con la aplicación de mediciones, análisis y controles necesarios todos ellos llevados a cabo bajo la eficiente dirección del jefe de planta. Todos los procesos del sistema de control de calidad interactúan para el cumplimiento del objetivo principal producir un agua de mesa de calidad.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces. Para poder realizar una revisión debe hacerse un manual de las operaciones de planta donde se indique cual es el normal desarrollo de los procesos, los límites máximos y mínimos para ciertos parámetros como presión, temperatura, pH, dureza, cantidades exactas de los aditivos o insumos que se utilizan en cada proceso.
- Uno de los controles que se utilizarán es la supervisión de los equipos mientras están en funcionamiento, pues la planta contará con un tablero de

control que da una señal de alarma ante algún problema así como algunos equipos también dan alertas cuando algo está fallando. Por otro lado están los análisis de laboratorio al producto en las diferentes etapas del proceso de producción. Además se llevarán a cabo acciones preventivas como cumplir con las buenas prácticas de manufactura, con las normas del programa de vigilancia sanitario y haciendo una verificación constante de los puntos críticos podemos garantizar la calidad del agua de mesa.

- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y seguimiento de estos procesos. Se recomiendan tener un presupuesto destinado para la capacitación del personal de planta, contar con versiones impresas de: normas de aseo, manual de procesos, puntos críticos de control, pruebas de control de calidad, mantenimiento preventivo. Poner carteles y avisos en lugares indicados que recuerden a los trabajadores aplicar algunas normas sanitarias de cumplimiento obligatorio: lavado de manos, prohibido el ingreso de alimentos, entre otras.
- Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos. Hay pruebas de control de calidad que son necesarias para cada lote de producción de agua de mesa. También es necesaria la revisión de los equipos que puede ser semanal o quincenal, la revisión del cumplimiento de las BPM y seguimiento de los puntos críticos de control.

### **3.11.2. Requisitos de la documentación.**

Son requisito en el sistema de gestión de calidad los siguientes documentos.

- Declaraciones documentadas de una política de calidad y de objetivos de la calidad.
- Un manual de calidad
- Los procedimientos documentados y los registros requeridos por esta norma.
- Los documentos, incluidos los registros que la organización determina son necesarios para asegurarse la eficaz planificación, operación y control de sus procesos.

Es necesario aclarar que un procedimiento documentado quiere decir que es documentado, implementado y mantenido.

#### **3.11.2.1. Manual de Calidad**

El manual de calidad debe contener lo siguiente:

- El alcance del sistema de gestión de la calidad, incluyendo los detalles y la justificación de cualquier exclusión (de la norma ISO 9001:2008).
- Los procedimientos documentados establecidos para el sistema de gestión de la calidad.
- Descripción de la interacción entre los procesos del sistema de gestión de la calidad.

### **3.11.2.2. Control de los documentos**

Para un adecuado control de la documentación se deben establecer procedimientos para:

- Aprobar los documentos cuando sea necesario antes de su emisión. Los documentos deben ser aprobados por el jefe del área donde se elaborará el documento.
- Revisar y actualizar los documentos cuando sea necesario y aprobarlos nuevamente.
- Asegurarse de que se identifique los cambios y estado de la versión vigente de los documentos. Para esto se debe indicar un plazo para la entrega de la nueva versión y debe ser presentada a las áreas interesadas.
- Asegurarse de que las versiones pertinentes de los documentos aplicables se encuentran disponibles en los puntos de uso. Para lo cual se sugiere los puntos de uso sean lugares visibles.
- Asegurarse permanecen legible y fácilmente identificables es decir sean redactados en un lenguaje claro y conciso.
- Asegurarse de que los documentos externos que son necesarios se identifique y controle su distribución.
- Prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos por lo que toda norma o documento que deje de estar vigente deben ser retirados.

### **3.11.2.3. Control de los registros**

- Proporciona evidencia de la conformidad con los requisitos por lo que se sugiere los registros deben ser revisados por el jefe del área que emite el registro para revisar sea correcto.
- Establecer procedimientos documentados para definir los controles necesarios para la identificación, almacenamiento, recuperación, retención y la disposición de los registros.
- 

## **3.11.3. Responsabilidad de la dirección**

### **3.11.3.1. Compromiso de la dirección**

- Comunicar la importancia de satisfacer requisitos del cliente, legales y reglamentarios.
- Establecer la política de la calidad.
- Asegurar que se establecen los objetivos de la calidad.
- Llevar a cabo revisiones de la dirección en intervalos planificados asegurando la disponibilidad de recursos.
- Asegurar se determinen los requisitos del cliente y se cumplan para aumentar la satisfacción del cliente.
- La alta dirección debe asegurarse se establezcan las funciones y los niveles pertinentes dentro de la organización.
- Promover una comunicación interna eficaz.

### **3.11.3.2. Política de Calidad**

- Es adecuada con el propósito de la organización.
- Incluye el compromiso de cumplir con los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad.
- Proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de calidad.
- Es comunicada y entendida dentro de la organización.
- Es revisada para su continua adecuación.

### **3.11.3.3. Objetivos de la calidad**

Deben ser medibles y coherentes con la política de calidad.

### **3.11.4. Responsabilidad de cada área.**

- Asegurar que se establecen, implementan y mantiene los procesos necesarios del sistema de gestión de calidad.
- Informar a la dirección el desempeño del sistema de gestión y cualquier necesidad de mejora.
- Asegurar toma de conciencia de los requisitos del cliente.

### **3.11.5. Auditorías internas**

Los elementos de entrada en las revisiones internas deben incluir:

Resultados de auditoría, el desempeño de los procesos, la conformidad del producto, el estado de las acciones correctivas y preventivas, las acciones de seguimiento de revisiones por la dirección previas, los cambios que podrían afectar el sistema de gestión y por último las recomendaciones para la mejora.

Como resultado de la auditoría se obtiene una mejora en la eficacia del sistema de gestión y sus procesos.

### **3.11.6. Gestión de recursos**

La organización debe proporcionar recursos para implementar y mantener el sistema de gestión de calidad y mejorar continuamente su eficacia lo que aumenta la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de requisitos.

### **3.11.7. Recursos humanos**

Es parte importante en la calidad del producto el contar con mano de obra profesional y técnica idónea con sólida formación, habilidades y experiencia apropiada para el cargo que desempeñarán.

Se deben determinar las competencias necesarias del personal que realizan los diferentes trabajos que afectan la conformidad de requisitos del producto.

Es necesario también brindar una capacitación constante y además asegurarse que el personal tome conciencia de la pertinencia e importancia de sus actividades y de cómo contribuyen al logro de los objetivos de la calidad.

Mantener registros de la formación, habilidades y experiencia de cada uno de los trabajadores de planta.

#### **3.11.8. Seguimiento y control del producto**

Se debe tener en cuenta el estado del producto respecto de los requisitos, con seguimiento y medición a través de toda la realización del producto.

La preservación del producto se debe dar durante el proceso interno y entrega del producto.

Incluye identificación, manipulación, embalaje, almacenamiento y protección.

#### **3.11.9. Control de equipos de seguimiento y medición**

- Los equipos de medición deben calibrarse o verificarse a intervalos antes de su utilización y compararse con patrones de medición trazables.
- Ajustarse o reajustarse cuando sea necesario.
- Identificar para ver estado de calibración.
- Proteger ajustes que puedan invalidar los resultados.
- Proteger de daños y deterioro durante la manipulación, mantenimiento.
- Verificar mediciones anteriores si se verifica que el producto no está conforme.

#### **3.11.10. Medición, análisis y mejora**

- Planificar e implementar procesos de medición, análisis y mejora.
- Definir criterios de auditoría, alcance, frecuencia y metodologías.
- Registrar los resultados.
- El tipo y grado de seguimiento y medición es de acuerdo con el impacto del producto.

#### **3.11.11. Producto no conforme**

Se requiere de un procedimiento documentado que define controles y responsabilidades y autorizados en relación al producto no conforme.

Se debe tener como guía un procedimiento documentado para la revisión de no conformidades, luego de identificación de las causas se debe tomar acciones para eliminar las causas de la no conformidad y se debe llevar un registro de no conformidades donde queden registradas las acciones implementadas y los resultados y eficacia de las correcciones.

De identificar una no conformidad luego de entregar el producto se debe tomar acciones para impedir su consumo y retirarlo.

### **3.11.12. Acción preventiva**

Teniendo en cuenta los registros de no conformidades sabremos algunas de las causas de no conformidades por lo que se pueden establecer procedimientos documentados para evaluar la necesidad de actuar para prevenir no conformidad implementando acciones necesarias, registrando los resultados y revisando la eficacia de las acciones preventivas.

### **3.11.13. Mejora continua**

La mejora continua sugiere una revisión constante de la política, objetivos de calidad, resultados de auditorías, análisis de datos, acciones correctivas y revisión de la dirección con el objetivo de mejorar el proceso de producción y la calidad del producto.

## **3.12. Control de calidad sanitaria e inocuidad**

El control de calidad sanitaria e inocuidad del producto se sustentará en el Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos de Control Críticos (HACCP), el cuál será la referencia para la vigilancia sanitaria. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

### **3.12.1. Sistema HACCP**

El HACCP es un acercamiento a la garantía del alimento que consta de siete pasos. Los pasos o principios a seguir son un análisis de riesgo seguido de la identificación y revisión de puntos críticos de control para los riesgos, acciones correctivas y documentación de todos los aspectos del plan HACCP.

La aplicación del sistema HACCP debe cumplir con las normas sanitarias para las aguas de mesa y con las normas para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas.

Como fabricantes se tendrá que realizar inspecciones regularmente y de igual forma cuando se realicen cambios en las operaciones de producción, formulación del producto, para constatar que se está aplicando correctamente el plan HACCP o se requiere de modificaciones. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Se entregará a DIGESA una copia del plan HACCP para que procedan con la validación técnica oficial y realicen las inspecciones periódicas en planta correspondientes para lo cual se brindarán todas las facilidades para la inspección y la toma de muestra. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

### **3.12.2. Procedimiento para preparar un sistema HACCP.**

Elegir el equipo HACCP. Los miembros de este equipo serán elegidos antes de la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

Hacer una descripción del producto fabricado, determinar el uso previsto y elaborar el diagrama de flujo y descripción con parámetros técnicos relevantes para cada etapa. Estos pasos ya han sido desarrollados en el capítulo 3 del presente estudio.

Conformación *in situ* del diagrama de flujo esto se llevará a cabo también luego del inicio de operaciones en planta.

Enumerar todos los posibles peligros en cada etapa y señalar cuáles son indispensables controlar así como la probabilidad de ocurrencia y su efecto o severidad.

Aquellos indispensables de controlar serán los puntos críticos de control para los cuales se debe establecer los límites críticos de control según normas sanitarias del Ministerio de Salud o *Codex*.

Por último se debe contar con un sistema de vigilancia para cada punto crítico de control (PCC) para cada uno de ello se debe tener también un registro de vigilancia.

### **3.12.3. Validación técnica del sistema HACCP**

Se debe presentar una solicitud a DIGESA con los siguientes datos: Razón social, ubicación del establecimiento, plan HACCP, nombre y firma del responsable de calidad, constancia de pago de derecho.

Luego de ello, DIGESA tiene 30 días para realizar una inspección para la validación técnica y 15 días expedir certificado.

De encontrar alguna falla se cuenta con 15 días para subsanar obligaciones. Si no se subsana, se finaliza el trámite y se archiva.

La vigencia del certificado de habilitación técnica del sistema HACCP es de un período de 2 años.

### **3.12.4. Registro de información**

Se debe tener documentación que sustente la aplicación del Sistema HACCP y de igual forma de las verificaciones del plan donde se consigne de forma clara y precisa los resultados obtenidos y las medidas correctivas usadas para recuperar el control de los puntos críticos. (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, 2012).

Los resultados de cada inspección deben estar debidamente foliados y deben contener el nombre del laboratorio que realizó el análisis, número de informe, código o clave, ensayos físico-químicos realizados y resultados obtenidos, la fecha de análisis y las firmas del jefe de control de calidad y del jefe de laboratorio.

### **3.13. El Registro Sanitario**

La obtención del Registro Sanitario facultará a la Universidad de Piura para la fabricación de agua de mesa. La autoridad encargada de brindar el registro sanitario es la Dirección General de Salud Ambiental.

Para iniciar el proceso de obtención del registro se debe presentar una solicitud con carácter de Declaración Jurada suscrita por el representante legal de la Universidad en la que debe tener la siguiente información:

- Razón social, domicilio y número de RUC.
- Nombre y marca del producto.
- Resultados de los análisis físico-químicos del producto terminado realizado en el laboratorio de la planta o en un laboratorio acreditado.
- Relación de ingredientes.
- Condiciones de conservación y almacenamiento.
- Datos del envase utilizado, considerando tipo y material.
- Período de vida útil del producto en condiciones normales de conservación y almacenamiento.
- Sistema de identificación de lote de producción.

Dentro de un plazo de 7 días útiles la DIGESA podrá denegar el documento. La verificación de la calidad sanitaria del producto se realiza con posterioridad a la inscripción. El Registro Sanitario tiene una vigencia de 5 años contados a partir de la fecha de su otorgamiento. El anexo E están los procedimientos para autorización sanitaria e inscripción de Registro Sanitario.

### **3.14. Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14000-14004)**

El contar en una planta de tratamiento de agua con un sistema de gestión medioambiental por ISO 14001 aporta beneficios en múltiples áreas de una organización, entre ellos: ayuda a prevenir impactos ambientales negativo; evita multas, sanciones, demandas y costos judiciales, al reducir los riesgos de incumplimiento de la normativa legal aplicable; facilita el cumplimiento de las obligaciones formales y materiales exigidas por la legislación medioambiental vigente.

Permiten optimizar inversiones y costos derivados de la implementación de medidas correctoras; facilita el acceso a las ayudas económicas de protección ambiental; reduce costos productivos al favorecer el control y el ahorro de las materias primas, la reducción del consumo de energía y de agua y la minimización de los recursos y desechos; mejora la relación o imagen frente a la comunidad.

Para lograr una gestión ambiental certificada, las organizaciones deben:

- Definir su política ambiental.
- Desarrollar una cultura de preparación y actuación ambiental.
- Detectar los aspectos ambientales relacionados con sus procesos e identificar sus impactos significativos.
- Establecer metas para la implementación de mejoras en su gestión ambiental.

- Definir roles y responsabilidades, efectuar las acciones correctivas y preventivas correspondientes.
- Llevar a cabo controles objetivos del progreso o deficiencias en la gestión ambiental (evaluar el sistema a través de auditorías internas).
- Crear sistemas eficaces de documentación ambiental, definir los registros necesarios y los procedimientos para su mantenimiento.
- Cumplir con leyes y regulaciones ambientales.
- Desarrollar un plan de comunicaciones para el personal y directivos, de forma que todos estén informados de los avances en la gestión medioambiental.
- Establecer un procedimiento de auditoría y certificación de sistemas de gestión ambiental por tercera parte y guías para la evaluación de productos y etiquetado.

Entre los Organismos Certificadores se pueden nombrar: IRAM (Instituto Argentino de Normalización), B.V.Q.I. (*Bureau Veritas Quality International*), D.N.V. (Det Norske Veritas), ABS (*Aspects Certification Services Ltd.*), D.Q.S. (Asociación Alemana para Certificación de Sistemas de Gestión), AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), T.U.V CERT entre otros.

Algunos de los ítems presentes en esta lista de verificación del ciclo de vida del producto que favorecen la competitividad ambiental de una empresa o producto son:

- Contaminación del aire (sin emisiones aéreas, emisiones ocasionales o controladas).
- Contaminación del agua (sin efluentes líquidos, efluentes ocasionales o diluidos, efluentes tratados o biodegradables).
- Residuos sólidos (sin producción, reciclables o biodegradables).
- Materias primas (recursos renovables, obtención de MP que no causa impactos ambientales negativos).
- Producto (reciclable, biodegradable, larga vida útil, poco volumen, bajo peso, reduce el consumo de recursos no renovables, disminuye la contaminación).
- Empaque (materiales biodegradables, reciclables, reciclados, livianos, de poco volumen).



## **Capítulo 4**

### **Evaluación económica del proyecto**

#### **4.1. Evaluación**

La evaluación financiera y económica del proyecto integra los resultados de todos los otros componentes del estudio para permitir la determinación de su viabilidad.

Para tomar una decisión de inversión, se hace uso del valor presente neto (VPN) del ingreso futuro proveniente de la inversión. Para calcularlo se utiliza el valor presente descontado (VPD) del flujo de rendimientos netos (futuros ingresos de proyecto) tomando en cuenta una tasa de interés, y se compara con la inversión realizada.

Para el análisis se definió un horizonte de planificación y evaluación de 15 años. Se partió de una capacidad de planta de 46 bidones tomando como base las consultas y solicitudes de cotización efectuadas a cuatro proveedores de equipos (Aquaperú, Aquafil, Mega & Ozono). Esta capacidad de producción corresponde a la de una planta tipo, con equipos automático de tamaño medio, para dos turnos de 8 horas diarias de trabajo, trabajando 250 días al año.

Como en la práctica el aprovechamiento de la capacidad de producción instalada se aumenta paulatinamente en la medida en que se incrementa la demanda, se consideró el siguiente programa de producción: 3159 unidades en el primer año, 3299 unidades en el segundo año y 3438 unidades en el tercer año y así sucesivamente según la proyección de la demanda calculada en el capítulo 2.

Analizaremos dos alternativas:

- Alternativa 1: Producción únicamente para abastecimiento de trabajadores.
- Alternativa 2: Producción para abastecer trabajadores y alumnos UDEP.

##### **4.1.1. Inversión fija**

Comprende la adquisición de activos fijos tales como terreno, las obras civiles, la maquinaria de la línea de producción. Si bien se solicitaron cotizaciones de equipos a varias empresas, para los cálculos de este trabajo, se adoptaron como precios los de aquellos proveedores que, en igualdad de

condiciones de venta y calidad, ofrecieron los precios más bajos. La tabla 19 detalla el costo de los activos fijos.

Para instalar la línea de producción se requiere un espacio físico total de 8,00 m x 7,10 m. Se estimó que una superficie de 56,80 m<sup>2</sup> es suficiente para el emplazamiento de la planta a ser ubicada en la zona de plantas piloto en el edificio de química de la universidad.

**Tabla 19.** Presupuesto de la inversión fija

Inversión	Cantidad	Unidad	Costo Unitario(\$)	Costo Total(\$)
Terreno	100	m <sup>2</sup>	0,00	Costo hundido
Planta tratamiento (15 equipos)	1	Und	8700,00	8700,00
Maquina lavado y llenado	1	equipo	2200,00	2200,00
Registro sanitario y autorización funcionamiento planta	1	Und	351,00	351,00
Equipos de laboratorio	1	Und	333,00	333,00
Obras civiles	40	m <sup>2</sup>	500,00	20 000,00
Instalación	1	servicio	500,00	500,00
<b>Total Inversión</b>				<b>32 084,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Depreciación de los activos y valor residual de la planta

Para amortizar la inversión fija se tomó una vida útil de 25 años para las obras civiles, 10 años para la maquinaria, las herramientas y las instalaciones. El terreno y el capital de trabajo no están sujetos a depreciación. La tabla F3 del anexo F detalla los valores a depreciar de los activos.

#### 4.1.3. Costos de operación y precio de venta del producto

Los costos de operación se estimaron a partir de las necesidades técnicas de los insumos, mantenimiento, mano de obra y sus respectivos precios. En el anexo F se muestran los cálculos de los costos anuales de materia prima e insumos y en el anexo G los costos de operación del proyecto tomando en cuenta el abastecimiento de trabajadores y al alumnado UDEP.

De los costos de operación el costo de mano de obra es el que representa mayor peso, alrededor del 80 %; le siguen los costos de insumos con el 12 % del costo total.

El valor venta del producto se fijó en S/. 6,20 nuevos soles/bidón.

#### 4.1.4. Evaluación económica tomando en cuenta el valor del dinero a través del tiempo

Para llevar a cabo la evaluación económica, el presente trabajo utilizó los indicadores que tradicionalmente se utilizan para evaluar proyectos de inversión: valor actual neto (VAN) y la tasa interés de retorno (TIR).

La tabla 20 muestra los ingresos esperados por el proyecto año tras año según el programa de producción y el flujo de fondos, bajo el supuesto que se venda todo lo que se produce a un precio unitario de S/. 7,50. Se muestra los ingresos y flujo de fondos que incluye el abastecimiento a los alumnos de UDEP.

**Tabla 20.** Flujo de fondos

Período	Inversión	Ingresos	Egresos	Deprec	Imp	Caja	V Resc.	Cred Fiscal	FF
0	32 084,00								
1		55 669,68	38 946,98	1 890,00	5 016,81	13 595,89			13 595,89
2		56 527,30	39 295,78	1 890,00	5 169,46	13 952,06			13 952,06
3		57 384,92	39 644,58	1 890,00	5 322,10	14 308,24			14 308,24
4		58 242,54	39 993,38	1 890,00	5 474,75	14 664,41			14 664,41
5		59 100,17	40 342,18	1 890,00	5 627,40	15 020,59			15 020,59
6		59 957,79	40 690,98	1 890,00	5 780,04	15 376,76			15 376,76
7		60 815,41	41 039,78	1 890,00	5 932,69	15 732,94			15 732,94
8		61 673,03	41 388,58	1 890,00	6 085,34	16 089,12			16 089,12
9		62 530,65	41 737,38	1 890,00	6 237,98	16 445,29			16 445,29
10		63 388,27	42 086,17	1 890,00	6 390,63	16 801,47			16 801,47
11		64 245,89	41 344,97	800,00	6 870,28	16 830,64			16 830,64
12		65 103,51	41 693,77	800,00	7 022,92	17 186,82			17 186,82
13		65 961,13	42 042,57	800,00	7 175,57	17 542,99			17 542,99
14		66 818,75	42 391,37	800,00	7 328,21	17 899,17			17 899,17
15		67 676,14	42 740,07	800,00	7 480,82	18 255,25	1 090,00	8 000,00	27 345,25

Fuente: Elaboración propia.

##### 4.1.4.1. Método del valor presente actual neto (VPN)

El valor presente neto conocido también como valor actual neto (VAN) se calcula usando la siguiente fórmula:

$$P = P \sum_{1}^{n} \frac{E}{(1 + TIR)^n} + \frac{VS}{(1 + TMAR)^n}$$

Donde:

P = Inversión inicial

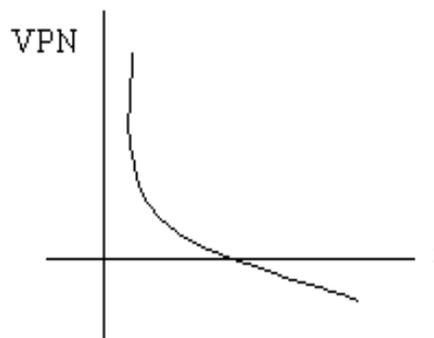
FNE = Flujo neto de efectivo del periodo n, o beneficio neto después de impuestos más depreciación

VS = Valor de rescate al final del período n

TMAR = Tasa mínima aceptable de rendimiento o tasa de descuento que se aplica para llevar a valor presente los FNE y el VS

Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.

La aceptación o rechazo de un proyecto depende directamente de la tasa de interés que se utilice. Por lo general el VPN disminuye a medida que aumenta la tasa de interés de acuerdo con la figura 39.



**Figura 39.** Valor presente neto

Fuente: Gestipolis. Evaluación de alternativas de inversión: análisis matemático y financiero de proyectos. (2001). Recuperado de:  
<http://www.gestipolis.com/canales/financiera/articulos/23/vpnpni.htm>

Realizando los cálculos necesarios tenemos que el VAN del proyecto toma un valor de **US\$ 103 606,17**.

#### 4.1.4.2. Método de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

El valor de la tasa interna de retorno se calcula usando la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum_{1}^{n} \frac{FNE_n}{(1+i)^n} + \frac{VS}{(1+i)^n}$$

Donde:

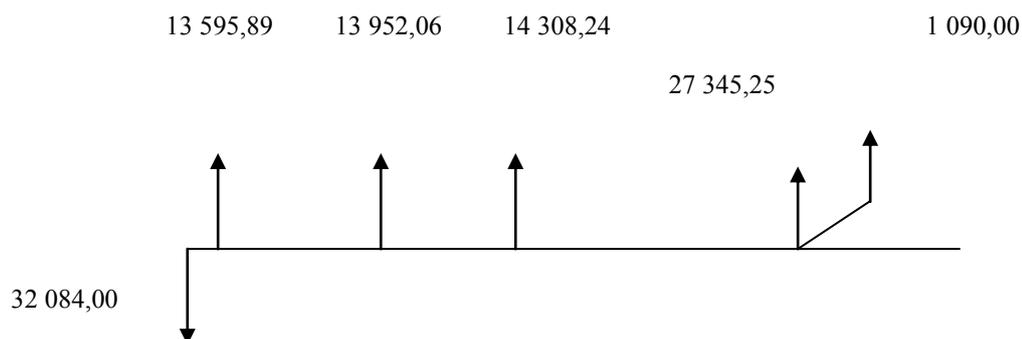
FNE = Flujo neto de efectivo del periodo n, o beneficio neto después de impuesto más depreciación.

VS = Valor de salvamento o rescate al final de periodo n.

i = Cuando se calcula la TIR, el VPN se hace cero y se desconoce la tasa de descuento que es el parámetro que se debe

calcular. Por eso la TMAR ya no se utiliza en el cálculo de la TIR.

La planta de tratamiento de agua tendrá un flujo de fondos igual a \$ 13 595,89 dólares el primer año, \$ 13 952,06 dólares el segundo año, etc. como muestra la tabla 21; al final de este tiempo, la planta podrá ser vendida en \$ 1 090,00. Si la inversión inicial es de \$32 084, cuál será la Tasa Interna de Retorno (TIR).



**Figura 40.** Flujo de fondos  
Elaboración propia

Se utiliza igual el método de interpolación y se resuelve la ecuación del VAN con tasas diferentes que la acerquen a cero.

- A. Se toma al azar una tasa de interés  $i = 44\%$  y se reemplaza en la ecuación de valor y nos dan un VAN = 488,46.
- B. Ahora se toma una tasa de interés más alta para buscar un valor negativo y aproximarse al valor cero. En este caso  $i = 45\%$  y se reemplaza en la ecuación de valor y nos da un valor de VAN = -258,93.

Ahora sabemos que el valor de la tasa de interés se encuentra entre los rangos del 44 % y 45 %, se realiza entonces la interpolación matemática para hallar el valor que se busca.

Se calcula el valor para la tasa de interés y se obtiene un valor igual a  $i = 44,648\%$ , que representa la tasa efectiva de retorno.

En resumen usando la siguiente tabla 21 que resume los criterios de aceptación al usar las técnicas de VAN y TIR.

**Tabla 21.** Criterios de aceptación

Técnica	Aceptación	Rechazo
VAN	$\geq 0$	$< 0$
TIR	$\geq \text{TMAR}$	$< \text{TMAR}$

Fuente: Blog tendencia finanzas. Finanzas. (2013). Recuperado de: <http://tendenciafinanzas.blogspot.com/>

De acuerdo a los resultados de los cálculos realizados y a la tabla anterior podemos concluir que se acepta el proyecto.

## **Capítulo 5**

### **Conclusiones y recomendaciones**

- Después de haber estudiado con detalle las diversas técnicas usadas en el tratamiento de agua de mesa podemos afirmar que la ósmosis inversa es una alternativa eficaz y de las mejores en el tratamiento que garantice un agua de mesa de buena calidad.
- La ósmosis inversa es actualmente la tecnología que proporciona la mejor calidad de agua tanto física, como química y microbiológica. Las membranas utilizadas eliminan bacterias, virus, pirógenos, sólidos inorgánicos entre 85 % - 95 % con un peso fórmula superior a 300 g/mol.
- Es necesario un tratamiento previo del agua de alimentación para evitar la obstrucción de las membranas de ósmosis inversa extendiendo así su vida útil. Las operaciones y procesos recomendadas para el agua de la UDEP son cloración, la filtración y el ablandamiento.
- Del estudio de mercado realizado podemos concluir que el mercado de agua de mesa está en pleno auge debido a que las personas muestran un mayor interés en su salud por lo que quieren consumir agua de mesa de calidad y están dispuestos a pagar por ella.
- Podemos afirmar dado que la tendencia de la proyección de la demanda futura de agua de mesa es ascendente que las expectativas con respecto al futuro del mercado de este producto son positivas.
- La capacidad de producción de la planta es suficiente para cubrir la demanda de trabajadores de la universidad y sobra capacidad, por lo que el análisis económico contempla cubrir al 30 % la demanda del alumnado de UDEP.
- Aún cubriendo al 30 % la demanda de alumnado de UDEP la planta cuenta con capacidad para ampliar la producción y además se tiene la alternativa de aumentar el número de membranas del equipo de ósmosis inversa lo que permitiría incrementar la producción de ser necesario.
- De acuerdo al análisis económico realizado donde se obtuvieron valores positivos para el VAN y una TIR mayor que la tasa de descuento podemos decir entonces que el

proyecto es viable y la universidad obtendrá un ahorro al producir el agua de mesa que consumirá dejando de comprar a terceros.

- El diseño de planta propuesto cumplirá con las normas vigentes: el Reglamento de Vigilancia Sanitaria, las buenas prácticas de manufactura, las normas ECA, para garantizar la producción de un agua de óptima calidad que cumpla con los estándares de calidad y no sobrepase los límites permisibles de contaminantes establecidos para el agua de consumo humano.
- Si comparamos el precio de compra de S/. 7,00 con el costo de producción unitario por bidón S/. 4,30 concluimos que el ahorro con el que se beneficiaría la UDEP en el primer año es de S/. 31 020.
- Según el flujo de caja del proyecto en el segundo año de producción estaríamos cubriendo la inversión en un 88 % y a mediados del tercer año de producción ya se habrá cubierto el total de la inversión.
- Si bien ya se ha puesto en marcha el proyecto de aguas superficiales PAS y en el sector donde se encuentra la Universidad de Piura ya están haciendo uso del agua tratada del PAS, la universidad no se abastece de la red pública de agua potable ya que cuenta con pozo de agua propio del cual se abastece y no se tiene pensado contratar los servicios de la EPS GRAU. Por lo tanto este proyecto (PAS) no tiene incidencia en las conclusiones del presente estudio.
- Es necesario para garantizar la calidad del agua de mesa que en la planta de tratamiento se cuente con sistemas de calidad como HACCP, gestión de calidad ISO 9001 y un sistema de gestión ambiental que permitan tomar acciones preventivas y correctivas que distingan nuestro producto de los demás que se producen en la región al mismo tiempo que se da ejemplo de cómo la industria puede ir de la mano con el cuidado del medio ambiente.
- Se recomienda ubicar la planta de tratamiento en la zona de plantas piloto del Laboratorio de Química de la UDEP, donde se cuenta con los requerimientos básicos y además se utilizaría con fines didácticos en los cursos de la carrera de ingeniería y afines.

## Referencias bibliográficas

- Agencia de protección ambiental de EE UU. (s.f.). *Agua*. Recuperado el 15 enero de 2014, de <http://www.epa.gov/espanol/aguafaq.htm>
- Agualab21. (2003). *Hechos y cifras: Agua embotellada*. México. Recuperado el 23 noviembre de 2013, de [http://www.agualab21.com/fuente/hechos/a\\_embotellada.html](http://www.agualab21.com/fuente/hechos/a_embotellada.html)
- AQUAAIR Equipos y soluciones para medio ambiente. (2004). *Suavisadores*. Chile: Aquaair. Recuperado el 4 julio de 2013 de <http://www.aquaair.cl/trataguas/a22.html>
- Barroso, R. (2004). *El agua envasada de tres de cada cien botellas vendidas en España procede del grifo*. Madrid: ABC. Hemeroteca. Recuperado el 12 enero de 2014, de [http://www.abc.es/hemeroteca/historico-05-03-2004/abc/sociedad/el-agua-envasada-de-tres-de-cada-cien-botellas-vendidas-en-esp%C3%B1a-procede-del-grifo\\_962270810734.html](http://www.abc.es/hemeroteca/historico-05-03-2004/abc/sociedad/el-agua-envasada-de-tres-de-cada-cien-botellas-vendidas-en-esp%C3%B1a-procede-del-grifo_962270810734.html)
- Buenas prácticas de manufactura en alimentos. (sin fecha). México: Universidad Autónoma de Yucatán. Recuperado el 12 enero de 2014, de <http://rhequipo2.wikispaces.com/file/view/04-04--buenas-practicas-de-manufactura.pdf>
- Centrum al dia Centro de negocios. (2009). *Mercado de bebidas*. Lima: Universidad Católica del Perú. Recuperado el 12 enero de 2014, de [http://www.centrum.pucp.edu.pe/centrumaldia/mercados/mercado\\_bebidas\\_2009.html](http://www.centrum.pucp.edu.pe/centrumaldia/mercados/mercado_bebidas_2009.html)
- Córdova, Erika. (2009). Grupo AJE. *Mercado de agua embotellada crecería 15% en 2009*. Lima: Diario La República. Recuperado el 12 enero de 2014, de <http://www.larepublica.pe/economia/06/04/2009/mercado-de-agua-embotellada-creceria-15-en-2009>
- Dirección General de Salud. (2005). *Norma de habilitación técnica para sistema HACCP*. Lima: R.M N° 482-2005 Ministerio de Salud. Recuperado el 13 octubre 2013, de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/proy\\_haccp.htm](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/proy_haccp.htm)

- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Tratamiento de Agua de Tomar*. Recuperado el 14 agosto de 2013, de [http://www.excelwater.com/esp/b2c/about\\_8.php](http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_8.php)
- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Técnicas de tratamiento comunes*. Recuperado el 14 agosto de 2013, de <http://www.excelwater.com/esp/b2c/techniques.php>
- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Purificación del agua por ósmosis inversa*. Recuperado el 14 agosto de 2013, de [http://www.excelwater.com/esp/b2c/water\\_tech\\_5.php](http://www.excelwater.com/esp/b2c/water_tech_5.php)
- Lenntech Water Treatment Solutions. (Sin fecha). *Ablandamiento del agua. Preguntas y respuestas*. Holanda: Universidad técnica de Delft. Recuperado el 13 de julio de 2014, de <http://www.lenntech.es/procesos/ablandamiento/preguntas-mas-frecuentes/faq-ablandamiento-agua.htm>
- Lupal, Myron. (Sin fecha). *Desinfección por luz UV*. Málaga: AQUAPURIF System. Recuperado el 20 enero de 2014, de <http://www.aquapurif.com/wp-content/uploads/Desinfecci%C3%B3n-UV.pdf>
- Ministerio de Salud. (2012). *Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas*. Lima. Recuperado el 16 de enero de 2014, de [ftp://ftp2.minsa.gob.pe/normaslegales/2012/RM907\\_2012\\_MINSA.pdf](ftp://ftp2.minsa.gob.pe/normaslegales/2012/RM907_2012_MINSA.pdf)
- Patriau, Enrique. (2005). *El mercado de agua de mesa ha crecido de modo extraordinario*. Lima: Revista Domingo La República. Recuperado el 12 enero de 2014, de <http://www.larepublica.pe/30-01-2005/agua-bendita>
- Propiedades del agua. (sin fecha). Repositorio de la Universidad de Navarra. Recuperado el 10 febrero de 2014, de [http://cmascript.unavarra.es/rid=1105967981593\\_597456092\\_825/PROPIEDADES%20DEL%20AGUA.doc](http://cmascript.unavarra.es/rid=1105967981593_597456092_825/PROPIEDADES%20DEL%20AGUA.doc)
- Roca Ruiz, Ana María. (2007). *Tipos de agua*. Puleva salud. Recuperado el 02 marzo de 2014, de [http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID\\_CATEGORIA=2621&RUTA=1-2-37-2717-2621](http://www.pulevasalud.com/ps/subcategoria.jsp?ID_CATEGORIA=2621&RUTA=1-2-37-2717-2621)
- Secretaría general de ISO en Ginebra, Suiza. (2012). *Sistemas de gestión de la calidad ISO 9001:2008-Requisitos*. Lima: publicado en Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor San Marcos. Recuperado el 16 de enero de 2014, de <http://farmacia.unmsm.edu.pe/noticias/2012/documentos/ISO-9001.pdf>
- Sociedad Nacional de Industrias. (2011). *Producción de agua embotellada creció más que la de bebidas gaseosas*. Lima: Radio Programas del Perú. Recuperado el 16 enero de 2014, de [http://www.rpp.com.pe/2011-01-30-produccion-de-agua-embotellada-crecio-mas-ue-la-de-bebidas-gaseosas-noticia\\_331873](http://www.rpp.com.pe/2011-01-30-produccion-de-agua-embotellada-crecio-mas-ue-la-de-bebidas-gaseosas-noticia_331873)
- Textos Científicos. (2007). *Ósmosis*. Recuperado el 20 de marzo de 2014, de [www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa](http://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa)

The Lima Consulting Group. (2009). *Determinación de las características del mercado de agua en bidones*. Lima. Recuperado el 17 de enero de 2014, de <http://www.osce.gob.pe/userfiles/archivos/INFORME%20AGUA%20BiDONES-031209.pdf>

Truque, Andrea. (sin fecha). *Armonización de los estándares de agua potable en las Américas*. Washington: Secretaría Ejecutiva de Desarrollo Integral. Organización de Estados Americanos. Recuperado el 12 de enero de 2014, de <https://www.oas.org/DSD/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>



## Bibliografía

- Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (2000). *Drinking water and health: What you need to know*. EEUU: Oficina del agua (4606) EPA815-f-00-005. Recuperado el 15 enero 2014 de <http://www.epa.gov/safewater/agua/crypto.html>
- Ahumada Theoduloz, Gerardo; Opazo Contreras, Ricardo. (2006). *Diseño e implementación planta piloto de tratamiento de agua potable con fines docentes*. Chile: Asociación interamericana de ingeniería sanitaria y ambiental. Recuperado el 12 octubre 2013, de [http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/CH02220\\_Ahumada\\_Theoduloz.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/CH02220_Ahumada_Theoduloz.pdf)
- Aurazo de Zuameta, Margarita. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Lima: Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 12 octubre de 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
- Balanco-Dickson, Greg. (2008). *Como preparar un exitoso plan de negocios*. México: Mc Graw Hill. 401p.
- Bartram, J; Corrales, L; Davison, A; Deere, D; Drury, D; Gordon, B; Howard, G; Rinehold, A; Stevens, M. (2009). *Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo*. Ginebra: Organización mundial de la salud. Recuperado el 16 de enero de 2014, de [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789243562636_spa.pdf)
- Becerra Rodríguez, Freddy. (Sin fecha). *Tipos básicos de distribución en planta*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 14 de julio de 2014, de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/distribucionproducto.htm>
- Boletín Alimentación sana. (sin fecha). *El agua es el nutriente más esencial y el primer líquido para la vida humana*. Argentina: Alimentación sana organización. Recuperado el 12 octubre de 2013, de <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/agua3.htm>

- Brooks, David. (2004). *Agua: manejo a nivel local*. Bogotá: Alfaomega. 77p.
- Cartwright, Peter. (sin fecha). *Tecnologías de pre tratamiento para ósmosis inversa y nanofiltración*. Arizona: Agua Latinoamericana. Recuperado el 04 de julio 2013, de [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Cartwright\\_V10N8.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Cartwright_V10N8.pdf)
- Clarke, Tony. (2003). *Agua embotellada para ricos: el negocio de las transnacionales*. Revista Rebelión Ecológica. Recuperado el 13 agosto 2013, de <http://www.rebellion.org/hemeroteca/ecologia/030702clarke.htm>
- Correa Díaz, Felipe. El impacto social y económico de la desalación de agua de mar. México: Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 13 de julio de 2014, de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2524/11.pdf>
- Cortés, Pablo. (2007). *Distribución en planta layout*. Sevilla: Grupo Ingeniería de Organización de Universidad de Sevilla. Recuperado el 22 setiembre 2013, de [http://io.us.es/componentes/P.Cortes/contenidos\\_OP/Layout.pdf](http://io.us.es/componentes/P.Cortes/contenidos_OP/Layout.pdf)
- Da Cruz, José. (2006). *Agua embotellada: signo de nuestro tiempo*. Montevideo: Observatorio de la Globalización. Recuperado el 04 julio de 2014, de <http://www.globalizacion.org/observatorio/ODGDaCruzAguaEmbotellada.pdf>
- Del Vigo, Fernando; Gallego, Silvia y Sepúlveda, Jaime. (sin fecha). *Soluciones al ensuciamiento de membranas en instalaciones de osmosis inversa*. Revista Agua Latinoamericana. Recuperado el 29 abril 2014, de [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V6N4\\_Nivel\\_II.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/V6N4_Nivel_II.pdf)
- Dirección General de Salud. (2005). *Norma de habilitación técnica para sistema HACCP*. Lima: R.M N° 482-2005 Ministerio de Salud. Recuperado el 13 octubre 2013, de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/proy\\_haccp.htm](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/proy_haccp.htm)
- Domínguez Machuca, José Antonio. (2005). *Dirección de operaciones*. Madrid: Mc Graw-Hill INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A. 503pp.
- Dunk, Duane. (sin fecha). *Señales para el futuro de la purificación del agua en punto de uso*. Arizona: Revista Agua Latinoamericana. Recuperado el 16 de enero de 2014, de [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Dunk\\_V12N10.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Dunk_V12N10.pdf)
- ELGA Lab Water. (sin fecha). *¿Cómo funciona el intercambio de iones?* Reino Unido. Veolia Water Technologies. Recuperado el 11 enero de 2014, de <http://www.elgalabwater.com/ion-exchange-es>
- Elga Lab Water. (sin fecha). *Resumen purificación de agua de laboratorio*. Reino Unido: Veolia Water Technologies. Recuperado el 15 de enero de 2014, de <http://www.elgalabwater.com/technologies-es>
- Equipos y laboratorio de laboratorio de Colombia. (2011). *Regeneración de resinas de intercambio iónico*. Medellín. Recuperado el 15 agosto de 2013, de [http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=1510](http://www.equposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=1510)

- Everett E, Adam Junior; Ronald J, Ebert. (1991). *Administración de la producción y las operaciones*. Cuarta Edición. Mexico: Prentice Hall. 739pp.
- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Tratamiento de agua de tomar*. Recuperado el 14 agosto de 2013, de [http://www.excelwater.com/esp/b2c/about\\_8.php](http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_8.php)
- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Técnicas de tratamiento comunes*. Recuperado el 14 agosto de 2013, de <http://www.excelwater.com/esp/b2c/techniques.php>
- Excel Water Technologies INC. (sin fecha). *Estándares para la Calidad del Agua Potable*. Recuperado el 10 de enero de 2014, de [http://www.excelwater.com/esp/b2c/about\\_6.php](http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_6.php)
- Fernández, Jorge; Labarta, Fernando. (2009). *Como crear una marca: manual de uso y gestión*. Córdoba: Almuzara. 288pp.
- Fundación Wikimedia. (2013). *Desalinización*. San Francisco: Wikipedia. Recuperado el 19 de mayo de 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Desalaci%C3%B3n>
- Gatti, Daniel. (2006). *El pingüe y turbio negocio del agua embotellada*. Montevideo: Radio y Tv Indymedia colombiana. Recuperado el 13 agosto 2013, de [http://www6.rel-uita.org/sectores/bebidas/negocio\\_agua\\_embotellada.htm](http://www6.rel-uita.org/sectores/bebidas/negocio_agua_embotellada.htm)
- Guerrero, D; Cáceres, E; Artadi, J; Caminati, A; Caqui, R; Estrada, M; Gutierrez, P. (2012). *Evaluación comparativa de dos sistemas de purificación de agua para consumo en la Universidad de Piura*. Piura: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura.
- Granados, Fernando. (sin fecha). *Manual de buenas prácticas de higiene y sanidad. GRACAT*. Recuperado el 10 julio de 2014, de <http://www.gracat.com/academico/Cd%20Control%20de%20calidad/Archivos/MANUAL%20DE%20BUENAS%20PRACTICAS.doc>.
- Gutierrez, Zaida; Cale, Henry. (2010). *Plan de negocios para agua embotellada para ETAPA*. [en línea]. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 04 julio de 2013, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1289/17/UPS-CT002232.pdf>
- Hair, Joseph. (2010). *Investigación de mercados: en un ambiente de información digital*. México D.F.: Mc Graw Hill. 421p.
- Hidritec. (2011). *Desalación y filtración con membranas*. Asturias. Recuperado el 15 agosto de 2013, de <http://www.hidritec.com/hidritec/desalacion-y-filtracion-con-membranas>
- Linda A, Cyr. (2009). *Crear un plan de negocios: desafíos del día a día*. Santiago de Chile: Impact Media Comercial. 123pp.

- Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de agua. (sin fecha). *Desinfección y métodos de desinfección del agua*. Recuperado el 15 enero de 2014, de <http://filtrosyequipos.com/GUEST/sanitaria/desinfeccion5.pdf>
- Instituto de desarrollo de la pequeña y mediana Industria Venezuela. (sin fecha). *Manual básico para la formulación de procesos socioproductivos*. [en línea]. Caracas: Ministerio de Poder Popular de Industrias. Recuperado el 10 octubre de 2013, de [http://www.inapymi.gob.ve/documentos/Manual\\_Proyectos\\_INAPYMI.pdf](http://www.inapymi.gob.ve/documentos/Manual_Proyectos_INAPYMI.pdf)
- Jaramillo Cazco, Cristian Nikolay. (2010). *Desinfección del agua para consumo humano*. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Quito: Biblioteca digital de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador. Recuperado el 04 de julio 2013, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2134/1/CD-2893.pdf>
- Kemmer, Frank. (1994). *Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. México: Mc Graw Hill, 1994. 3 tomos. 790pp.
- La onda verde de Natural Resources Defense Council. (2007). *El agua embotellada. Preguntas frecuentes sobre su calidad*. California. Recuperado el 13 julio de 2014, de <http://www.nrdc.org/laondaverde/water/drinking/qbw.asp>
- Lenntech Water Treatment Solutions. (sin fecha). *Ablandamiento del agua. Preguntas y respuestas*. Holanda: Universidad Técnica de Delft. Recuperado el 13 de julio de 2014, de <http://www.lenntech.es/procesos/ablandamiento/preguntas-mas-frecuentes/faq-ablandamiento-agua.htm>
- Lenntech Water Treatment Solutions. (sin fecha). *Micro y ultrafiltración*. Holanda: Universidad Técnica de Delft. Recuperado el 13 de julio de 2014, de <http://www.lenntech.es/micro-y-ultra-filtracion.htm>
- Lenntech Water Treatment Solutions. (sin fecha). *Pre tratamiento de desalación*. Holanda: Universidad técnica de Delft. Recuperado el 13 de julio de 2014, de <http://www.lenntech.es/procesos/mar/pretratamiento/general/desalacion-pretratamiento.htm#ixzz0n6eolRX8>
- Lenola Alarcón, Leonardo. (sin fecha). *Diseño de plantas industriales localización de la planta y determinación de tamaño óptimo*. Venezuela: Web del profesor de la Universidad de los Andes. Recuperado el 14 de julio de 2014, de [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/leonardo/MatApoyo/Dise%F1oI/Dise%F1o\\_Plantas\\_I\\_Presentaci%F3n\\_4.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/leonardo/MatApoyo/Dise%F1oI/Dise%F1o_Plantas_I_Presentaci%F3n_4.pdf)
- Maximixe Consult SA. (2008). *Informe de mercado agua embotellada abril 2008*. Lima. Recuperado el 12 de enero de 2014, de <http://www.maximixe.com/ie/archivos/Agua%20embotellada%20Ficha-Abr08.pdf>
- Mc Morry, Jhon. (2009). *Química General*. México D.F.: Pearson Educativa. 1139pp.
- Merrick, Loren. (2003). *Agua embotellada: un manual para operaciones adecuadas*. Arizona: Agua Latinoamericana. Recuperado el 17 marzo de 2014, de <http://www.agualatinoamerica.com/column.cfm?T=W&ID=111>

- Monterroso, Elda. (2003). *Normas ISO*. Luján: Universidad de Luján-Argentina. Recuperado el 19 de marzo de 2014, de <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/normasiso.htm>
- Muniesa, Javier. (sin fecha). *Agua embotellada líder en ventas en el año 2015*. Navarra: Gastronomía y Cía blog. Recuperado el 15 agosto de 2013, de <http://www.gastronomiaycia.com/2013/04/29/agua-embotellada-lider-de-ventas-en-el-ano-2015/>
- Price, Michael. (2008). *Agua subterránea*. México: Limusa. 341pp.
- NALCO. (1996). *Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. Tomo I y II. México D.F.: Mac Graw-Hill., 1996. 100pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (sin fecha). *Anteproyecto de código de prácticas de higiene para el agua embotellada*. Informe del Comité de Codex sobre Higiene de los Alimentos. Recuperado el 13 agosto 2013, de <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/W3700S/w3700s0g.htm>
- Palma Lama, Juan Ricardo. (1998). *Planeamiento de Procesos*. Piura: Escuela de Dirección de la Universidad de Piura Área de Dirección de Operaciones de la Producción. 31p.
- PRODUCE. (sin fecha). *Descripción del subsector de bebidas*. Recuperado el 12 enero de 2014, de <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/SECTPERFMAN/1542.pdf>
- Química del agua. (sin fecha). *Regeneración de resinas*. AQUATRACTA. Recuperado el 13 agosto de 2014, de <http://www.quimicadelagua.com/Conceptos.Tratamientos.Descalcificacion.5.html>
- Raymond Chang. (2006). *Principios esenciales de química general*. España: Mc Graw Hill. 725pp.
- Ramírez Quiroz Francisco. (sin fecha). Control de calidad del agua destinada para consumo humano. El agua potable. Recuperado el 16 de enero de 2014, de <http://www.elaguapotable.com/CONTROL%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DESTINADA%20AL%20CONSUMO%20HUMANO.pdf>
- Revista Digital Plástico. (2006). *Agua embotellada: corren buenos tiempos para los fabricantes de refrescos y bebidas saludables*. España: Interempresas. Recuperado el 14 de noviembre de 2014, de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/13015-Corren-buenos-tiempos-para-fabricantes-agua-embotellada-refrescos-bebidas-saludables.html>
- Romero Rojas, Jairo Alberto. (1999). *Potabilización del agua*. México DF: Alfaomega.
- Sheppard, Powell. (1998). *Manual de aguas para usos industriales Vol.1*. México: LIMUSA, 1998. 311p.

- Sólo mantenimiento. (sin fecha). *Tratamiento de agua con luz ultravioleta*. Recuperado el 24 de febrero de 2014, de <http://www.solomantenimiento.com/articulos/tratamiento-agua-ultravioleta.htm>
- Solsona, Felipe. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Swiss info. (2003). *Agua Embotellada un mercado en pleno auge*. [en línea]. Chile. Recuperado el 24 febrero de 2014, de <http://origin.swissinfo.ch/spa/agua-embotellada-un-mercado-en-pleno-auge/3208232>
- Tebbut, T.H.Y. (1990). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. México DF: Limusa.
- Tironi Asociados. (2006). *Perú: Agua Cielo mantiene liderazgo con 45%*. Lima: Informativo Alimentaria online. Recuperado el 15 enero de 2014, de <http://alimentariaonline.com/2006/06/01/peru-agua-cielo-mantiene-liderazgo-en-sector-con-45-por-ciento/>
- Toledo Ocampo Cavalié, Jorge. P (1999). *Estudio para la instalación de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano en la Universidad de Piura*. Tesis (Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura.
- Torres, Patricia; Hernán, Camilo; Patiño, Paola. (2009). *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. [en línea]. Medellín: Revista ingenierías Universidad de Medellín. Recuperado el 19 de abril de 2014, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242009000300009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009)
- Tratamiento de agua por procesos de membrana: principios, procesos y aplicaciones*. (1998). Madrid: Mc Graw Hill Interamericana. 837 p.
- Universidad de Piura. (sin fecha). *Distribución en planta*. Universidad de Piura. Nota técnica P-NT-31. 55 p.
- Water Re-use Promotion Center. (1977). *Tecnología de la desalinización en Japón*. Japón: Three I Publicaciones. 71 p.

## **Anexos**



## **Anexo A**

**Relación de Normas Técnicas Peruanas NTP  
referentes a la calidad y tratamiento del agua**



- **NTP 214.003:1987** AGUA POTABLE. Requisitos
- **NTP 214.014:1988** AGUA POTABLE. Determinación de cianuro. Método del electrodo de ion selectivo (Método de rutina)
- **NTP 214.015:1987** AGUA POTABLE. Determinación de bario. Método espectrofotométrico de absorción atómica
- **NTP 214.017:1988** AGUA POTABLE. Determinación de nitratos. Método de reducción con Cadmio (Método de referencia)
- **NTP 214.019:1988** AGUA POTABLE. Determinación de cianuro. Método colorimétrico (Método de referencia)
- **NTP 214.021:1988** AGUA POTABLE. Determinación de cloruros. Método Argentométrico
- **NTP 214.022:1988** AGUA POTABLE. Determinación de sulfatos. Método gravimétrico (Método de Referencia)
- **NTP 214.025:1990** AGUA POTABLE. Determinación del pH. Método potenciométrico
- **NTP 214.005:1987** AGUA POTABLE. Toma de muestras
- **NTP 214.006:1999** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de turbiedad. Método nefelométrico. 2a edición
- **NTP 214.007:1999** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de color. Método de comparación visual. 2a edición
- **NTP 214.011:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de hierro. Método espectrofotométrico de la fenantrolina. 2a edición
- **NTP 214.018:1999** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la dureza. Método volumétrico con EDTA. 2a edición
- **NTP 214.026:1999** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la alcalinidad. Método volumétrico
- **NTP 214.008:2002** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de arsénico. Método de dietilditiocarbamato de plata. 2a. edición
- **NTP 214.029:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de pH. Método electrométrico
- **NTP 214.030:2001** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de cloro residual. Método colorimétrico DPD
- **NTP 214.031:2001** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes totales. Método de filtración por membrana
- **NTP 214.032:2001** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de coliformes termotolerantes. Método de filtración por membrana
- **NTP 214.033:2002** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Detección y recuento de colonias heterotróficas. Método de filtración por membrana
- **NTP 214.009:2002** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación del sabor. Método del umbral del sabor. 2a. edición

- **NTP 214.010:2002** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de manganeso. Método espectrofotométrico del persulfato
- **NTP 214.023:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de sulfatos. Método turbidimétrico. 2a edición
- **NTP 214.026:1999** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de la alcalinidad. Método volumétrico
- **NTP 214.027:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de fosfatos. Método espectrofotométrico del ácido ascórbico
- **NTP 214.016:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de nitratos. Método espectrofotométrico 2a. edición
- **NTP 214.020:2000** AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Determinación de cloruros. Método volumétrico del nitrato mercuríco. 2a edición
- **NTP 311.337:2004** PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Dióxido de cloro
- **NTP 350.111:2001** DIMENSIONES DE LAS CONEXIONES FABRICADAS PARA TUBOS QUE CONDUCEN AGUA
- **NTP 350.113-1:2001** COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 1: Requisitos generales
- **NTP 350.113-2:2001** COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 2: Requisitos para los materiales de barrera
- **NTP 350.113-3:2001** COMPONENTES DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Efectos sobre la salud. Parte 3: Evaluación de materiales/productos. Materiales de barrera.
- **NTP 311.024:1971** ENSAYOS PARA AGUA. Medida electrométrica del pH con electrodo de vidrio
- **NTP ISO 7393-2:2002** CALIDAD DE AGUA. Determinación de cloro libre y cloro total. Parte 2: Método colorimétrico para control de rutina usando N,N-dietil-1,4fenilendiamina (DPD)

**Anexo B**  
**Solicitud de cotizaciones**



Plura, 28 de octubre de 2014

Estimados Señores:

Por medio de la presente hacemos de sus conocimiento que la Universidad de Piura- Campus Piura está evaluando la posibilidad de autoabastecerse con agua de mesa para consumo de su personal y alumnado,

Por ese motivo mucho les agradeceré alcanzarme una propuesta técnica y económica de equipamiento que permita obtener 400 GPD de agua de mesa envasada en bidones de 20 litros a partir de nuestro pozo cuyo análisis es el siguiente:

Determinación	Valores
pH	7,80
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	2426
Turbidez (NTU)	2,5
Color aparente (uc)	24,8
Cloruros (ppm)	692
Dureza ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ )	422
Sólidos totales disueltos (ppm)	1457
Nitratos (ppm)	N.D.
Sulfatos (ppm)	102
Sodio (ppm)	471
Potasio (ppm)	6
Calcio (ppm)	100
Magnesio (ppm)	20
Manganeso (ppm)	< 0,008
Hierro (ppm)	< 0,039
Cobre (ppm)	< 0,032
Zinc	< 0,018
Coliformes totales (NMP/100mL)	2
Coliformes fecales (NMP/100mL)	2
Recuento total de mesófilos (ufv/mL)	50

N.D. = No detectable

Detallar en su propuesta lo siguiente:

- A) Los siguientes equipos: Sistema hidroneumático (electrobomba, tanque hidroneumático y tanque de almacenamiento), bomba dosificadora de cloro, filtro de carbón, filtros plisados de 5micras, filtros de sedimentos de 1 micras, ablandador automático, equipo de

---

osmosis inversa, esterilizador UV, ozonizador, tablero de control, máquina de lavado y envasado de bidones.

- B) Esquema de la planta de tratamiento y envasado incluyendo procedimiento de lavado de bidones
- C) Dimensiones de cada uno de los equipos pues tenemos limitaciones de espacio
- D) Requerimiento de espacio físico para la instalación
- E) Costos de la planta incluida su instalación en campus Piura
- F) Requerimiento de caudal de abastecimiento, presión, energía, voltaje (monofásico)
- G) Costos de operación y mantenimiento (piezas de recambio e insumos)
- H) Costos de capacitación al personal que laborará en planta
- I) Disponibilidad de equipos y plazo de entrega

Sin otro particular agradecemos de antemano la atención brindada al presente.

Un cordial Saludo



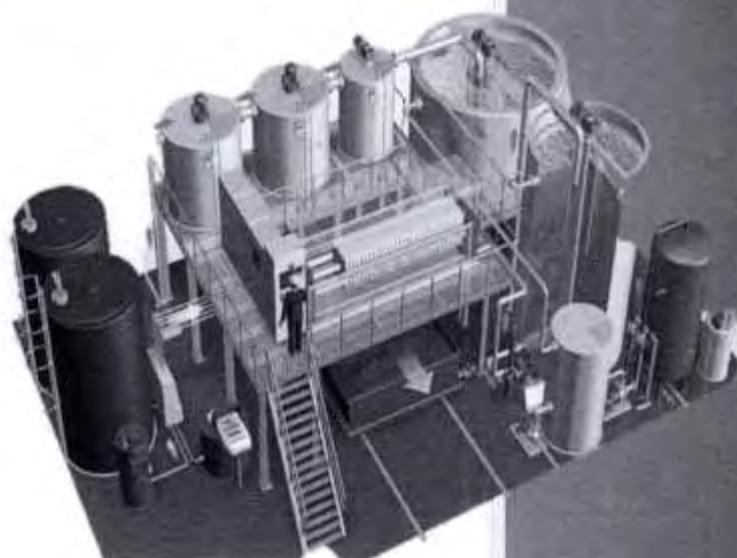
Florencia Semino Zelada

**Anexo C**  
**Cotizaciones de proveedores**





PHA 1188 COTIZACION DE PLANTA MODELO COMERCIAL DE 80  
BIDONES POR DIA



PREPARADO PARA:



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

**Mega & Ozono SAC**

Av. Aviación 2468 Of. 403 - Lima

Telefax: (511) 225-6117

E-mail: info@megaozono.com

www.megaozono.com

henry.arboleda@megaozono.com



Lima, 18 de Noviembre del 2014.

**EMPRESA:**  
UNIVERSIDAD DE PIURA

**Atención** : Fiorella Semino Zejada  
**Dirección** : Calle Mártir José Olaya 162  
**Teléfono** : 969669664  
**Correo** : francческа18@gmail.com

Presente -

Estimada Srta. Fiorella Semino:

Esta oferta define el sistema de tratamiento de agua para llenado de bidones, con los equipos cotizados para un sistema de tratamiento adecuado en cuanto a filtración (purificación), filtro multimedia automático, filtro de carbón activado automático, osmosis inversa y desinfección con equipos Ultravioleta y ozono, para un consumo diario de 70- 80 bidones por día, flujo de operación de hasta 2 gpm.

El diseño de las plantas, está avalada por nuestra experiencia de 15 años en el tratamiento de aguas, lo que da como resultado la selección de tecnología confiable y comprobada para todos nuestros clientes, permitiendo proyectar nuestra empresa en forma consolidada y sustentable en el tiempo.

Sobre la base de la confiabilidad de los diseños de ingeniería realizados por Mega & Ozono S.A.C. manteniéndose los parámetros de diseño, nuestra empresa contempla una garantía de un año del performance de la planta.

Sin otro particular y esperando su buena acogida, quedamos de ustedes.

Atentamente.

**Ing. Henry Arboleda Saavedra**  
**Dpto. De Ingeniería**



## DESCRIPCION DEL SISTEMA

Esta planta le permite llenar entre 80 Bidones por día.  
Los parámetros como máximo a trabajar son los siguientes:

Parámetros	
Dureza	430 ppm
Cloruros	692 ppm
Cloro residual	0.5 a 1.0 ppm
STD	1457 ppm
Conductividad	2426 $\mu\text{s/cm}$
pH	7,8

El mantenimiento es cada 4 meses aproximadamente,  
Se requiere que el agua que ingrese al sistema tenga un residual de cloro 0.5 ppm a 1.0 ppm, para evitar proliferación de bacterias, lo cual se cotiza una bomba dosificadora de cloro.

## COMPONENTES

### 1. 01 ELECTROBOMBA DE ACERO INOXIDABLE.

Marca: Pentax.  
Potencia: 1 HP



### 2. 01 TANQUE HIDRONEUMATICO.

Marca: Maxivarem.  
Capacidad: 60 litros

### 3. 01 BOMBA DOSIFICADORA DE CLORO.

Marca: Seko.  
Capacidad: 2 LPH

#### INCLUYE:

Tanque de polietileno de 100 litros



### 4. (2) FILTRO PLISADO DE POLIPROPILENO

Marca : Ozonomic  
Modelo : 4.5 X 20  
Porosidad : 1 micra





#### 5. 01 FILTRO MULTIMEDIA AUTOMATICO

Marca : Pentair  
 Modelo : MM -1.0 pie<sup>3</sup> Performa por tiempo 263/740  
 Capacidad : 1 pie<sup>3</sup>

Retrolavado automático por tiempo



#### 6. 01 FILTRO DE CARBON ACTIVADO AUTOMATICO

Marca : Pentair  
 Modelo : GAC-1.0 pie<sup>3</sup> Performa por tiempo 263/740  
 Capacidad : 1 pie<sup>3</sup>

Retrolavado automático por tiempo

#### 7. ABLANDADOR AUTOMATICO POR TIEMPO

Marca : Pentair  
 Modelo : WS-2.0 pie<sup>3</sup> Performa por tiempo 268/740  
 Capacidad : 1 pie<sup>3</sup>

Regeneración automática por tiempo

##### INCLUYE:

01 Válvula automática PERFORMA por tiempo 268 /740  
 01 tanque de fibra de vidrio reforzado con polietileno 12" x 48"  
 2 pie<sup>3</sup> de resina catiónica  
 8 kg. De grava de cuarzo.  
 01 tanque salmuera.  
 Kit de válvulas para el tanque salmuera.  
 Toberas superior e inferior.





### 8. 01 EQUIPO OSMOSIS INVERSA.

MARCA : OZONOMATIC  
 MODELO : M2-750  
 Capacidad : 750 GPD

#### PARAMETROS DE OPERACIÓN

Presión de Operación 180 - 220 PSI  
 Máximo recupero 75%  
 Rechazo Nominal 95-98%  
 Temperatura de Operación 55-85 °F (13 - 30 °C)  
 Presión mínima de alimentación 30 PSI



### 9. 01 EQUIPO ULTRAVIOLETA.

Marca : Sterilight.  
 Capacidad : 5 GPM



### 10. 01 EQUIPO GENERADOR DE OZONO.

Marca: Ozonomatic.  
 Modelo: OZA-500.  
 Dosificación de ozono: 0.5 g/h  
**Incluye:** Venturi 1/2 " y válvula check de 1/2"



### 11. TANQUE DE POLIETILENO DE 1100 LITROS ARENADO

Material : Polietileno  
 Marca : Rotoplast  
 Color : Arenado  
 Capacidad : 1100 litros

### 12. LAVADORA - ENVASADORA

Material : Acero Inoxidable  
 Marca : Ozonomatic.  
 Velocidad : 5-7 bidones por hora  
 Potencia de la bomba : 0.5 HP.  
 Mesa de lavado inox : 1 und.  
 Aspersores : 2 Unds.  
 Mesa de llenado inox : 1 und.  
 Válvula solenoide : 1 und.  
 Filtro de sedimentos : 1 und.



## DIAGRAMA DE PLANTA



### Legenda:

1. Tanque de almacenamiento de agua 1100 L.
2. Electrobomba 1.0 HP Inox.
3. Tanque Hidroneumático de 60 L.
4. Filtro multimedia automático de 1 pie<sup>3</sup>.
5. Filtro de carbón activado automático de 1 pie<sup>3</sup>.
6. Ablandador automático de 2 pies<sup>3</sup>.
7. Válvula solenoide de 1"
8. Filtro de sedimentos plisado de 1 micra.
9. Equipo de osmosis inversa de 750 GPD.
10. Equipo ultravioleta.
11. Equipo ozono agua.
12. Push bottom.
13. Tablero eléctrico.
14. Lavado y llenado de bidones semiautomático.

**Nota:** la bomba dosificadora de cloro está considerada antes de la entrada de agua al tanque de almacenamiento, para una mayor desinfección.



Imagen referencial del sistema de tratamiento de agua por bidones



### **SUPERVISION DE PUESTA EN MARCHA**

La supervisión de la puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua, será realizada por un personal de nuestra empresa – Mega & Ozono S.A.C.

La supervisión de puesta en marcha de la planta se realizara por 2 días.

Para iniciar la supervisión, la planta deberá de estar ya instalada en el campamento para asegurar el abastecimiento de agua y así poder realizar la puesta en marcha de la planta.

### **REACTIVOS PARA ARRANQUE Y OPERACIÓN POR UN MES**

El reactivo a utilizar, solo será Hipoclorito de Sodio al 7.5%, esto es para la desinfección del agua.

Presentación del Hipoclorito de Sodio es en bidones de 20 Kg.

Se considerara utilizar 1 bidones de hipoclorito de sodio, tanto para el arranque de operación.

Este hipoclorito será diluido para su dosificación, en concentraciones recomendadas de acuerdo a la supervisión que se realice.

### **REQUERIMIENTOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS:**

El cliente deberá proveer los materiales necesarios hasta nuestra Planta de tratamiento.

- ✓ Un Punto de Agua.
- ✓ Un Punto de Desagüe.
- ✓ Energía Eléctrica de 220 V monofásico.
- ✓ Un ambiente protegido de la intemperie de 5.0 x 4.0 m, para la instalación de los equipos.



## **MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

El mantenimiento de la planta de tratamiento se efectuara de la siguiente Manera:

### **Sistemas de Filtración**

Los elementos de filtración del sistema se cambiara cada 4 meses aproximadamente:

**Costo por 1 filtro es de: US\$ 70.00 + IGV.**

### **Membranas del osmosis inversa**

Las membranas del osmosis es necesario como recomendación cambiarlo cada 12 meses:

**Costo por las 2 membranas de: US\$ 620.00 + IGV.**

### **Sistemas de Esterilización**

El sistema de ultravioleta requiere un mantenimiento anual, el cual consta de un cambio de lámpara una vez al año.

**Costo es de: US\$ 120.00 + IGV**

### **Sistema de Ozonización**

El sistema de ozonización, requiere de mantenimiento cada seis meses el cual consta de un cambio de componentes electrónicos.

**Costo es de: US\$ 50.00 + IGV.**

## **GARANTIA:**

La garantía de fábrica es por 1 año y los términos de la misma está referida al equipo y sus componentes, los que operaran bajo las condiciones y recomendaciones técnicas de Mega & Ozono S.A.C.®, las cuales no pueden ser alteradas.

Durante el término de la garantía de fábrica será Mega & Ozono S.A.C, la responsable de efectivizar y atender cualquier reclamo, así como de brindar el servicio técnico y de repuestos, durante toda la vida útil del equipo, de manera tal que se posibilite la eficiente operación del mismo.



## CONDICIONES DE COMERCIALIZACION

### Precio:

El precio que se indica es en US\$ (Dólares Americanos) y **NO INCLUYE EL IGV.**

<b>PLANTA PARA BIDONES</b>	<b>: US\$. 8 700.00 + I.G.V.</b>
----------------------------	----------------------------------

<b>ENVASADORA Y LAVADORA INOX</b>	<b>: US\$. 2 200.00 + I.G.V.</b>
-----------------------------------	----------------------------------

### Incluye:

Instalación, accesorios.  
Capacitación.  
Manual de operaciones.  
Asesoramiento total.

### No Incluye:

Transporte de equipos (la entrega es en nuestros almacenes en lima).  
Obras civiles  
Montaje fuera de línea.

## CONDICIONES GENERALES

Tiempo de entrega	: 15 días útiles a partir de recibida su O/C.
Validez de la Oferta	: 15 días.
Instalación	: 03 días.
Forma de pago	: 50% de adelantado y 50% contra entrega en nuestros almacenes.

A la espera de su pronta respuesta, quedamos de ustedes.

**Ing. Henry Arboleda Saavedra**  
Dpto. De Ingeniería



### GASTOS ADICIONALES

La venta de estos ítems se efectuara directamente con los proveedores de cada artículo, ya que para su entidad será más económico. Nuestra empresa le va a brindar los números telefónicos de cada proveedor, con los costos de cada artículo.

Item	Artículo	Proveedor	Teléfono
1	Bidones de agua	Pbex	348-3835
2	Tapas	Pbex	348-3835
3	Termocontraibles	Termocontraibles del Perú S.A.	421-1028
4	Etiquetas	Grafica Castellano	254-4279

**Nota:** La renovación de los bidones seria cada tres años.

#### Bidones y tapas

Plásticos Básicos De Exportación SAC.  
 Dirección: Av. La Arboleda 431 urb. Santa Raquel – Ate Vitarte.  
 Telf: 348-3184 / 349-7015  
 Fax: 348-3835  
 Contacto: Srta. Rossy  
 Mail: ventas@pbex.com.pe

#### Los Termocontraibles

Termocontraibles Del Perú SA.  
 Dirección: JR. DOMINGO CASANOVA NRO. 357 LIMA - LIMA - LINCE  
 Costo: \$ 23 + I.G.V cada millar (aceptan solo a partir de 5 millares)

#### Etiquetas

Graficastellanos  
 RUC: 20505448261  
 Telf.: 254-4279 / 99793-4729  
 Contacto: Jaime Castellanos  
 Mail: j.castellanos@speedy.com.pe  
 Stickers tamaño 19 x 1.0 cm, estuche adhesivo removible (5000 unidades)



**COT-697-2014-RC**  
Lima, 05 de Noviembre de 2014

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

Contacto: Srta. Fiorella Semino Zelada

E-mail: [francesca18@gmail.com](mailto:francesca18@gmail.com)

Teléfono: 969.669.664/RPM: \*247865

Presente.-

Me es grato dirigirme a usted con la finalidad de hacerle llegar la cotización de 01 Planta de Agua de Mesa de 400 GPD

Nuestra propuesta económica incluye lo siguiente:

**ITEM 01: TANQUE DE CLORACIÓN**

Marca: ETERNIT

Capacidad: 600 L

Diámetro: 1,110 mm

Altura: 969 mm

Cantidad: 01 Unidad

**ITEM 02: DOSIFICADOR DE CLORO (PRE-CLORACIÓN)**

**(Elimina bacterias presentes en el agua, esta dosificación es un pre- tratamiento)**

**CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN**

Producto recomendado : Solución Hipoclorito de Sodio al 7.5%

Dosificación Producto/Agua : Hasta 3.0 ppm en línea

**BOMBA DOSIFICADORA**

Marca : ACQUATRON

Modelo : FMA0705

Material : Polipropileno

Suministro Eléctrico : 220 V/60 Hz/1

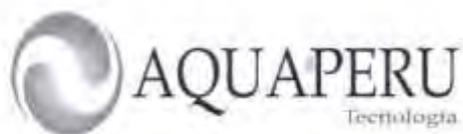
Presión máxima de trabajo : 71 PSI

Caudal : 7.0 LPH

Incluido 01 tanque de 120 L para el almacenamiento de la solución de hipoclorito de sodio al 7.5%.

Cantidad: 01 Unidad

Calle Tutupaca # 151 Urb: Maranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Telf.: (51) 490-6625 / (51) 451-5850  
Nextel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: [ventas@aquaperu.net](mailto:ventas@aquaperu.net) Web: [www.aquaperu.net](http://www.aquaperu.net)



#### **ITEM 03: SISTEMA HIDRONEUMÁTICO**

##### **(Sistema de presurización, adecuado a nuestros equipos)**

01 Sistema Hidroneumático que incluye bomba y accesorios (manómetro, manguera de acero, válvula check, presostato)

##### **TANQUE DE PRESIÓN SELECCIONADO**

Material de tanque seleccionado	: Fierro con pintura inoxidable
Marca	: VAREM
Capacidad	: 60 litros
Conexión al sistema	: 1" NPT
Presión de Trabajo (máx.)	: 125 psi

##### **BOMBA MULTIETAPICA (CUERPO ACERO INOXIDABLE)**

Marca	: Pentax
Modelo	: U3S-120/3T
Caudal	: 30-150 LPM
Conexiones Entrada/Salida	: 1" x 1"
Potencia	: 1.2 HP
Suministro Eléctrico	: 220-380 V/60 Hz/3

Cantidad: 01 Unidad

#### **ITEM 04: FILTRO CARBON ACTIVADO 5 MICRAS**

##### **Características:**

- 01 Porta filtros 4.5 x 10 de conexión 1"
- 01 filtro de Carbón en Bloque 4.5 x 10 de 5 micras

Cantidad: 02 Unidades

#### **ITEM 05: FILTRO PULIDOR 5 MICRAS**

##### **Características:**

- 01 Porta filtros 4.5 x 10 de conexión 1"
- 01 filtro plisado 4.5 x 10 de 5 micras

Cantidad: 02 Unidades

Calle Tutupaca # 151 Urb. Maranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Telf: (51) 498-6625 / (51) 451-5859  
Nextel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: ventas@aquaperu.net Web: www.aquaperu.net



**ITEM 06: FILTRO PULDOR 1 MICRA**

**Características:**

01 Porta filtros 4.5 x 10 de conexión 1"  
01 filtro de sedimentos 4.5 x 10 de 1 micra

Cantidad: 02 Unidades

**ITEM 07: ABLANDADOR AUTOMATICO**

Marca: PENTAIR

Modelo: WS-1.0 PIES<sup>3</sup> PERFORMA 268/760 POR VOLUMEN

**INCLUYE:**

Válvula Performa Logix 268/760 con adaptadores de 1",  
01 Tanque de polietileno reforzado con fibra de vidrio de 9" x 48"  
1,0 pies<sup>3</sup> de Resina Catiónica  
4 Kg de Grava de Cuarzo  
01 Tanque de Salmuera  
Kit completo de válvula salmuera

Cantidad: 01 Unidad

**ITEM 08: EQUIPO ULTRAVIOLETA PARA AGUA**

Tiene por finalidad eliminar la carga bacteriana del agua a tratar.

Marca : VIQUA  
Modelo : SC4/2, Serie Cooper  
Capacidad : 2.8 GPM @ 40 MJ/CM2, Normas NSF/EPÀ  
Carcasa : Acero Inoxidable 304  
Lámpara : 14 WATTS  
Conexiones : 3/8" FNPT/1/2" MNPT  
Presión Max. : 125 PSI

**Incluye:**

Balastro que registra la cantidad de horas prendidas de la lámpara

Cantidad: 02 Unidades

**ITEM 09: SISTEMA DE OSMOSIS DE 1500 GPD**

Marca: AQUAPERU

Modelo: AQP 1500

**Incluye:**

Calle Tutupaca # 151 Urb. Matanga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Telf.: (51) 498-6625 / (51) 951-5850  
Nextel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: ventas@aquaperu.net Web: www.aquaperu.net



- 01 Membrana TW30-4040, Marca FILMTEC o Similar
- 01 Electrobomba de 1 HP, Marca FLINT & WALLING
- 01 Portamembrana en Acero Inoxidable
- (02) Flujoímetros 0 - 10 GPM
- (02) Manómetros 0 - 300 PSI Conexión posterior con Glicerina
- Juego de Accesorios

Producto: 50-70%

Rechazo: 50-30%

Cantidad: 01 Unidad

#### **ITEM 10: TANQUE DE ALMACENAMIENTO**

Marca: ETERNIT

Capacidad: 1,100 L

Diámetro: 1,082 mm

Altura: 1,420 mm

Cantidad: 01 Unidad

#### **ITEM 11: BOMBA MULTIETAPICA**

##### **Características:**

Marca	: Pentax
Modelo	: U3S-120/3T
Caudal	: 30-150 LPM
Conexiones Entrada/Salida	: 1" x 1"
Potencia	: 1.2 HP
Suministro Eléctrico	: 220-380 V/60 Hz/3

Cantidad: 01 Unidad

#### **ITEM 12: EQUIPO OZONIZADOR**

Marca: Ozotech

Modelo: OZ4PC10-F/V/SW, 220 VAC, 50/60 Hz

Caudal a tratar: 5-10 GPM

Producción de Ozono: 0,56 g/h

Presión Mínima de Trabajo: 25 PSI

Consumo eléctrico: 220 V/60 Hz

Dimensiones: W 10" x H 17.5" x D 6"

Calle Tutupaca # 151 Urb. Maranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Tel: (51) 498-6625 / (51) 451-5850  
Nextel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: ventas@aquaperu.net Web: www.aquaperu.net

**Incluye:**

01 Venturi  
01 Válvula Check

Cantidad: 01 Unidad

**ITEM 13: TABLERO ELECTRICO**

El tablero está compuesto con los siguientes accesorios:

- 01 Contactor de 9 A
- 01 Relé térmico de 4-6 A
- 01 Llave térmica 2 x 20 A
- 01 Llave térmica 2 x 16 A
- 01 Unipolar de 1 x 2 A
- 01 Conmutador MOA de línea
- 01 Canaleta ranurada 25 x 60 mm
- 01 Riel Din
- 01 Rollo cable Nº16
- 10 Borneras

**PRECIO TOTAL .....US\$ 13,800.00 + IGV**

**ITEM 14: SISTEMA NEUMATICO DE LAVADO, ENJUAGUE, LLENADO, TAPADO DE BIDONES Y BOLSAS PARA AGUA EN CAJA.**

Nuestras Lavadoras de envases no solo lavan con desinfectantes recomendados, enjuagan los bidones con agua ozonizada y llenan con un sistema de control de caudal y sensores, finalmente tapan los bidones con un sistema de ayuda manual facilitando todo el proceso.

Cuentan con 02 bombas de 1 HP con cabezal de acero que le dan al lavado y enjuague una presión de 45 PSI que permite el lavado en 3 segundos, el enjuague con agua ozonizada en 5 segundos.

Llenan bidones de 20, 7, 5 y 3 litros hasta pets de 1/2 litro, además de bolsas con surtidor. El llenado de bidones es automático con solo ubicar el bidón, sensores le dan el llenado exacto según programa.

Su tablero equipado con microprocesador PLC le da una fácil operación y se acciona automáticamente (enciende y apaga) al colocar el bidón en el lugar de lavado y enjuague. Además de controlar el adecuado funcionamiento de las bombas avisando cuando se debe dar mantenimiento.

Cuenta con un tanque de 60 litros de agua con desinfectante o detergente para su fácil uso, además de ser portátil con ruedas de nylon de larga vida.

El equipo de llenado se hace por medio de una bomba de 1 HP cabezal de acero y con control de flujo por microprocesador y sensor capacitivo para evita reposos y llena un bidón a la vez con una

Calle Tutupaca # 151 Urb. Maranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Telf: (51) 498-6625 / (51) 451-5850  
Nxtel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: ventas@aquaperu.net Web: www.aquaperu.net



velocidad igual a los sistemas que cuestan hasta 5 veces más es decir entre 17 a 20 segundos x bidón (sin rebose).

**PRECIO TOTAL .....US\$ 28,500.00 + IGV**

#### **ITEM 15: INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA**

La instalación la llevara a cabo el personal técnico de **AQUAPERU**, nuestro precio solo incluye mano de obra.

**PRECIO TOTAL .....US\$ 2,000.00 + IGV**

#### **Nuestra Oferta Incluye:**

- Instalación de Todos los Equipos y Accesorios
- Capacitación y Entrenamiento a todo su Personal Técnico
- Garantía Total por los Equipos Suministrados
- Stock de Repuestos y Partes a su Disposición
- Garantía de Servicio Técnico
- Manuales de Instalación, Operación y Mantenimiento
- Asesoramiento Técnico Permanente
- Juego de Planos y Diagramas para la Instalación de la Planta

#### **Nuestra Oferta No Incluye:**

- Viáticos para el personal de **AQUAPERU**
- Accesorios sanitarios y eléctricos para la instalación de los equipos
- Obras Civiles
- Movimiento de Tierra
- Conexiones sanitarias y eléctricas externas a la PTAP
- Análisis físico-químicos y microbiológicos

**NOTA:** Todos los materiales, equipos y gastos adicionales que no estén comprendidos dentro de la propuesta económica serán facturados adicionalmente al valor total de la venta. El cliente deberá tener listo la línea sanitaria de Ingreso/Salida de agua, línea de desagüe y suministro eléctrico en el lugar donde se llevara a cabo la instalación del sistema.

#### **CONDICIONES DE VENTA**

**FORMA DE PAGO: 60% CON LA OC**

**20% CONTRA ENTREGA DE LOS EQUIPOS**

**20% FINALIZADA LA PUESTA EN MARCHA**

**VALORES DE VENTA: NO INCLUYEN IGV 18%**

**LUGAR DE ENTREGA: NUESTROS ALMACENES EN LIMA**

**GARANTIA: 12 MESES**

**TIEMPO DE ENTREGA: 04 A 06 SEMANAS**

**VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS**

Calle Totupaca # 151 Urb. Maranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Tel: (51) 498-6625 / (51) 451-5850  
Nexel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: ventas@aquaperu.net Web: www.aquaperu.net



Nota: Para servirle mejor puede depositar directamente en nuestras cuentas bancarias:

**BANCO DE CREDITO DEL PERU**

Cuenta Corriente en moneda nacional (Soles) N° 192-2025593-0-34

Cuenta Corriente en moneda extranjera (Dólares Americanos) N° 192-2038476-1-75

**BANCO SCOTIABANK**

Cuenta Corriente en moneda nacional (Soles) N° 9751823

Cuenta Corriente en moneda extranjera (Dólares Americanos) N° 4158386

Al Nombre de **AQUAPERU TECNOLOGIA SAC**

**Ing. Raúl Castro Alvarado**  
**AQUAPERU**

Celular: 946.070.939

RPM: #946.070.939

Of: 498-6625/451-5850

[raul.castro@aquaperu.net](mailto:raul.castro@aquaperu.net)

**FOTO REFERENCIAL**



Calle Tutupaca # 151 Urb. Moranga,  
San Miguel, Lima - Perú  
Tel: (51) 498-6625 / (51) 451-5850  
Nextel: 404\*4101 / 404\*4102  
Email: [ventas@aquaperu.net](mailto:ventas@aquaperu.net) Web: [www.aquaperu.net](http://www.aquaperu.net)



**ACCUAPRODUCT S.A.C.**  
 D Calle Los Talabarteros 101 - ATE  
 Lima - Perú  
 T (511) 436-1400  
 T (511) 629-3939  
 E verbal@accuaproduct.com  
 W www.accuaproduct.com

<b>PARA</b>	Fiorela Semino	<b>FAX</b>		<b>COTEQU14-Verbal</b>
<b>COMPañIA</b>	Universidad de Piura	<b>TEL</b>		
<b>DE</b>	Luis Sánchez	<b>FECHA</b>	12/11/14	<b>PAGINA 1 de 3</b>
<b>ASUNTO</b>	<b>SOLICITUD DE EQUIPOS PARA EMBOTELLADO DE AGUA</b>			

Estimados Señores:

Atendiendo su amable solicitud, les presentamos nuestra cotización por lo siguiente:

#### 1.-ANTECEDENTES

Agua fuente : Agua de pozo

Análisis del agua :

- Conductividad 2426 us/cm ( elevado)
- Cloruros 692 ppm ( elevado)
- Dureza 422 ppm ( Alto)
- STD 1,457 ppm ( elevado)
- Sulfatos 102 ppm ( Alto)

Aplicación : Agua para embotellado-AGUA DE MESA

Energía eléctrica : 220V / 1F / 60 Hz

Caudal de demanda : 400 GPD ( 1 gpm)

#### 2.-ETAPAS DEL PROCESO PLANTEADO

##### 2.1.-DESINFECCIÓN

Estamos considerando la dosificación de un desinfectante como hipoclorito de sodio con el objetivo de reducir la carga bacteriana del agua fuente y mantener un residual constante en las diferentes estaciones del año como ingreso de agua cruda a la planta de tratamiento.

La dosificación se realizará mediante una bomba dosificadora automática y el encendido estará gobernado por un contacto ubicado en la línea de agua cruda;

##### 2.2.-BOMBEO O IMPULSION DE AGUA

Estamos considerando una electrobomba centrífuga de materiales en acero inoxidable para la impulsión del agua a la planta de tratamiento.

Esta electrobomba tiene suficiente capacidad para cumplir con los flujos de servicio y retrolavado de los filtros automático así como la presión para vencer las restricciones en la línea de alimentación;

##### 2.3.-FILTRACION

Estamos considerando el uso de un filtro tipo cartucho de 10 a 25 micras de porosidad con el objetivo de remover material particulado presente en el agua cruda, tales como: arena/limo.

##### 2.4.-FILTRACION CON CARBON ACTIVADO

Estamos considerando el uso de una columna de carbón activado para remover contaminantes orgánicos que generan malos sabores, olor y color. También reduce el residual de cloro de la línea producto de la dosificación previa que se le haya dado. Este filtro de carbón activado es automático, cuenta con un controlador que comanda las diferentes operaciones del filtro. El retrolavado del filtro es programado en el controlador.

##### 2.4.-EQUIPO ABLANDADOR

Estamos considerando el uso de una columna de resina para reducir la dureza del agua y poder dar una protección al equipo de ósmosis.

El ablandador es automático y cuenta con un controlador que comanda sus diferentes operaciones como el regenerado de la resina, retrolavados y enjuagues.

##### 2.5.-MICROFILTRACION y OSMOSIS INVERSA

**ACCUAPRODUCT S.A.C.**

D Calle Los Talabarderos 161 - ATE  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
T (511) 828-3938  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

Estamos considerando el uso de filtros tipo cartucho para remover partículas finas mayores a 5 micra con el objetivo de mejorar la apariencia del agua tratada.

El filtro es fabricado de polipropileno tipo spun o embobinado; Luego de ello pasa por un filtro de carbón granular tipo cartucho para tener doble seguridad en el cuidado de la membrana de osmosis quien será el elemento que reduzca los altos niveles de TDS, Conductividad, sulfatos, cloruros entre otros

Nota: Todo ello irá en un Skit que comprenda los filtros y la membrana de Ósmosis

**2.6.-EQUIPO DE DESINFECCION ULTRAVIOLETA**

Estamos considerando usar este equipo para controlar el crecimiento bacteriano en los tanques de almacenamiento de agua así como para desinfectar el agua que ingresará a la llenadora.

El uso de este equipo es recomendado en la industria de embotellado para mantener el crecimiento bacteriano por debajo de las normas de agua para consumo humano y por los sistema de control de calidad;

**2.7.-GENERADOR DE OZONO**

El uso de un Generador de Ozono produce una concentración de ozono residual que permite otorgar a la botella más tiempo de vida en el mercado, de lo contrario el efecto de la luz solar acelerará la formación de hongos y contaminantes en el producto terminado.

El uso de los generadores de ozono es exclusivamente para el proceso de embotellado de agua de mesa, no se usa para elaboración de gaseosas, néctares, etc.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL US\$
	<b>SISTEMA DE BOMBEO</b>	<b>1,070.00</b>
01	01 und  <b>BOMBA DE ALIMENTACION</b> Marca : ESPA Modelo : Prisma 15-3N Materiales : Cuerpo de AISI 304 impulsor de AISI 304 Capacidad : 4gpm -12 gpm @ 50psi@ Alimentación : 220V/1F/60hz Potencia : 0.75 KW Incluye : - Tablero eléctrico para arranque. - Tanque Hidroneumático	
	<b>SISTEMA DE DOSIFICACION</b>	
02	01 und <b>BOMBA DOSIFICADORA DIGITAL</b> Marca : IWAKI o Pulsafeeder Modelo : EZ Capacidad : 0,6 GPH Alimentación : 220V/1F/60hz Incluye : Kit de instalación.	<b>500.00</b>



**ACCUAPRODUCT S.A.C.**  
 D. Calle Los Talabarteros, 161 - ATE  
 Lima - Perú  
 T (511) 436-1400  
 T (511) 626-3839  
 E ventas@accuaproduct.com  
 W www.accuaproduct.com

03 01 und **TANQUE PARA QUIMICO** **100.00**  
 Marca : Pulsafeeder - USA  
 Modelo : Serie 6000  
 Capacidad : 15 Gln

**SISTEMA DE FILTRACION**

04 01 und **CARCAZAS PORTAFILTROS** **42.00**  
 Marca : Pentek - USA  
 Modelo : STANDAR  
 Medidas : 2.5" x20"  
 Conexión : 1/2" in Out  
 Precio Unt. : \$42.00

05 01 und **FILTRO DE SEDIMENTOS 5 micras** **10.00**  
 Marca : Pentek - USA  
 Modelo : PD10-20  
 Medidas : 2.5" x20"  
 Material : Polipropileno  
 Precio Unt. : \$ 10.00

06 01 und **FILTRO DE CARBON** **600.00**  
 Fabricante : ACCUAPRODUCT SAC  
 Modelo : AP-FCSM-1252  
 Capacidad : 3-4 GPM  
 Incluye:

Tanque de Fibra de Vidrio	Marca	: PARK-PENTAIR
	Modelo	: Polyglass
	Medidas	: 12" D x 52" H
	Cantidad	: <b>01 unidades</b>
Válvula Controladora	Material	: Polietileno reforzado con Fibra de Vidrio
	Marca	: FLECK - USA
	Modelo	: 5600
	Conexión	: 3/4"
	Incluye	: Control por tiempo
	Cantidad	: <b>01 unidades</b>
	Energía	: 120 V / 1 Fase / 50 hz



**ACCUAPRODUCT S.A.C.**  
 O Calle Los Tilabarteros 101 - ATE  
 Lima - Perú  
 T (511) 436-1400  
 T (511) 628-3039  
 E ventas@accuaproduct.com  
 W www.accuaproduct.com

Incluye

- Carbon Activado Granular
- Grava soporte.

#### SISTEMA DE ABLANDAMIENTO

07 01 und **ABLANDADOR DE 2 FT3** **785.00**

Fabricante : ACCUAPRODUCT SAC  
 Modelo : AP-FSSM-1252  
 Capacidad : 3 GPM @ 450 ppm  
 Incluye:

Tanque de Fibra de Vidrio	Marca	: PARK-PENTAIR
	Modelo	: Polyglass
	Medidas	: 12" D x 52" H
	Cantidad	: <b>01 unidades</b>
	Material	: Polietileno reforzado con Fibra de Vidrio
Válvula Controladora	Marca	: FLECK - USA
	Modelo	: 5600
	Conexión	: 3/4" - 1"
	Incluye	: Control por tiempo
	Cantidad	: <b>01 unidades</b>
	Energía	: 120 V / 1 Fase / 60 hz

Incluye

- 2 ft3 de resina catiónica.
- Grava soporte.

08 01 und **SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA** **6,000.00**

Marca : Flexeon  
 Caudal Producto : 1 gpm (Recuperación de 50%)  
 Pto. Operación BAP : 2.00 gpm @ 150 psi

Incluye:

Bomba de Alta Presión (BAP)	Modelo	: Tipo rotatorio
	Alimentación	: 220 V/ 60 Hz / 1 F
	Material	: Bronce
	Cantidad	: 01 und

Portamembranas o Housing	Fibra de vidrio
	Modelo : FRP





**ACCUAPRODUCT S.A.C.**  
 D. Calle Los Talabarneros 161 - ATE  
 Lima - Perú  
 T (511) 436-1400  
 T (511) 626-3838  
 E ventas@accuaproduct.com  
 W www.accuaproduct.com

	Cantidad	: 01 und
<i>Membranas de Osmosis Inversa</i>	Marca	: Fimtec
	Modelo	: TW30-4040
	Material	: Poliamida
	Cantidad	: 01 und

Incluye:

- Filtro de Sedimento de 5 micras y Carbon
- Switch de Baja presión (01 und).
- Válvulas (03 und):
  - Descarga de la bomba de Alta.
  - Línea de rechazo y recirculación.
- Rotámetros (03 und):
  - Línea de agua producto de rango 0 – 5 gpm.
  - Línea de rechazo y recirculación de rango 0-2 gpm.
  - Línea de Rechazo 0-2 gpm.
- Controlar:
  - Alarma / Apagado del Sistema por Baja Presión.
  - Apagado / encendido del RO por nivel del tanque (un solo punto).
  - Medida de TDS/Conductividad del agua producto.
- Skid metálico de Aluminio, donde se encontrará todos los componentes mencionados del sistema de osmosis inversa.

09	01 Und.	<b>EQUIPO UV 2 GPM</b>	<b>400.00</b>
		Marca : Pentek -USA	
		Modelo : UV-110	
		Conexión : 1/2" In Out	
		Voltaje : 120 V / 60 Hz	
		Capacidad : 2 GPM	
		Max Presión : 65 PSI	
		Incluye : Lámpara UV	
		Tubo de cuarzo	
		Filtro de carbon	
		Dimensiones : 2.5" x 10"	

#### OPCIONAL PARA EMBOTELLAR

10	01und	<b>GENERADOR DE OZONO</b>	<b>6,000.00</b>
		Marca : Pacific Ozone-USA	
		Modelo : 01	
		Capacidad : 1 g/h @ 0,3-0,5 ppm O3	
		Caudal : 0,5-0,8 m3/h	
		Alimentación : 220V, 1F, 60hz	
		Material : Caja de plástico reforzado	
		Con fibra de vidrio	
		Dimensiones : 485x 432 x 312 mm	
		Peso : 20 kg	



# ACCUAPRODUCT

Sistemas de Tratamiento de Agua, Efuentes y Afluentes

## ACCUAPRODUCT S.A.C.

D Calle Los Talabarteros 161 - ATE  
Lima - Perú  
T (511) 436-1400  
T (511) 628-3900  
E ventas@accuaproduct.com  
W www.accuaproduct.com

Conexiones : 1/2" fipf

Potencia : 180 Watts

Requerimiento de aire: 10-15 scfh

Incluye:

Compresor.

Accesorios de instalación:

- Venturi de Kynar;
- Tubing de polietileno para transporte de Ozono
- Válvula de seguridad para protección de generador de Ozono;
- Válvula check en línea de agua tratada

11	01 Serv	<b>SERVICIO DE INSTALACIÓN</b> Incluye: - Mano de obra para instalación de los equipos ( 5 días) - Materiales de instalación Hidráulicos y eléctricos - Pasajes, viáticos y estadía para 2 personas en PIURA. - Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha. - Charla de capacitación.  <b>KIT de consumibles para 1 año aprox.</b>	<b>4,770.00</b>
12	06 Und	<b>Filtros de Sedimentos en 10 micras</b> Precio unitario: S 10.00	<b>60.00</b>
13	02 Und	<b>Filtros de sedimentos para el osmosis</b> Precio unitario: S 41.00	<b>82.00</b>
14	02 Und	<b>Filtros de carbón para el osmosis</b> Precio unitario: S 61.00	<b>122.00</b>
15	02 Und	<b>Filtros de carbón para el UV</b> Precio unitario: S 22.00	<b>44.00</b>

---

**PRECIO TOTAL ..... US\$ 20,585.00**

---

### NOTA: REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA LA INSTALACION:

- Puntos de energía, agua de alimentación y drenaje a una distancia no mayor de 1 metros para la instalación de los equipos.
- Loza de 1metro de ancho x 5 metros de largo x 2 metros de alto.

### TERMINOS DE EXCLUSIONES DE LA OFERTA:

- No incluye Tanques de almacenamiento ( agua cruda y tratada)
- No incluye sal industrial para el tanque de salmuera



**ACCUAPRODUCT S.A.C.**  
 D Calle Los Talabarteros 161 - ATE  
 Lima - Perú  
 T (511) 436-1400  
 T (511) 626-3939  
 E ventas@accuaproduct.com  
 W www.accuaproduct.com

- No incluye cloro para la dosificación
- Los planos y/o diagramas de distribución se elaboran luego de emitido su O/C y adelanto.
- Los manuales de los equipos se entregan en el día de la Puesta en marcha del sistema.

**TERMINOS DE VENTA:**

Precios	: No incluye I.G.V.
Validez de la oferta	: 15 días
Lugar de entrega	: En nuestros almacenes de Lima puesto sobre camión.
Forma de pago	: Equipos 60% Adelanto, 40% Contraentrega Servicio Contado luego de entregado los equipos.
Tiempo de entrega	: Equipos En 06 -07 semanas de recibida su O/C y Adelanto. Servicio En coordinación: Cliente – Dpto Técnico Accuaproduct.

Atentamente,

Ing. Antonio Flores P.  
GERENTE DE VENTAS

Luis Sanchez  
ING. DE VENTAS

PBEX S.A.C. RUC.20101607233  
 Av. Colectora Industrial # 191  
 SANTA ANITA, LIMA - PERÚ  
 Telefax: 357-6464 / 357-6666  
 E-mail: ventas@pbex.com.pe

COTIZACION : 001202  
 Fecha : 18/11/2014

Fecha : 20/11/2014  
 Pág. : 1

Señores : Prov/Clie sin definir

Domicilio :

Teléfono :

Fax :

Contacto :

Observación : 20172627421 - UNIVERSIDAD DE PIURA

DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	PRECIO UNI	DCTO 1	DCTO 2	TOTAL
BOTELLON PP X 19 L. CON CAÑO	UNID	100.00	11.10000	0.00	0.00	1,110.00
BOTELLON PP X 19L C/CAÑO MANIJA AZUL	UNID	100.00	12.50000	0.00	0.00	1,250.00
BOTELLON PC X 20 L. PBEX CON CAÑO	UNID	100.00	17.40000	0.00	0.00	1,740.00
BOTELLON PC X 20L C/CAÑO MANIJA AZUL	UNID	100.00	18.80000	0.00	0.00	1,880.00
CAPSULAS PARA BOTELLON PBEX	UNID	1,000.00	0.20000	0.00	0.00	200.00
<b>SUB TOTAL S/ :</b>						6,180.00
<b>IGV S/ :</b>						1,112.40
<b>ISC S/ :</b>						0.00
<b>TOTAL S/ :</b>						7,292.40

IMPORTE TOTAL INCLUIDO IGV Y PERCEPCION ES DE: S/. 7297.12 Nuevos Soles.

REQUISITO VENTA DE TAPAS:

ACT. ECONOMICA EN SUNAT: ELABORACION DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS  
 SUJETO AL 2% DE PERCEPCION

Los precios son puestos en nuestros almacenes, sin considerar costo del flete por envio de la mercadería.

DESPACHO: DE 24 A 48 HRS POSTERIOR A LA RECEPCION DEL VOUCHER DE PAGO

Sirvanse efectuar su depósito en cualquiera de las siguientes Ctas. Ctes. M.N.:

\*\* BANCO CONTINENTAL, Cta. Recaudadora PBEX M.N. (N° 2505)

\*\* BANCO INTERBANK, Cta. Cte. 052-3000333397



[www.valiometro.pe](http://www.valiometro.pe)

Presupuesto N°: 001-0000802542

Cliente:	Sra. Fiorella Semino	Fecha de emisión:	viernes, octubre 31, 2014
Dirección:		Ejecutivo de ventas:	Antonio Linera
RUC:		Tel / Celular:	4663800 / #951551909
Atención:	Sra. Fiorella Semino	Email:	<a href="mailto:ventas@valiometro.pe">ventas@valiometro.pe</a>
Teléfono:			<a href="mailto:ventas2@valiometro.pe">ventas2@valiometro.pe</a>
E-mail:	<a href="mailto:francesca18@gmail.com">francesca18@gmail.com</a>		

Es grato dirigimos a usted para saludarlo cordialmente y enviarle adjunto nuestra cotización según su requerimiento:

IT	Modelo	Descripción	Cant.	Precio Unitario S/.	Total S/.
1	6011A	Medidor de Ph de bolsillo / electrodos reemplazables	1	200	200
2	7011	Medidor de pH y temperatura portátil / electrodos reemplazables	1	360	360
3	7200	Medidor de pH/Conductividad/TDS/Salinidad y temperatura portátil / electrodos reemplazables	1	550	550
4	7021	Medidor de conductividad/TDS/Salinidad y temperatura	1	380	380
5	FTC-420	Medidor de cloro libre y total	1	1070	1070

#### CONDICIONES GENERALES

Precio:	En nuevos soles incluye IGV
Disponibilidad	Disponibles en stock
Forma de pago:	Deposito en cuenta/ contraentrega
Lugar de entrega:	Nuestras oficinas / si desea ser entregado en sus oficinas tendra un recargo de 20.00 (según distrito)
Envío a provincia:	Recargo de S/20.00 nuevos soles (según destino)
Validez oferta:	7 días
Tiempo de Garantía:	1 año

#### CUENTA BANCARIA

BANCO CONTINENTAL:	Cta. Corriente Soles	0011-0194-0100082767-81
	CCI Soles	011-194-000100082767-81
A NOMBRE DE:	TECNOMAB SOLUCIONES GENERALES S.A.C.	
RUC:	20551759698	

Estando a la expectativa de su pronta respuesta, quedo de Ud.

Atentamente,

**Antonio Linares**

Telf.: 4663800

RPM: #951551909

Jr. Las Camelias 262-263 Urb. Entel P  
San Juan de Miraflores

[ventas@valiometro.pe](mailto:ventas@valiometro.pe)

[www.valiometro.pe](http://www.valiometro.pe)

## Medidor portátil de pH y Conductividad

### GONDO-7200

#### Características:

- Basado en microprocesador para mediciones rápidas y precisas, fácil de calibrar con solo una sonda.
- Anillo de vidrio especial diseñado con cubierta a prueba de agua en la clasificación IP57. Flota en el agua.
- Amplia pantalla LCD de pH, conductividad, TDS, temperatura y salinidad.
- Compensación automática de temperatura (ATC), compensación manual de salinidad (MSC) y Altitud (MAC).
- Multi función con selección de datos, Max/Min y selección de grados: °C/°F.
- Indicador de batería baja y consumo apagado automático después de 10 minutos en uso.
- Fácil reemplazo de electrodo, reconoce automáticamente el tipo de electrodo y se muestra en la pantalla durante la inserción.
- Medición de ORP (opcional).

#### Accesorios estándar

- Sonda de pH y sonda de conductividad
- Solución estándar pH 4 & 7, 1413 $\mu$ S
- Solución para humidificar.
- Batería 4 x 1,5.
- Cuerda de seguridad.
- Maletín de transporte.
- Manual de instrucciones.



#### Especificaciones técnicas

	pH	mV (opcional)	Temperatura	Conductividad	TDS	Salinidad
Rango	2 - 16.00	-1000 - 1000	0 - 80.0°C	0 - 2000 $\mu$ S 2.00 - 20.00mS	0 - 1300ppm 1.00 - 13.00ppt	0 - 1000ppm 1.00 - 12.00ppt
Precisión	$\pm 0.01 + 1\text{digi}$	$\pm 2 + 1\text{digi}$	$\pm 0.2^\circ\text{C} + 1\text{digi}$	$\pm 2\%$ FS	$\pm 2\%$ FS	$\pm 2\%$ FS
Resolución	0.01pH	1mV	0.1°C	1 $\mu$ S/0.01mS	1ppm/0.01ppt	1ppm/0.01ppt
ATC	0 - 80°C			0 - 50°C	0 - 80°C	0 - 50°C
Calibración	pH: 4.00, 7.00, 10.01 Cond: 0 $\mu$ S, 1413 $\mu$ S, 12.88mS					
Energía	DC 1.5V x 4 baterías (UM-4/AAA)					
Dimensiones	Medidor: 195x40x35mm, Kit: 230x205x50mm					
Peso	135g (con batería), Kit: 780g					


**TECNOLOGIA PARA LA  
INDUSTRIA PERUANA**

RUC: 20550161606  
 Jr. Enrique Barrón N°869 Int 601  
 Santa Beatriz-Lima  
 kevin@tipsac.pe

PRESUPUESTO	FECHA	REALIZADO POR	A/A Fiorella Semino			
10313	31/10/14	Kevin Bocanegra	Fiorella Semino			
COD. CLIENTE	CIF / NIF	N° HOJA	Aqui su provincia			
10254		1				
Ref / Cod	Concepto	Cantidad	Precio	Div	%IGV	Total
<b>Medidor multiparametrico de pH/ CE/ TDS/Temperatura</b>						
HI-9813-06	Medidor multiparametrico de pH/ CE/ TDS/Temperatura Instrument Marca: Hanna Instruments Modelo: HI 9813-06 Rango: pH: 0.0 a 14.0 CE: 0.00 a 4000 uS/cm TDS: 0 a 1999 ppm (mg/L) Temperatura: 0.0 a 60.0°C Resolución: pH: 0.1pH CE: 0.01mS/cm TDS: 1ppm (mg/L) Precisión: pH: ±0.1 CE: ±2% F.S mS/cm TDS: ±2% F.S ppm Temperatura: ±0.5° Aplicaciones: Invernaderos, hidroponía, monitoreo ambiental del agua, calderas	1.00	1,490.00	18.00		1,490.00
<b>Total Sección</b>						<b>1,490.00</b>
<b>Medidor de pH tipo lapicero COMP.TEMPERATURA</b>						
ST20	Medidor de pH tipo lapicero COMP.TEMPERATURA Marca: Chauv Rango: 0.0-14.0 Resolución: 0.01pH Precisión: 0.05 pH Rango de temperatura: 0.0-99.0 °C Compensación de temperatura: si Calibración: 1,2,3 puntos Solución en polvo: 4.01, 7.00, 10.01 Apagado automático: 6 minutos Batería: 4 x 1.5V (AA)	1.00	350.00	18.00		350.00
<b>Total Sección</b>						<b>350.00</b>
<b>Medidor de conductividad</b>						
ST20C-A	Medidor de conductividad Marca: Chauv Modelo: ST20C-A Rango: 0.0 a 199.9 S / cm Resolución: 0.1 S / cm Precisión: ± 1.5% FS Temperatura: 0.0 a 99.9 °C Batería: 4 x 1.5V Dimensiones: 185 x 42 x 37 mm Peso: 105 g Apagado automático: Después de 6 min sin operación Temperatura ambiente: 0 a 80 °C (32-122 °F)	1.00	374.00	18.00		374.00
<b>Total Sección</b>						<b>374.00</b>

Tecnología para la Industria Peruana CTA BCP Dólares: 193-2017969-1-27  
 Tecnología para la Industria Peruana CTA BCP Soles: 193-2083185-0-71



PRESUPUESTO	FECHA	REALIZADO POR	A/A Fiorella Semino				
10313	31/10/14	Kevin Bocanegra	Fiorella Semino				
COD. CLIENTE	CIF / NIF	N° HOJA	Aqui su provincia				
10254		2					
Ref / Cod	Concepto		Cantidad	Precio	Dts	%IGV	Total
			Importe Bruto				2,214.00
			Importe Neto				2,214.00
			IGV				398.52
			<b>Total Presupuesto</b>				<b>2,612.52 S/.</b>
			Forma Pago	<b>CONTADO</b>			

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



### Cotización N° 181/14

Pág.: 1 de 6

Fecha: 29/10/14

Solicitante : Fiorella Francesca Semino Zelada  
 RUC / DNI : 42132819  
 Domicilio legal : Urb. Belo Horizonte E-1 Lote 8  
 Atención : Srta. Fiorella Francesca Semino Zelada  
 Teléfono(s) : Cel: 969669664, Fijo: 313391, RPM : \*247865  
 Correo(s) electrónico(s) : [FSeminoZ@pitrax.com.pe](mailto:FSeminoZ@pitrax.com.pe)  
 Producto(s) a ensayar :  Agua de bebida (Agua potable/Agua de mesa/Agua envasada).

#### Detalle del servicio:

Ensayos	Método	Precio Unitario (S/.)	Cantidad	Precio (S/.)
Cloruros (mg Cl/L)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 4500-C <sup>+</sup> B. Argentométric Method.	24,90	1	24,90
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 9221 E. Fecal Coliform Procedure.	49,90	1	49,90
Coliformes totales (NMP/100 mL)	Standard Methods for the Examination of	49,90	1	49,90

Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, exceptuando a los parámetros medidos en campo.

Piura: Av. Ramón Castilla 111, Urb. San Eduardo, T (077) 28 4500 anexo 3342. (C) 969669664, (RIM) #292999  
 E-mail: [IS-@u.edu.pe](mailto:IS-@u.edu.pe)

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS CONDICIONES DE ÉSTA. TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE ÉL.

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



### Cotización N° 181/14

Pág. 2 de 5.

	Water and Wastewater: APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 9221 B. Standard Total Coliform Fermentation Technique.			
Color aparente (mg (P)- Co)/L)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2120 C. Spectrophotom etric-Single- Wavelength Method (Proposed).	19,90	1	19,90
Conductividad (µS/cm)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2510 B. Laboratory Method.	19,90	1	19,90
Dureza total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2340 C. EDTA Titrimetric Method.	24,90	1	24,90

Los análisis serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, accediendo a los siguientes  
medidas en tiempo  
Piura: Av. Ramón Mugrua 131, Urb. San Eduardo, T. (077) 25 4500 Anexo 1342. C.I. 36084019. (RNU) 020709.  
E-mail: lab.ingts@upeq.pe

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS  
CONDICIONES DE ÉSTA, TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE ÉL.

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



### Cotización N° 181/14

Pag.: 3 de 6

METALES TOTALES EN AGUA POR ICP MS: Cu, Mn, Zn. METALES TOTALES VALIDADOS: Na, Ca, Mg, Fe, K.*	EPA 200.8, Revision 5.4 1999 Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma mass spectrometry.	239,90	1	239,90
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> /L)	ISO 7890-3	34,90	1	34,90
pH (Unidades de pH) Medido en Lab. a solicitud del cliente	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 22 <sup>nd</sup> Ed. 4500-H <sup>+</sup> B. Electrometric Method.	19,90	1	19,90
Recuento de bacterias heterotróficas (ufc/mL)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 22 <sup>nd</sup> Ed. 9215 B. Pour Plate Method.	49,90	1	49,90
Sólidos totales disueltos (mg/L)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2540 C. Total Dissolved	29,90	1	29,90

Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, exceptuando a los parámetros medidos en campo.

Piura: Av. Ramón y Cajal 131, Urb. San Eduardo. T: (071) 28 4500 anexo 1542. (C) 969840198. (RPA) 4297955  
E-mail: [ls@piu.unp.edu.pe](mailto:ls@piu.unp.edu.pe)

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS CONDICIONES DE ÉSTA. TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE ÉL.

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



### Cotización N° 181/14

Pág.- 4 de 6

	Solids Dried at 180°C.			
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 22 <sup>nd</sup> Ed. 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E. Turbidimetric Method.	29,90	1	29,90
Turbiedad (NTU)	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA – AWWA – WEF. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2130 B. Nephelometric Method.	19,90	1	19,90

Servicio de toma de muestras	Precio Unitario (S/.)	Número de días	Precio (S/.)
<i>Las muestras serán alcanzadas por el solicitante. Deberá entregar 01 bidón de 20 litros sellado.</i>	No Aplica	No Aplica	No Aplica

	Sí	No	Precio (S/.)
Servicio de entrega o uso de materiales del laboratorio para la toma		x	0,00

Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, exceptuando a los parámetros analizados en campo.

Piura, Av. Ramón Magica 137, Urb. San Eduardo. T (051) 28 4500 anexo 3342. C.I. 989548198. (RPM) 4257997.  
E-mail: [lab@uodp.edu.pe](mailto:lab@uodp.edu.pe)

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS CONDICIONES DE ÉSTA. TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE ÉL.

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



### Cotización N° 181/14

Pág. 5 de 6

de muestras			
	Si	No	Precio (S/.)
Servicio de envío de factura e informe de ensayo		x	0.00

Total sin IGV (S/.)	520.08
IGV (S/.)	93.62
Total sin Descuento (S/.)	613.70

Descuento (S/.)	0.00
-----------------	------

<b>Total (S/.)</b>	<b>613.70</b>
--------------------	---------------

\*Ensayo subcontratado.

#### CONDICIONES GENERALES DEL SERVICIO

- Vigencia de la cotización: 30 días calendario.
- El informe de ensayo será entregado en nuestras oficinas, siete (7) días laborables después de la fecha de recepción de la muestra o de la toma de ésta por personal del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, o después de doce (12) días laborables para el caso de cotizaciones en las que se subcontrate la realización de uno o más ensayos. Si se ha solicitado el envío del Informe de ensayo, la fecha de envío de éste será la fecha de entrega en nuestras oficinas.
- Para el caso de muestras alcanzadas por el solicitante, previo al ingreso de las muestras al laboratorio, el solicitante deberá entregar firmada la constancia de haber leído el "INSTRUCTIVO PARA LA TOMA, CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS" (I-19-01), de forma física, en la oficina de atención al cliente del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, o de forma electrónica, al correo: "lis-ihs@udep.pe".
- La entrega de materiales para la toma de muestras, de haber sido solicitado el servicio, se realizará en la Oficina de Muestreo del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.
- Las muestras, contramuestras, y muestras dicientes serán eliminadas según los procedimientos del laboratorio, una vez que éstas hayan culminado su periodo de perecibilidad.

Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, exceptuando a los permisos por medida en campo.

Ofic. Av. Tamen-Mupita 131, Urb. San Eduardo. T: 071-26 4500 (línea 1342) (C) 95648198 (RPA) 0297959  
E-mail: lis\_ihs@udep.pe

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS CONDICIONES DE ÉSTA. TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE EL

Laboratorio de  
Ingeniería Sanitaria



## Cotización N° 181/14

Pág: 6 de 8

- En caso el cliente reclame u observe el resultado de análisis de algún parámetro, el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria realizará el re-análisis teniendo en cuenta las condiciones de la muestras (volumen, tiempo de perecibilidad), o tomando una nueva muestra. De proceder el reclamo, el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria asumirá el costo del re-análisis y de la toma de muestra, si hubiese sido necesaria; de no proceder el reclamo u observación, el cliente deberá asumir el precio del re-análisis y de la toma de muestra, si hubiese sido necesaria.
- Solo se reporta resultados de análisis.
- El Laboratorio de Ingeniería Sanitaria emitirá como referencial y sin acreditación los resultados de los ensayos cuyas muestras no cumplan con las condiciones que nuestro procedimiento y la metodología indica.
- Si la cotización es aceptada, indique el número de la presente cotización al solicitar el servicio y en toda la documentación que envíe.
- Para dar inicio al servicio y darse por aceptada la cotización por ambas partes, por el cliente y el laboratorio, el cliente deberá realizar el pago del cincuenta por ciento (50%) del de la cotización y enviar una evidencia de este acto, pudiendo ser ésta, por ejemplo, el código numérico de depósito o una copia del Boucher de pago.

### CONDICIONES DE PAGO

- Pago al contado, 50% por adelantado y 50% contra entrega del informe de ensayo por el servicio realizado. El pago inicial dará por aprobada la presente cotización.
- El pago deberá realizarse en efectivo en las oficinas de pago de la Universidad de Piura, o mediante depósito bancario a la cuenta: UDEP-Ingeniería N° 475-1580323-0-16, en moneda nacional, en el Banco de Crédito del Perú.
- Por disposición de SUNAT, si el monto del servicio es mayor a S/. 700,00, usted deberá realizar el depósito de la detracción en la Cta. Cte. Del Banco de la Nación N° 0631-060811 en moneda nacional.
- Después de realizar cada pago, deberá entregar los comprobantes de los mismos en nuestras oficinas o enviar la imagen escaneada de los mismos al correo electrónico: [la-ihhs@udep.pe](mailto:la-ihhs@udep.pe).

Esperando que la presente sea de su conveniencia, le saluda cordialmente.

Jackeline Farias Whang  
Atención al Cliente  
Laboratorio de Ingeniería Sanitaria

Los ensayos serán realizados en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Piura, exceptuando a los parámetros emitidos en campo.  
Piura Av. Ramón Mujica (13), Urb. San Eduardo, T. (073) 28 4500 anexo 1342. r/ci 969648198. (RIM) 9299956  
E-mail: [la-ihhs@udep.pe](mailto:la-ihhs@udep.pe)

AL RECIBIR LA PRESENTE COTIZACIÓN, EL SOLICITANTE ACEPTA LAS CONDICIONES DE ÉSTA. TODO CAMBIO POSTERIOR ES RESPONSABILIDAD DE ÉL.



## **Anexo D**

### **Comparación de cotizaciones**

Tabla D1. Comparación de cotizaciones

	<b>MEGA &amp; OZONO</b>	<b>AQUA PERU</b>	<b>ACCUA PRODUCT</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>	750 GPD	400 GPD	750 GPD
<b>GARANTÍA EQUIPOS</b>	01 AÑO	01 AÑO	01 AÑO
<b>SISTEMA HIDRONEUMÁTICO</b>	Bomba Pentax Tanque Hidroneumático Maxivarem	Bomba Pentax Tanque Hidroneumático Varem	Bomba Espa Tanque Hidroneumático no especifica marca.
<b>CLORACIÓN</b>	Bomba dosificadora Marca Seko	Bomba dosificadora Aquatrom más tanque hipoclorito	Bomba dosificadora Iwaki 0,6 g/h más tanque hipoclorito
<b>FILTRACIÓN PARTÍCULAS &gt; 5 µ</b>	Filtro multimedia Pentair	Filtro pulidor no especifica marca	Filtro plisado Pentek
<b>FILTRACIÓN CARBÓN ACTIVADO</b>	Filtro carbón marca Pentair	02 filtros de carbón. No especifica marca	Filtro carbón Accuaproduct Tanque Pentair válvula Fleck 3-4 GPM
<b>ABLANDAMIENTO</b>	Ablandador automático Pentair(incluye válvula, resina y grava) 1 pie <sup>3</sup> de resina.	Ablandador automático Pentair(incluye válvula, resina y grava)	Ablandador Accuaproduct Tanque Pentair válvula Fleck 2 pie <sup>3</sup> de resina.
<b>ÓSMOSIS INVERSA</b>	Equipo marca Ozonomatic de 750 GPD, 50-75 % recuperación (2 membranas)	Equipo marca Aquaperú de 1500 GPD 50-70 % recuperación (1 membrana)	Equipo marca Flexeón con 1 membrana Filmtec
<b>ULTRAVIOLETA</b>	Marca Sterilight	Marca Viqua 2,8 GPM	Marca Pentek 2GPM
<b>OZONIZACIÓN</b>	Ozonomatic Oza 500 de 0,5 g/h	Ozotech de 0,56 g/h	Marca Pacific Ozone 1g/h
<b>LAVADORA ENVASADORA</b>	Semi automática	Automática	Automática
<b>SUPERVISIÓN E INSTALACIÓN</b>	02 días de supervisión de puesta en marcha	US\$ 2000	US\$ 4770
<b>COSTOS GLOBAL DE LA PROPUESTA DE EQUIPOS</b>	US\$ 8700	US\$ 13 800	US\$ 20 585
<b>COSTO ENVASADORA</b>	US\$ 8700	US\$ 28 500	No incluida en la propuesta.

Elaboración propia

**Anexo E**  
**Procedimiento para Autorización**  
**Sanitaria de planta tratamiento de**  
**agua potable y registro sanitario**



## Texto Único de Procedimientos Administrativos - (TUPA)

### Procedimiento

**Autorización Sanitaria de Sistemas de Tratamiento de Agua Potable.**

### Base Legal

- D.S. Nº 261-69-AP, del 12/12/69, modificado por D.S. Nº 007- B3-SA. Art. B1º  
- Ley Nº 26842, Ley General de Salud, Art. 107º, del 20/07/97

### Inicio del Procedimiento

Trámite Documentario DIGESA

### Requisitos

1. Solicitud dirigida al Director Ejecutivo de Saneamiento Básico, con carácter de Declaración Jurada, que contenga Nº de RUC o DNI y firmada por el Representante Legal o el Propietario.
2. Caracterización del agua a tratar sustentada con resultados de análisis actualizados de un laboratorio acreditado con arreglo a la Ley General de Aguas según el Uso. En magnético los informes de ensayo escaneados.
3. Memoria descriptiva y planos de la captación y del sistema de tratamiento a escala 1:50, firmado por un Ingeniero Sanitario Colegiado habilitado (incluye estructura de captación). En medio físico y magnético.
4. Manual de Operación y Mantenimiento del sistema de tratamiento, firmado por un Ingeniero Sanitario Colegiado habilitado. Debe ser detallado y describir la operación inicial, normal, mantenimiento y en casos de emergencia. En medio físico y magnético.
5. Copia en medio físico o magnético del Estudio de Impacto Ambiental o programa de adecuación y manejo ambiental o estudio similar, que comprenda la evaluación del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas, aprobado por el Sector Competente, adjuntando copia y escaneo de la Resolución Directoral Sectorial que aprueba dicho estudio.
6. Presentar estudio hidrológico actualizado (no anterior a 06 meses) que contenga los valores mensuales de los parámetros de calidad de agua de por lo menos un ciclo hidrológico (01 año). En medio físico y magnético.
7. En sistemas existentes, caracterización del agua tratada sustentada con resultados de análisis actualizados de un laboratorio acreditado. En medio magnético los informes de ensayo escaneados.
8. Presentar licencias de uso del recurso hídrico autorizada por el Ministerio correspondiente.
9. Comprobante de Pago de Derecho de Trámite. Nota: Solo un Ingeniero Sanitario debe firmar todo el expediente.

Descarga de Formularios:

Copyright © 2010 DIGESA. Todos los derechos reservados



PERÚ

Ministerio  
de SaludDirección General  
de Salud y Alimentación

## Texto Único de Procedimientos Administrativos - (TUPA)

### Procedimiento

**Inscripción o Reinscripción(\*) en el Registro Sanitario de Alimentos y Bebidas de Consumo Humano.**

### Base Legal

- Ley N° 26842, Ley General de Salud del 20/07/97, Art. 91.
- D.S. N° 007-98-SA. Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas del 25/09/98, Arts. 105° y 107°, Cuarta Disposición Transitoria y Final.
- Ley N° 28405, Ley de Resulado de Productos Industriales manufacturados del 30/11/04, Art. 5°
- Ley N° 29571, Código de Protección y Defensa del Consumidor del 02/09/10.
- D.S. 010-2010-MINCETUR, Establecen disposiciones Reglamentarias referidas a la Ventanilla Única de Comercio Exterior del 09/07/10, Arts. 2°, 4° y 5°.
- Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General del 11/04/01, Art. 40°, sub numeral 40.1.1.

### Notas:

1. El Registro Sanitario se otorga por producto o grupo de productos y fabricante. Se considera grupo de productos aquellos elaborados por un mismo fabricante, que tienen la misma composición cualitativa de ingredientes básicos que identifica el grupo y que comparten los mismos aditivos alimentarios.
2. El Pago se efectuará a través de la VUCE [www.vuce.gob.pe](http://www.vuce.gob.pe)
3. El documento con el número de Registro Sanitario se entregará en un plazo máximo de siete(7) días hábiles, conforme a lo dispuesto en el artículo 92° de la Ley N° 26842.
4. La SUCE y los requisitos deben presentarse por vía electrónica a través de la VUCE. [www.vuce.gob.pe](http://www.vuce.gob.pe)

### Inicio del Procedimiento

Ventanilla Única de Comercio Exterior VUCE: [www.vuce.gob.pe](http://www.vuce.gob.pe)

### Requisitos

1. Solicitud Única de Comercio Exterior - SUCE [www.vuce.gob.pe](http://www.vuce.gob.pe)
2. Resultados de los análisis físico, químico y microbiológico del producto terminado, confirmado su aptitud de acuerdo a la normatividad sanitaria vigente, otorgado por un laboratorio acreditado o del laboratorio del control de calidad de la fábrica.
3. Certificado de Libre Comercialización o similar o Certificado Sanitario emitido por la Autoridad Competente del país de origen, en original o copia refrendada por el consulado respectivo, cuando el alimento o bebida sea importado.
4. Información que contendrá el rotulado o etiquetado.
5. Análisis bromatológico practicados por laboratorio acreditado por INDECOPI para los Alimentos y Bebidas de regímenes especiales, los mismos que deberán señalar sus propiedades nutricionales.
6. Comprobante de Pago de Derecho de Trámite(2).

(\*\*) Para el caso de reinscripción, además de pagar la tasa por derecho de tramitación, debe presentarse únicamente una declaración jurada, señalando que las condiciones por las cuales se le otorgó el registro se mantienen vigentes.





**Anexo F**  
**Cálculos y costos de**  
**materia prima e insumos**

**Tabla F1. Datos de demanda**

<b>Demanda año</b>	<b>Bidones/año</b>
1	9052
2	9191
3	9331
4	9470
5	9610
6	9749
7	9889
8	10 028
9	10 168
10	10 307
11	10 446
12	10 586
13	10 725
14	10 865
15	11 004

Elaboración propia

**Tabla F2. Tiempos de producción al año**

<b>Año</b>	<b>Turnos/día</b>	<b>Horas/día</b>	<b>Horas/año</b>	<b>Días/año</b>	<b>Meses/año</b>
1	1,28	10,2	2551,7	106,3	3,5
2	1,30	10,4	2591,0	108,0	3,6
3	1,32	10,5	2630,3	109,6	3,7
4	1,33	10,7	2669,6	111,2	3,7
5	1,35	10,8	2708,9	112,9	3,8
6	1,37	11,0	2748,2	114,5	3,8
7	1,39	11,2	2787,5	116,1	3,9
8	1,41	11,3	2826,8	117,8	3,9
9	1,43	11,5	2866,1	119,4	4,0
10	1,45	11,6	2905,4	121,1	4,0
11	1,47	11,8	2944,7	122,7	4,1
12	1,49	11,9	2984,1	124,3	4,1
13	1,51	12,1	3023,4	126,0	4,2
14	1,53	12,3	3062,7	127,6	4,3
15	1,55	12,4	3102,0	129,2	4,3

Elaboración propia

**Tabla F3. Depreciación de bienes**

<b>Bien</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Valor US\$</b>
Obras civiles	25	800,00
Maquinaria	10	1090,00
Pago depreciación anual		1890,00

Elaboración propia

**Tabla F4.** Costos unitarios de mantenimiento equipos

<b>Pieza de cambio</b>	<b>Duración/cambio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo anual US\$</b>
Lámpara UV	1	años	120,00
Membrana ósmosis inversa	1	años	342,20
Filtro carbón	6	meses	210,00
Filtro sedimentos 5u	6	meses	210,00
Filtro sedimentos 20u	6	meses	210,00
Ablandador componentes electrónicos y limpieza	2	años	106,20
Generador ozono: cámara dieléctrica, componentes electrónicos y limpieza	6	meses	100,00
Sal industrial para regeneración	2	días	175,00

Elaboración propia

**Tabla F5.** Costos unitarios de servicios e insumos de envasado.

<b>Dato</b>	<b>Valor</b>
Costo de m3 de agua US\$	0,84
Costo kW/hora US\$	0,14
Consumo energía producción kW/h	2,51
Precio millar tapas US\$	81,28
Índice tapas	0,08
Precio unitario bidón US\$	4,16
Cantidad de cargas	60,00
Índice bidones	0,07
Precio millar termo contraíbles US\$	23,00
Precio unitario contraíbles US\$	0,02
Precio millar etiquetas US\$	94,32
Precio unitario de etiquetas US\$	0,09

Fuente: Cotización de proveedores

**Tabla F6.** Costos anuales de mantenimiento del sistema producción

Equipo consumible/ Año	Lámpara UV	Membrana ósmosis inversa	Filtro carbón	Filtro sedimentos 5u	Filtro sedimentos 20u	Ablador limpieza	Generador ozono	Sal regenerar ablandador	Hipoclorito de sodio	Total
1	35,44	101,06	62,02	62,02	62,02	31,36	29,53	51,68	722,63	1157,77
2	35,99	102,62	62,97	62,97	62,97	31,85	29,99	52,48	733,76	1175,60
3	36,53	104,18	63,93	63,93	63,93	32,33	30,44	53,28	744,89	1193,44
4	37,08	105,73	64,89	64,89	64,89	32,81	30,90	54,07	756,02	1211,27
5	37,62	107,29	65,84	65,84	65,84	33,30	31,35	54,87	767,16	1229,11
6	38,17	108,85	66,80	66,80	66,80	33,78	31,81	55,66	778,29	1246,95
7	38,72	110,40	67,75	67,75	67,75	34,26	32,26	56,46	789,42	1264,78
8	39,26	111,96	68,71	68,71	68,71	34,75	32,72	57,26	800,55	1282,62
9	39,81	113,52	69,66	69,66	69,66	35,23	33,17	58,05	811,69	1300,45
10	40,35	115,07	70,62	70,62	70,62	35,71	33,63	58,85	822,82	1318,29
11	40,90	116,63	71,57	71,57	71,57	36,20	34,08	59,64	833,95	1336,13
12	41,45	118,19	72,53	72,53	72,53	36,68	34,54	60,44	845,08	1353,96
13	41,99	119,74	73,48	73,48	73,48	37,16	34,99	61,24	856,22	1371,80
14	42,54	121,30	74,44	74,44	74,44	37,65	35,45	62,03	867,35	1389,63
15	43,08	122,86	75,40	75,40	75,40	38,13	35,90	62,83	878,48	1407,47

Elaboración propia

**Tabla F7.** Costos anuales de servicios e insumos de envasado

Año	Costo materia prima m <sup>3</sup> de agua US\$	Costo energía US\$	Costo lavado de bidones US\$	Costo insumos envasado US\$
1	244,22	898,90	53,42	2425,29
2	247,98	912,75	54,25	2462,65
3	251,74	926,59	55,07	2500,01
4	255,50	940,44	55,89	2537,38
5	259,27	954,29	56,71	2574,74
6	263,03	968,14	57,54	2612,10
7	266,79	981,99	58,36	2649,47
8	270,55	995,83	59,18	2686,83
9	274,32	1009,68	60,01	2724,19
10	278,08	1023,53	60,83	2761,56
11	281,84	1037,38	61,65	2798,92
12	285,60	1051,23	62,48	2836,28
13	289,37	1065,07	63,30	2873,64
14	293,13	1078,92	64,12	2911,01
15	296,89	1092,77	64,94	2948,36

Elaboración propia

**Anexo G**  
**Costos de operación**

**Tabla G1. Costos de operación**

Concepto / año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Costos Variables</b>															
Materia prima	244,22	247,98	251,74	255,50	259,27	263,03	266,79	270,55	274,32	278,08	281,84	285,60	289,37	293,13	296,89
Otros insumos (bidones y tapas)	2425,29	2462,65	2500,01	2537,38	2574,74	2612,10	2649,47	2686,83	2724,19	2761,56	2798,92	2836,28	2873,64	2911,01	2948,36
Mano de obra directa	17 861,55	18 136,72	18 411,89	18 687,05	18 962,22	19 237,39	19 512,55	19 787,72	20 062,89	20 338,05	20 613,22	20 888,39	21 163,56	21 438,72	21 713,81
Mano de obra indirecta	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84	14 175,84
Consumibles	1157,77	1175,60	1193,44	1211,27	1229,11	1246,95	1264,78	1282,62	1300,45	1318,29	1336,13	1353,96	1371,80	1389,63	1407,47
Cargo variable por energía	898,90	912,75	926,59	940,44	954,29	968,14	981,99	995,83	1009,68	1023,53	1037,38	1051,23	1065,07	1078,92	1092,77
Cargo variable agua (lavado y limpieza)	53,42	54,25	55,07	55,89	56,71	57,54	58,36	59,18	60,01	60,83	61,65	62,48	63,30	64,12	64,94
<b>Total costos variables</b>	<b>36 816,98</b>	<b>37 165,78</b>	<b>37 514,58</b>	<b>37 863,38</b>	<b>38 212,18</b>	<b>38 560,98</b>	<b>38 909,78</b>	<b>39 258,58</b>	<b>39 607,38</b>	<b>39 956,17</b>	<b>40 304,97</b>	<b>40 653,77</b>	<b>41 002,57</b>	<b>41 351,37</b>	<b>41 700,07</b>
<b>Costos Fijos</b>															
Depreciación	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	1 890,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Cargo fijo por energía (iluminación)	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
<b>Total costos fijos</b>	<b>2130,00</b>	<b>1040,00</b>	<b>1040,00</b>	<b>1040,00</b>	<b>1040,00</b>	<b>1040,00</b>									
<b>Total costos de producción</b>	<b>38 946,98</b>	<b>39 295,78</b>	<b>39 644,58</b>	<b>39 993,38</b>	<b>40 342,18</b>	<b>40 690,98</b>	<b>41 039,78</b>	<b>41 388,58</b>	<b>41 737,38</b>	<b>42 086,17</b>	<b>41 344,97</b>	<b>41 693,77</b>	<b>42 042,57</b>	<b>42 391,37</b>	<b>42 740,07</b>
<b>Costo unitario</b>	<b>4,30</b>	<b>4,28</b>	<b>4,25</b>	<b>4,22</b>	<b>4,20</b>	<b>4,17</b>	<b>4,15</b>	<b>4,13</b>	<b>4,10</b>	<b>4,08</b>	<b>3,96</b>	<b>3,94</b>	<b>3,92</b>	<b>3,90</b>	<b>3,88</b>