



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

***“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE
DE UNA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA”***

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

PRESENTA

CORONEL CHÁVEZ ÁMBAR JOSEFINA

ASESOR

MTRO. VÍCTOR CORVERA PILLADO

MÉXICO, D.F., 18 JUNIO 2012



Agradecimientos

A mis padres,
Ma. Guadalupe Chávez Hernández y José Coronel Ramírez;
porque con su esfuerzo pude conocer un mundo nuevo y ejercer hoy día mi profesión.
Sus consejos serán por siempre mis armas en la verdadera batalla.

A mi esposo,
Fernando Santana González;
por su valentía, dirección y amor.

A mi bebé,
Fernando Santana Coronel;
Mi inspiración. Para que nos supere.

A mis amigos,
Yunúé, Esther, Laura, Adaluz, Lynn, Verónica y Germán;
Por cubrirme mientras lloro, por levantarme tantas veces, tantos años.
Porque juntas son capaces de conquistar el mundo.

A mi director de tesis, servicio social y amigo de toda la carrera
Mtro. Víctor Corvera Pillado;
por su trabajo e interés en mis proyectos.

A mis distinguidos académicos de la UNAM,
I.Q. Francisco J. Mandujano, Dr. J. Ángel Rojas, I.Q. Roberto Mendoza,
I.Q. Eduardo Vázquez, I.Q. Enrique Gil y Biól. Leticia Carrizosa.
por el entrenamiento que distingue a la Universidad
y por sus observaciones tan oportunas.

A mi excelente médico y psicólogo,
Dr. Carlos Martínez Calles;
Por asegurarme que me graduaría y por sus consejos laborales.

Ámbar J. Coronel Chávez



“Al valorar la riqueza de una nación es fácil que se cometan errores. Primero, porque muchos de los dones que la naturaleza ofrece al hombre no se incluyen en el inventario y, segundo, porque en éste se subestima la importancia de todo lo que, por abundar, tiene un valor pequeño en el mercado. Tiene pues una importancia singular, el estar en guardia contra estos errores cuando tratamos de averiguar en qué medida es el agua, un elemento integrante de la riqueza nacional.”

Marsh Alfred. El agua como integrante de la riqueza nacional, 1879.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

I. MARCO TEÓRICO	3
A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	3
B. GENERALIDADES	4
1. Propiedades.....	4
a. Propiedades Organolépticas	4
b. Propiedades Físicas	4
c. Propiedades Químicas	4
d. Propiedades Biológicas	5
2. Tipos de agua.....	5
a. De acuerdo a su procedencia.....	5
1) Agua superficial	5
2) Agua subterránea	5
b. De acuerdo a sus propiedades para el consumo humano	6
1) Potable.....	6
2) No potable	6
c. De acuerdo a su contenido de minerales	6
1) Dura	6
2) Blanda	6
d. De acuerdo a su proceso de embotellamiento.....	6
1) Agua mineral.....	6
2) Agua de manantial.....	6
3) Agua potable purificada.....	7
e. De acuerdo a su tipo de contaminación	7
1) Aguas Negras	7
2) Aguas Grises.....	7
3) Aguas Negras Industriales	7
3. Principales contaminantes del agua.....	7
a. Contaminantes Orgánicos.....	7
b. Contaminantes Inorgánicos	7
c. Contaminantes biológicos.....	8
d. Contaminantes Radioactivos	8
C. POTABILIZACIÓN DEL AGUA.....	8
1. Agua potable	8
2. Proceso de potabilización.....	9
a. Almacenamiento de agua bruta.....	9
b. Captación	9
c. Tratamiento	10
d. Almacenamiento de agua tratada	10
e. Red de distribución y abastecimiento.....	11
3. Administración de los Servicios de Agua	11
D. PURIFICACIÓN DEL AGUA.....	12
1. Selección del Tren de Proceso de Purificación para Agua de Consumo Humano	12
a. Cloración	13
b. Multicama ó lecho profundo	13
c. Filtración con carbón activado	13
d. Filtro pulidor	13



e. Luz ultravioleta.....	14
f. Ozonización.....	14
g. Osmosis inversa	14
E. NORMATIVIDAD Y DISEÑO DE LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	15
1. NOM-160-SSA1-1995	16
a. Disposiciones Sanitarias para Plantas Purificadoras con Personal	16
1) Buenas prácticas de higiene y sanidad	16
2) Control de puntos específicos del proceso para plantas purificadoras de agua.....	17
3) Disposiciones para el envase	18
4) Registros disponibles para el personal de verificación.....	18
2. NOM-201-SSA1-2002	19
3. Trámites de registro.....	21
F. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA PARA CONSUMO HUMANO	21
1. Certificados de Análisis del agua requeridos por la Secretaría de Salud	21
a. Certificado de Análisis de la Materia Prima.....	22
b. Certificado de Análisis del Producto Terminado.....	22
2. Control de Proceso del Agua Purificada	22
3. Análisis del Agua para Consumo Humano.....	23
a. Análisis Físico	23
1) Turbiedad.....	23
2) Color	23
3) Olor y sabor	24
4) Temperatura	24
b. Análisis Bacteriológico	24
c. Análisis Químico.....	25
1) pH	25
2) Sales disueltas.....	25
3) Dureza del agua	26
4) Metales tóxicos.....	27
II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	28
A. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN.....	28
B. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	28
C. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	28
III. OBJETIVOS	29
IV. HIPOTESIS	30
V. METODOLOGIA	31
A. TIPO DE ESTUDIO	31
B. PROCEDIMIENTO	31
C. DIAGRAMA DE FLUJO	32
VI. RESULTADOS.....	33
A. ESTUDIO TÉCNICO.....	33
B. ESTUDIO ECONÓMICO	41
C. ESTUDIO MERCADOLÓGICO.....	43
VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
VIII. CONCLUSIONES	49
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50



INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el agua se consideró como un recurso infinito. Sin embargo, la rapidez con la que se efectúa su proceso de purificación de manera natural, se encuentra en conflicto permanente con la velocidad con la que el ser humano explota y contamina sus fuentes. La vida sin el agua es prácticamente imposible. El cuerpo humano se compone de 70% de éste compuesto y representa un líquido vital para él.

Nuestro país enfrenta una fuerte disminución de la disponibilidad de agua en las zonas más pobladas y un aumento en la extracción, consumo y contaminación de los recursos hídricos susceptibles de utilizarse como fuente de abastecimiento. El crecimiento demográfico acelerado que se vive, ha propiciado que la población sopesa la preocupante situación, adquiriendo por su cuenta éste recurso natural.

El agua suministrada en la red pública hasta hace unos años era, por una parte suficiente y por otra, considerada por los consumidores agua potable confiable. Sin embargo, actualmente además de los serios problemas de suministro, se sabe que la calidad del agua abastecida ha decrecido considerablemente, pues a simple vista se perciben afectadas sus propiedades organolépticas, sin considerar, lo que el consumidor no ve. Esto lo obliga a adquirir agua purificada embotellada que le ofrezca una mejor calidad, convirtiendo hoy día a México en el segundo lugar mundial en consumo de agua embotellada.

El agua que se consume de la llave ó de una marca embotellada, a pesar de su paso por plantas potabilizadoras, llega a los hogares con contaminantes. Estos materiales penetran a través del suelo y terminan depositándose en los mantos acuíferos, de donde se obtiene el agua para consumo humano. Los principales contaminantes se encuentran en el agua son los orgánicos, inorgánicos, biológicos y radioactivos y aunque no se presentan todos al mismo tiempo y en concentraciones elevadas, el riesgo que implica su ingesta se determina a largo plazo cuando la salud se ve afectada por éstos, debido a que el producto que llega los hogares no cuenta con las especificaciones de calidad establecidas por la normatividad nacional.

Los recursos ó técnicas común y universalmente usadas para tratar de potabilizar el agua, han demostrado no ser del todo seguros. Entre ellas está la falsa idea de que al hervir el agua se purifica, pues sólo se eliminan agentes biológicos ó el uso excesivo de cloro como desinfectante químico de microorganismos, que al ser consumido (ó inhalado al hervirla), representa un riesgo considerable para la salud.

Para purificar el agua, se requieren una serie de procesos, cada uno de ellos elimina algunos contaminantes específicos. El mejor proceso de purificado, es aquel que incluye varios pasos integrados. Actualmente se manejan nuevas tecnologías como filtros de sedimento, multicapas, carbón activado, suavizadores, tanques de filtrado, resinas especiales, destilación, luz ultravioleta, ozono, ósmosis inversa, intercambio iónico, nanofiltración, ultrafiltración, desalación, etc.

El presente estudio de factibilidad presenta como alternativa, el montaje de una planta purificadora de agua para consumo humano, que ofrezca el llenado in situ de garrafones junto con un plan de distribución del producto a hogares, oficinas y pequeños comercios, a una fracción del costo del producto líder y con calidad garantizada. El proyecto pretende atender la alta demanda de éste vital líquido, a un delimitado sector de la población carente del servicio, ubicado en la colonia Granada, dentro de la Ciudad de México.

Para lograrlo se realizará un estudio de factibilidad de proyectos: estudio técnico, económico y mercadológico del producto, a demás de una amplia investigación y análisis del proceso de purificación



del agua, para finalmente seleccionar y proponer un "tren de proceso" adecuado y un equipo tecnológicamente viable para la planta, y así poder implementar un sistema general de producción que persiga como primer objetivo: la salud de éste sector de la población mediante un producto de alta calidad que cumpla con la normatividad del país y que brinde protección efectiva contra las enfermedades producidas por la ingestión de elementos perjudiciales a través del mismo.

Al resultar un proyecto viable se estima que el fabricante (Q.F.B.), que cuenta con conocimientos requeridos para el diseño, montaje, arranque y mantenimiento de la planta, podrá obtener utilidad a mediano plazo, y por otro lado generar posibles empleos como una alternativa de sostenimiento factible.



I. MARCO TEÓRICO

A. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta 1781 cuando el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Dos años más tarde, el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino, un compuesto de oxígeno e hidrógeno. Finalmente, un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en su fórmula actual H_2O .

El agua tiene un papel fundamental como motor de la actividad biológica en el planeta. La vida misma se inició en su seno, para después evolucionar hasta lo que ahora somos.

Los pueblos antiguos no necesitaban obras de ingeniería para su suministro de agua. Cazadores y nómadas acampaban cerca de fuentes naturales de agua, y los poblados estaban tan dispersos que la contaminación del agua no constituía un serio problema.

Cuando se desarrolló la vida en comunidad y las aldeas agrícolas se transformaron en centros urbanos, el suministro de agua se convirtió en un problema para los habitantes de las ciudades y para el riego de los campos circundantes. El pueblo romano fue el primero en tomar en cuenta la sanidad del suministro de agua y construyó una extensa red de acueductos para traer las aguas limpias de los montes Apeninos hasta la ciudad, intercalando estanques y filtros a lo largo del recorrido del agua para asegurar su calidad.

El invento de la bomba de impulsión en Inglaterra a mediados del siglo XVI aumentó las posibilidades de desarrollo de sistemas de suministro de agua. En Londres, la primera obra de bombeo de aguas se finalizó en el año 1562. Se bombeaba agua de río a un embalse a unos treinta y siete metros por encima del nivel del Támesis, y desde el embalse se distribuía a los edificios vecinos a través de tuberías, aprovechando la fuerza de la gravedad.

Desde entonces no sólo han evolucionado los sistemas de suministro hasta los que conocemos hoy día, sino que en las últimas décadas, ha aumentado el interés en la conversión de agua de mar en agua potable en regiones muy secas como en el Oriente y en Europa. Diversos procesos como destilación, electrodiálisis, ósmosis inversa, nanofiltración, etc., se han desarrollado para este fin. A pesar de sus buenos resultados, el tratamiento de agua de mar para hacerla potable ha resultado ser mucho más costoso que los tratamientos del agua dulce.

**B. GENERALIDADES****1. Propiedades****a. Propiedades Organolépticas**

El agua pura es incolora, inodora e insípida. Sin embargo, dependiendo de su procedencia, dista mucho de ser pura y presenta otras propiedades que nuestros sentidos detectan.

b. Propiedades Físicas

La siguiente tabla resume las propiedades físicas del agua.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Peso molecular	18	g/mol
Punto de fusión	0	°C
Punto de ebullición (a nivel del mar y 760 mmHg)	100	°C
Punto de ebullición (en la Cd. de México y 585 mmHg)	92.8	°C
Temperatura crítica	374.2	°C
Presión crítica	217,5	Atm
Calor específico	1	cal / g°C
Peso específico	1	cal / g°C
Densidad (100°C y 760 mmHg)	0,958	g/ MI
Índice de refracción	1.333	-----

Tabla 01. Propiedades físicas del agua

c. Propiedades Químicas

- El agua es considerada como solvente universal.
- Es un disolvente polar: disuelve bien sustancias iónicas y polares, como el cloruro de sodio; no disuelve apreciablemente sustancias fuertemente apolares, como el azufre en la mayoría de sus formas; y es inmiscible con disolventes apolares como el hexano.
- Es catalizador en muchas reacciones químicas.
- No se mezcla bien con sustancias hidrofóbicas y aceites.
- Reacciona con los óxidos ácidos, óxidos básicos, metales y no metales.
- Con ciertas sales forma hidratos.
- Reacciona con anhídridos u óxidos ácidos para formar ácidos oxácidos.



d. Propiedades Biológicas

El agua constituye un compuesto imprescindible para la vida. La mayor parte de los organismos de la Tierra tienen en su composición agua. El cuerpo humano está formado principalmente por ella, alcanzando una proporción entre 60-70%. Sin el agua el organismo humano se deteriora rápidamente en un proceso llamado deshidratación que conduce a la muerte. El límite máximo de vida sin agua para un humano medio oscila entre 3 y 4 días. Dentro de las principales funciones biológicas del agua se encuentran:

- Permite la difusión, es decir el movimiento en su interior de partículas sueltas, constituyendo el principal transporte de muchas sustancias nutritivas.
- Constituye un excelente termorregulador, permitiendo la vida de organismos en una amplia variedad de ambientes térmicos.
- Participa como agente químico, en las reacciones de hidratación, hidrólisis oxidoreducción.
- Es un excelente disolvente, de sustancias tóxicas y compuestos nocivos del organismo.
- Actúa como vehículo de transporte en el interior de un ser vivo y como medio lubricante en sus articulaciones. Da flexibilidad a los tejidos.
- Interviene en el mantenimiento de la estructura celular de las plantas.

2. Tipos de agua

Existen diferentes tipos de agua y se clasifican de acuerdo a su procedencia, uso y contaminación:

a. De acuerdo a su procedencia ¹

1) Agua superficial

Toda agua natural abierta a la atmósfera, de ríos, lagos, reservorios, océanos, mares, estuarios. Esta agua, para que resulte potable, debe someterse a un tratamiento que elimina los elementos no deseados, tanto las partículas en suspensión como los microorganismos patógenos. Estas partículas son fundamentalmente arcillas que el río arrastra y restos de plantas ó animales que flotan en ella. A todo ello hay que sumar los vertidos que realizan las fábricas y las poblaciones. Para eliminar las impurezas físicas se utilizan fundamentalmente procedimientos de decantación que las hacen precipitar al fondo. Las bacterias son eliminadas por procedimientos químicos o biológicos.

El aumento de la población ha obligado a reutilizar el agua de los ríos, sobre la que se vierten gran cantidad de contaminantes. Para ello se ha tenido que instalar grandes plantas potabilizadoras con la finalidad de convertir esta agua no potable en agua apta para el consumo humano. Igualmente se han tenido que instalar en algunos lugares con pocos recursos hídricos, plantas desalinizadoras que potabilizan el agua del mar. Con todo ello se obtiene la llamada " agua de grifo" que resulta apta para el consumo humano, aunque la calidad y las características de la misma resulten poco apetecibles.

2) Agua subterránea

Es aquella que procede de un manantial que surge del interior de la tierra ó la que se obtiene de algunos pozos. Esta agua presenta normalmente un grado de contaminación inferior al agua superficial, pero, en la mayoría de los casos, deben tener un tratamiento previo antes de ser apta para el consumo humano. El agua de manantial puede suministrarse a través de la red de agua potable ó utilizarse para embotellarse.

**b. De acuerdo a sus propiedades para el consumo humano ²****1) Potable**

Agua apta para el consumo humano, sin que presente riesgo de contraer enfermedades. Se considera apta porque no tiene materias disueltas perjudiciales para la salud (sustancias en suspensión ó microorganismos). El término se aplica al agua que ha sido tratada para el humano según normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

Actualmente nombramos **Agua Purificada**, al agua superficial ó subterránea que después de haber pasado por un proceso de potabilización general, es sometida a otros tratamientos físico-químicos (ahora dentro de la planta purificadora) para después envasarla (garrafón o botellas de PET) y entregarla al consumidor garantizando su pureza y sabor.

2) No potable

Agua no es apta para el consumo humano.

c. De acuerdo a su contenido de minerales ²**1) Dura**

Agua que contiene una elevada cantidad de minerales como calcio y magnesio. El agua dura suele proceder de fuentes subterráneas, donde ha tenido que atravesar diferentes capas de minerales. La disolución y arrastre de estos minerales es lo que le proporciona la dureza. En ella el jabón se disuelve poco y genera menos espuma al mezclarlos. Otra de sus características es la cantidad de residuos que deja en el vaso cuando el agua se evapora ó en los depósitos que la contienen, después de hervirla. Estos mismos residuos se incrustan en los lavavajillas ó lavadoras y las corroen más que el agua blanda.

2) Blanda

Agua sin dureza significativa, es decir, contiene muy pocos minerales. Produce mucha espuma cuando se le mezcla con jabón. Suele ser agua de pozo ó aquella que procede de agua superficial. El agua más blanda es el agua destilada ya que no posee ningún mineral, pero no es apta para el consumo humano.

d. De acuerdo a su proceso de embotellamiento ²**1) Agua mineral**

Aquella que tiene origen de un yacimiento ó formación subterránea y brota de un manantial de forma natural a la superficie de la tierra. A diferencia de otro tipo de aguas, presenta oligoelementos y una riqueza constante de minerales mayores a 250 partes por millón, siendo éstos de procedencia natural y no añadida. Es agua bacteriológicamente sana y su pureza es original. Estas características han sido conservadas intactas, dado el origen subterráneo del agua, mediante la protección del acuífero contra todo riesgo de contaminación. El embotellamiento debe producirse en su lugar de origen. Esta agua no puede ser tratada, ni se le añaden minerales, sabores ó aditivos.

2) Agua de manantial

Agua potable de origen subterráneo que emerge de un manantial espontáneamente a la superficie de la tierra. El agua de manantial es recogida únicamente en la fuente ó extraída por el hombre (con la ayuda de un taladro que atraviesa la formación subterránea hasta encontrar el manantial). Tiene características naturales de pureza que permiten su consumo. Algunas veces pueden precisar tratamientos físicos para separar elementos indeseables. Se permite su adición o eliminación de anhídrido carbónico, pero no más tratamientos.



3) Agua potable purificada

Aquella sometida a los tratamientos autorizados físico-químicos necesarios (decantación, la filtración, la cloración, la ionización, etc.) para hacerla apta para consumo humano y que reúna las características establecidas por normatividad. Puede ser de origen superficial, subterránea ó del mismo sistema público de abastecimiento.

e. De acuerdo a su tipo de contaminación³

Aguas residuales. Son todos los fluídos de un sistema de alcantarillado. Es el agua que ha sido utilizada en las actividades diarias de una comunidad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios) y que contiene materia orgánica disuelta o suspendida. De acuerdo a sus contaminantes, el agua residual se clasifica en:

1) Aguas Negras

Es agua residual contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Presentan alto contenido de residuos sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento indebido genera graves problemas de contaminación.

2) Aguas Grises

Son aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y algunos coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros. Las aguas grises se distinguen de las aguas cloacales o aguas negras, porque no contienen bacterias *Escherichia coli*. Sin embargo, sabe que las aguas grises contienen algún porcentaje de aguas negras, incluyendo patógenos de varias clases. Las aguas grises son de vital importancia, porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío ecológico. Las aguas grises sin tratar no pueden ser utilizadas para la descarga del excusado ya que generan malos olores y manchas si se dejan más de un día.

3) Aguas Negras Industriales

Es la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga.

3. Principales contaminantes del agua

El agua presenta cuatro tipos de contaminantes principalmente:

a. Contaminantes Orgánicos

Son derivados de insecticidas, pesticidas, herbicidas, restos de benceno y toluenos, etc. En su mayoría, cancerígenos.

b. Contaminantes Inorgánicos

Son sustancias que el agua disuelve al pasar por la corteza terrestre, éste fenómeno es muy común en los pozos, entre más profundo, más contaminación inorgánica. Las sustancias más peligrosas son algunos metales pesados como arsénico, plomo, mercurio y zinc. Entre otros se encuentran el cadmio, níquel, cobre, sodio, asbesto, en su mayoría tóxicos ó cancerígenos.



c. Contaminantes biológicos

Microorganismos, que habitan en el agua y proliferan por restos fecales en ella, por ejemplo, bacterias, algas y virus, que ocasionan enfermedades como el cólera, la tifoidea y otras del tipo enterogastrointestinal.

d. Contaminantes Radioactivos ²

La radioactividad en el agua se produce por mecanismos de adquisición naturales, es decir por modificaciones del medio ambiente y por algunas sustancias minerales que poseen propiedades particulares radioactivas, y por otra parte, se generan por la intervención del hombre con actividades nucleares.

Las sustancias radioactivas disueltas (sales y gas) en las aguas por contacto con las rocas encajonantes, tienen relación con tres familias naturales: La del uranio, torio y actinio. Después del descubrimiento de la radioactividad artificial realizado por F. Joliot-Curie en 1934, se han obtenido por transmutación más de un millar de elementos radiactivos y desde ahí muchas de las actividades nucleares del hombre introducen en el ambiente dichos radioelementos. En general las aguas profundas están protegidas contra este tipo de contaminación; no obstante, el tritio, que es sumamente móvil, puede trasladarse a zonas profundas, en baja concentración.

La recomendación sobre estos contaminantes se deriva de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, después tomadas como propias por la disposición francesa en 1988. En esta última se precisan las condiciones de determinación de la radioactividad o de las radiaciones ionizantes en los diversos medios en los que su presencia puede representar un riesgo para la salud o para los trabajadores.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha promulgado las Normas Internacionales y Europeas para el agua potable (International and European Standards of Drinking Water). Ambas especifican 1 $\mu\text{C}/\text{L}$ (micromicrocuries o picocuries por litro) de emisores de partículas α (por ejemplo, radio-226 como emisor) y 10 $\mu\text{C}/\text{L}$ de emisores de partículas β , para el uso durante toda la vida en poblaciones grandes.

Actualmente en México la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1997. Salud Ambiental, Agua para uso y consumo humano: Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, menciona como límite de elementos radioactivos presentes en el agua 0.1 Bequerel/L de radioactividad alfa global y 1.0 Bequerel/L de radioactividad beta global.⁴

C. POTABILIZACIÓN DEL AGUA

1. Agua potable

La Organización Mundial de la Salud (OMS) la define al agua potable como toda aquella adecuada para el consumo humano, y para uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. Por otra parte las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que regulan la fabricación, abastecimiento y calidad del agua presentan las siguientes definiciones:

- **Agua potable.** Aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano (NOM-041-SSA1-1993; NOM-160-SSA1-1995).
- **Agua para uso y consumo humano.** Aquella que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos al ser humano. (NOM-127-SSA-1997)

2. Proceso de potabilización ⁵

La Norma Oficial del Agua Potable (NOM-127-SSA-1997), define potabilización como el conjunto de operaciones unitarias y procesos físicos y/o químicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento públicos ó privados, a fin de hacerla apta para uso humano.⁵

La potabilización persigue como objetivo el proporcionar agua segura para el consumo humano, con buen aspecto y costo razonable. No está constituida por un solo proceso, sino que abarca una serie de procesos y operaciones unitarias denominadas en conjunto “tren de tratamiento” y está determinado por el origen del agua (superficial o subterránea). Los tratamientos van desde la simple desinfección, hasta la desalinización, aunque generalmente consisten en la separación de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

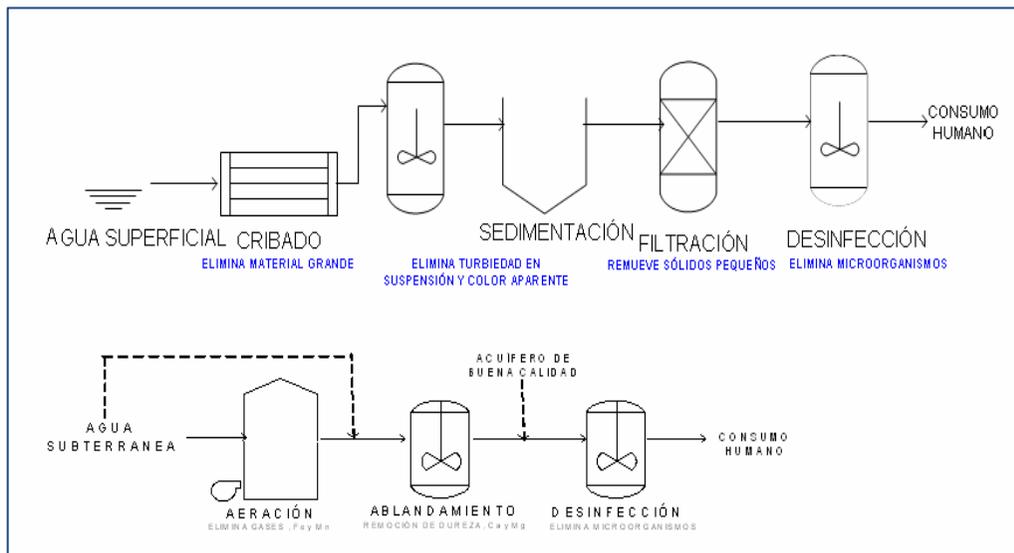


Figura 01. Resumen de los tratamientos más utilizados para agua de diferentes fuentes.

El tratamiento más completo para el agua cruda es el que se le da a las aguas de origen superficial y consta de cinco etapas principales:

a. Almacenamiento de agua bruta

Éste se hace necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal suficiente todo el año. En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales.

b. Captación

La captación de las agua superficiales se hace a través de las bocatomas, en algunos casos se utilizan galerías filtrantes paralelas al curso de agua para captar las aguas que resultan así con un filtrado preliminar. La captación de un manantial debe hacerse con todo cuidado, protegiendo el lugar de posible contaminación y delimitando un área de protección cerrada. Finalmente, la captación de las aguas subterráneas se hace a través de pozos ó galerías filtrantes.



c. Tratamiento⁵

Dependiendo de la calidad del agua cruda, el grado de complejidad del tratamiento es diferente. Una planta potabilizadora completa, generalmente realiza los procesos descritos en la tabla siguiente:

PROCESO	PROPÓSITO
<p style="text-align: center;">TRATAMIENTO PRELIMINAR.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Cribado ➤ Pretratamiento químico ➤ Presedimentación <p style="text-align: center;">TRATAMIENTO PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aireación ➤ Coagulación/ floculación ➤ Sedimentación ➤ Ablandamiento ➤ Filtración ➤ Adsorción ➤ Estabilización ➤ Desinfección 	<p>Remoción de desechos grandes que pueden obstruir ó dañar los equipos de la planta.</p> <p>Remoción eventual de algas y otros elementos acuáticos que causan sabor, olor y color.</p> <p>Remoción de grava, arena, limo y otros materiales sedimentables.</p> <p>Remoción de olores y gases disueltos; adición de oxígeno para mejorar el sabor.</p> <p>Conversión de sólidos no sedimentables en sólidos sedimentables.</p> <p>Remoción de sólidos sedimentables.</p> <p>Remoción de dureza.</p> <p>Remoción de sólidos finos, flóculo en suspensión y la mayoría de los microorganismos.</p> <p>Remoción de sustancias orgánicas y color.</p> <p>Prevención de incrustaciones y corrosión.</p> <p>Exterminio de organismos patógenos</p>

Tabla 02. Tratamiento para potabilización de agua cruda.

d. Almacenamiento de agua tratada

Tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia. Sus tanques cuentan con un dosificador ó hipoclorador para conservarla apta para el consumo humano.



e. Red de distribución y abastecimiento

Una red de abastecimiento de agua potable se define como un sistema de obras de ingeniería, sincronizadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una población relativamente densa, el agua potable. La línea de distribución se inicia en el tanque de agua tratada y termina en la primera vivienda del usuario del sistema. Se tienen que tomar en cuenta todas las previsiones necesarias en la distribución del producto para evitar su contaminación. Consta de Estaciones de bombeo, Tuberías principales, secundarias y terciarias con control de cloración.

3. Administración de los Servicios de Agua

La administración de los servicios de agua y desagüe en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es responsable de la zona del Distrito Federal (D.F.), y la Comisión Nacional del Agua del Estado de México. Estas entidades, dentro de sus respectivos límites jurisdiccionales, son responsables del abastecimiento de agua potable, así como de recolectar y disponer de las aguas residuales. Por su parte la Comisión Nacional del Agua, es la autoridad federal responsable de llevar el agua potable en bloque a éstas áreas de servicio, operar la mayoría de los pozos profundos de abastecimiento y organizar aquellos aspectos relativos a los trabajos hidráulicos que tengan por objeto conducir el agua desde las cuencas vecinas. También es responsable de cuestiones relativas al agua a nivel nacional.

Aunque el Departamento del Distrito Federal (DDF) es responsable de abastecer el agua potable, recolectar las aguas residuales y disponer de ellas en toda su jurisdicción, existen partes del D.F. que están pobladas de manera dispersa y que no están integradas al sistema de abastecimiento y distribución de agua, por ejemplo el área sur y poniente.

En el Distrito Federal hay un nivel de servicio de abastecimiento más alto (96%) que en el Estado de México (90.2 %). El resto de los residentes tiene que obtener el agua de las pipas suministradas por el gobierno, ó comprarla a camiones con tanques propiedad de empresas privadas que la venden a un precio relativamente alto.

Para el abastecimiento de agua potable para las áreas de servicio del D.F. y del Estado de México (ZMVM) se utiliza agua superficial y subterránea. En lo que se refiere al agua subterránea, el D.F. cuenta con 847 pozos de extracción en servicio y el Estado de México posee 242, contribuyendo con 22.7 m³/s y 20.3 m³/s respectivamente. Esta agua de extracción interna sólo se trata con un proceso de desinfección que consiste en una cloración hasta obtener un cloro residual de 2.0 mg/l y se agrega directamente al sistema de distribución.

Existen plantas de tratamiento de agua que procesan las fuentes de agua superficial en la Cuenca de México antes de enviarla a la ZMVM. En el Distrito Federal opera la planta del Río Magdalena, la cual aplica un proceso a base de coagulación/floculación, sedimentación por gravedad, filtración de arenas rápidas y desinfección con cloro.

La Comisión Nacional del Agua es encargada de operar la planta de aguas superficiales en la presa Madin con una capacidad de diseño de 1,0 m³/s, que abastece el Estado de México y emplea un proceso de tratamiento similar al de la planta Magdalena. Por otra parte, es responsable de la planta de tratamiento Los Berros, que purifica el agua proveniente del Sistema Cutzamala, con una capacidad máxima de diseño de 24 m³/s. Su tratamiento consiste en precloración, coagulación/floculación, sedimentación por gravedad y filtración de arenas rápidas. Por lo general, dicha planta trata 10.6 m³/s de agua, es decir que de algún modo opera por encima de su capacidad (10 m³/s). Los tratamientos se efectúan cerca de la fuente de extracción, antes de que el agua penetre al sistema Lerma-Cutzamala para ser transportada a la ZMVM.

De manera adicional el D.F. cuenta con cuatro plantas secundarias de tratamiento para suministro de agua con una capacidad de diseño total de 1.1m³/s. Finalmente en todas las plantas, el total de cloro



residual en el agua de suministro tratada es de 2.0 mg/l , y una vez que ésta entra al sistema de distribución, se debe asegurar que el total de cloro residual esté dentro de los parámetros debidos hasta que llegue al consumidor ó en cualquier punto de consumo (0.2 a 0.5 mg/l). Para esto, el D.F. cuenta con 326 estaciones de recloración a lo largo del sistema de distribución, que para la ciudad de México sobrepasan los 12 mil kilómetros de redes de tubería para lograr el abastecimiento a la población.

La calidad del agua potable en la ZMVM se observa mediante muestreos que permiten establecer niveles de químicos inorgánicos, químicos orgánicos y parámetros bacteriológicos y físicos. La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal (DGCOH-DDF) mantiene en Xotepingo un Laboratorio Central de Control, el cual se encarga de realizar los análisis de calidad, para evaluar las instalaciones que abastecen el agua, tales como pozos, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento. También se realizan muestreos del agua en tomas domiciliarias en las colonias de las 16 delegaciones que conforman el Distrito Federal.

D. PURIFICACIÓN DEL AGUA

La NOM-041-SSSA1-1993. Agua Purificada Envasada. Especificaciones Sanitarias, define como **Agua Purificada Envasada**, a aquella sometida a un tratamiento físico o químico autorizado (posterior a su potabilización general), que se encuentra libre de agentes infecciosos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud y para su comercialización se presenta en botellones u otros envases con cierre hermético y que además cumple con las especificaciones que se establecen en esta norma. La fuente de abastecimiento del agua (superficial, subterráneo ó del sistema público de abastecimiento), deberá sujetarse también a las disposiciones establecidas en este reglamento.⁶

Para este cometido, el tren de tratamiento de purificación seleccionado, deberá apearse a Buenas Prácticas de Fabricación, definidas como conjunto de normas y actividades relacionadas entre sí, destinadas a garantizar que los productos tengan y mantengan las especificaciones requeridas para su uso, según la NOM-160-SSA1-1995. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.⁷

1. Selección del Tren de Proceso de Purificación para Agua de Consumo Humano

El diseño de una planta de tratamiento eficiente y económico requiere de un estudio técnico y de ingeniería, basado en la calidad de la fuente y en la selección apropiada de los procesos y operaciones de tratamiento más adecuados y accesibles para producir agua de la calidad requerida.⁵ Por lo tanto la planta debe ser confiable, flexible y de mínima operación y mantenimiento.

La NOM-160-SSA1-1995. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada, define como **planta purificadora**, al establecimiento con sistemas de purificación de agua, que puede contar con el servicio de lavado y desinfección de envases y cuyo producto puede expendirse o suministrarse a granel o envasado, atendido por el personal de la empresa y que debe someterse a las disposiciones asignadas por las autoridades sanitarias, a través de su personal de verificación.⁷

Existen varios procesos de purificación de agua que aplican diferentes métodos y tecnologías y que se mejoran e innovan día a día. Actualmente hay equipos prediseñados de tratamiento que cumplen con la regulación sanitaria nacional y con las especificaciones de agua para consumo humano.

La selección del tren de purificación partirá de las características iniciales del agua por tratar en la planta. Considerando que la fuente de abastecimiento será por pedido a empresas particulares de distribución a granel de agua, que presenten su Certificado de Calidad del Producto regulado también por SSA, se propone el siguiente proceso:



a. Cloración

El cloro es un gas verdoso, venenoso, sofocante, más pesado que el aire y que rara vez se encuentra puro en la naturaleza. Es un elemento con propiedades germicidas relativamente económico y de fácil acceso. El cloro gaseoso y una serie de sus compuestos, utilizados en el agua durante un lapso y concentración adecuados, darán por resultado su desinfección. Es importante mencionar que el cloro no actúa inmediatamente, necesita alrededor de 20 minutos para que se considere que el agua ha sido clorada.

El clorar el agua presenta la ventaja de eliminar algunos olores y sabores, evita la formación de algas y ayuda a eliminar el fierro y manganeso. Como germicida tiene el beneficio de su poder residual, es decir, una vez aplicado al agua queda un remanente de cloro que sigue matando los microorganismos por días. Debido a esta característica germicida residual y a la necesidad del tiempo de contacto, el cloro se emplea en los sistemas de distribución de agua potable, cisternas, tinacos y albercas.

El comportamiento del cloro y sus productos derivados es distinto según se use como oxidante o desinfectante en el tratamiento de aguas. Por ejemplo, la eficacia del cloro como bactericida aumenta al disminuir el pH, mientras que su eficacia como oxidante para sustancias como SH_2 , NO_2^- , Mn^{2+} , Fe^{2+} , CN^- crece generalmente al aumentar el pH.⁸

b. Multicama ó lecho profundo

El agua cruda contiene sólidos en suspensión y la remoción de éstos se logra por medio de la filtración del agua a través de un proceso multicama. Generalmente es el primer proceso de toda la secuencia de purificado. Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un tanque con diferentes grosores o calibres de arena sílica (arena de mar); es un trabajo mecánico para remover todas las partículas suspendidas en el agua y eliminar el aspecto turbio al producto. El tratamiento equivale a un filtrado de 20 micras, por lo que al pasar por este proceso, el agua no debe tener elementos ó sustancias a la vista del ojo humano.

c. Filtración con carbón activado

El agua cruda presenta olores, colores, sabores desagradables, cloro residual y otras sustancias indeseables que el carbón activado mineral, por medio de adsorción, tiene la capacidad de eliminar.

El carbón activado, es carbón hecho a partir de maderas duras, cáscaras de nueces y cáscaras de coco, mediante procesos que abren un enorme número de poros de diámetro pequeñísimo. Esa enorme cantidad de microporos tienen una capacidad absorbente tan grande, al grado de que recogen gases y moléculas pequeñas disueltas en el agua, entre ellas las de los compuestos orgánicos e inorgánicos causantes del mal olor y sabor. Los principales sabores que se tratan son el sabor metálico, salado, a cloro y a huevo. Los olores generalmente removidos son las emanaciones amargas como el olor a pescado, a estancado y a aceite. También retienen otros contaminantes, como los plaguicidas, herbicidas, metilato de mercurio, hidrocarburos, fenoles y algunos compuestos carcinógenos.

d. Filtro pulidor

La función de este filtro es de detener las impurezas pequeñas ó sólidos de 5 micras. Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA). Después de este paso se puede tener agua brillante y cristalina.

e. Luz ultravioleta ⁵

Los efectos bactericidas de la luz solar intensa o luz artificial son debidos principalmente a la radiación ultravioleta o radiaciones de longitud de onda corta. La acción destructiva máxima ocurre más allá del espectro visible (longitudes de onda entre 2500-2650 Å) La fuente más común de luz UV es la lámpara de vapor de mercurio a baja presión construida con cuarzo o vidrio especial que emite energía radiante a 2537 Å, que se usa para desinfectar en aplicaciones industriales a pequeña escala, pues su costo es alto para el tratamiento de agua residual pública.

La radiación ultravioleta funciona como germicida, pues al contacto, anula la vida de las bacterias, virus, algas y esporas que vienen en el agua. Es capaz de destruir una célula, retrasar su crecimiento o cambiar su herencia por medio de una mutación genética. Debido a que las proteínas tienen bandas de absorción marcadas en la región del UV, los ácidos nucleicos de las células bacterianas absorberán la energía y se destruirán. La forma bacteriana más resistente a este tratamiento son las esporas.

Para asegurar la desinfección, el agua debe de estar libre de sustancias que absorban la luz, por ejemplo, compuestos fenólicos y aromáticos de otro tipo y de materia suspendida que interponga una sombra a los organismos contra la luz; debe ser adecuado el producto-tiempo-intensidad de la exposición, y el agua debe de estar sujeta a una buena mezcla durante la exposición en películas relativamente delgadas, con objeto de contrarrestar su adsorsividad propia.³

f. Ozonización ⁵

El ozono (O₃), es un compuesto formado por la unión de tres átomos de oxígeno y es compatible con la purificación agua por las siguientes características:

- Es un oxidante fuerte que reacciona rápidamente con la mayoría de compuestos orgánicos y microorganismos presentes en aguas naturales y residuales.
- No imparte gustos y olores al agua
- Se produce a partir de oxígeno atmosférico por medio de energía eléctrica, lo que lo hace un proceso atractivo tecnológicamente, considerando la disponibilidad del aire y los avances en la generación de potencia eléctrica. Es un gas inestable que se descompone rápidamente y debe ser fabricado en el punto de uso. Su olor es característico y fácilmente detectable a concentraciones superiores a 0.02 ppm en el aire.

Su fuerte acción oxidante, inactiva las bacterias y virus reaccionando con sus cadenas de DNA y RNA. Este gas destruye los microorganismos en unos cuantos segundos por un proceso denominado Destrucción de Celda. La ruptura molecular de la membrana celular provocada por el Ozono, dispersa el citoplasma celular en el agua y lo destruye, por lo que la reactivación es imposible.

g. Osmosis inversa.⁵

Se define osmosis como el transporte espontaneo de un disolvente desde una disolución diluida a una disolución concentrada a través de una membrana semipermeable que impide el paso del soluto pero deja pasar el disolvente. Este flujo de disolvente se reduce al aplicar presión en un lado de la membrana. La presión osmótica al buscar el equilibrio, impulsa a las moléculas de agua a través de una membrana permeable, desde una solución diluida hacia otra concentrada. Esta respuesta natural se puede invertir al colocar al agua salina a presiones hidrostáticas mayores que la presión osmótica. De ahí el termino osmosis inversa.

La osmosis inversa es la separación de componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión ejercida en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución. La



presión fuerza al agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El resultado es un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias.

Un Sistema de ósmosis inversa consiste en un pre-tratamiento, seguido de la unidad de ósmosis inversa. La membrana de ósmosis inversa no puede tolerar altas concentraciones de hierro, manganeso, sulfuro de hidrógeno, dureza, ni turbidez, por lo que el pre-tratamiento es esencial para el desempeño del sistema. La membrana de osmosis inversa es una película de acetato de celulosa o de capa delgada TFC, parecido al papel celofán que sólo dejará pasar las moléculas de agua, atrapando, incluso las sales disueltas y es capaz de quitar 95%-99% de los sólidos disueltos totales. El material filtrante de la membrana tiene una multitud de poros submicroscópicos en su superficie. El tamaño del poro de la membrana (0.0005 a 0.002 micrones) es mucho más pequeño que las aberturas de un filtro mecánico normal (1 a 25 micrones) y requiere un diferencial de presión mucho más grande para hacer que el agua pase por la membrana que el diferencial requerido por un material filtrante normal. Estas membranas pueden ser formuladas para dar grados variantes de rechazo de sal. Algunas membranas tienen una habilidad de rechazo de 50 a 98%. La palabra "rechazo" es usada para describir la repulsión de los iones por la membrana.

Las membranas de ósmosis inversa más utilizada son las del Compuesto de Película Delgada de Poliamida (TFC) y las de Triacetato de Celulosa (CTA). Las membranas CTA son utilizadas para unidades de agua potable para residencias si el pH está dentro de los límites, así como en la industria farmacéutica, donde se utiliza la inyección de cloro para mantener bajos conteos de bacterias. Las membranas TFC son las más ampliamente utilizadas debido a sus muy altos porcentajes de rechazo y sus altas capacidades de flujo.

Durante la operación, el agua misma es usada para lavar la membrana, lo que disminuye los gastos de operación. La mayoría de las veces, el equipo de Osmosis Inversa es la parte final del Sistema de Tratamiento de Aguas por la fineza de su trabajo.

E. NORMATIVIDAD Y DISEÑO DE LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Con el fin de proporcionar a la población agua purificada accesible, se han creado plantas purificadoras de agua particulares, las cuales tratan el agua "considerada ya potable", que distribuyen los organismos gubernamentales ó la adquirida a través de pedidos de camiones tanque ó pipas de empresas particulares. Estas plantas purificadoras de agua están diseñadas para cumplir con un tratamiento fisicoquímico monitoreado, de tal manera que aseguran que el producto, después de pasar por su propio tren de tratamiento, será apto, agradable e inocuo para consumo humano y que cumplirá con la normatividad vigente.

Se requiere manejar una calidad adecuada en el suministro de agua potable para la prevención de la transmisión de enfermedades gastrointestinales, esto lleva a las instituciones gubernamentales, de salud y de abastecimiento de agua, a asumir la responsabilidad de establecer y vigilar normas de calidad que incluyan los tratamientos autorizados y los límites permisibles de características físicas, organolépticas y químicas del producto terminado; así mismo, el sector público ó el productor privado, están obligados a cumplirlas adoptando tratamientos de potabilización ó purificación.

Los criterios de calidad representan el nivel (concentración ó cantidad) de un componente, que garantiza que el agua será agradable para los sentidos y no causará riesgo significativo alguno para la salud del consumidor.



Cada país fija sus propias especificaciones y se puede apoyar en otras normas o guías de organismos internacionales, por ejemplo: Guías de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) y Guías de la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.)

En México la Secretaría de Salud ha establecido las siguientes Normas Oficiales Mexicanas (NOM) a las que deben apegarse las plantas purificadoras de agua, los sistemas de abastecimiento públicos y privados ó cualquier persona física ó moral que distribuyan agua para uso y consumo humano, en todo el territorio nacional; y éstas son vigiladas por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

- **NOM-160-SSA1-1995.** Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.
- **NOM-201-SSA1-2002.** Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- **NOM-127-SSA-1997.** Salud ambiental, agua para uso y consumo humano: límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- **NOM-041-SSA1-1993.** Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.

1. **NOM-160-SSA1-1995. Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada**⁷

Este reglamento establece las disposiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos, y equipos en los que se produce, suministra o vende agua purificada. Esta norma clasifica el presente proyecto, según sus modalidades de expendio en: **Planta purificadora con envasado y personal** e incluye las siguientes definiciones:

- **Agua potable**, aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano.
- **Agua purificada**, aquella que ha sido sometida a tratamiento fisicoquímico, apta para consumo humano.
- **Agua purificada a granel**, la que cumple con las especificaciones sanitarias establecidas en la NOM-041-SSA1-1993, que es suministrada en presencia del consumidor final.
- **Planta purificadora**, al establecimiento con sistemas de purificación de agua, que puede contar con el servicio de lavado y desinfección de envases y cuyo producto puede expendirse o suministrarse a granel o envasado, atendido por el personal de la empresa.

a. **Disposiciones Sanitarias para Plantas Purificadoras con Personal**

1) **Buenas prácticas de higiene y sanidad**

- Las lámparas que estén en las áreas de lavado y llenado, deben estar protegidas para evitar la contaminación de dichas áreas o de los productos en caso de rotura.
- Instalaciones con acabado sanitario, es decir, que en la instalación de los equipos, todas las estructuras, techos, pisos y paredes, así como sus uniones, deben ser o estar recubiertos de material lavable y que no absorba el agua, debiendo mantener el recubrimiento su integridad.
- En las áreas de llenado, deben existir próximas al acceso, instalaciones exclusivamente para el lavado y desinfección de las manos con jabón ó desinfectante y un medio de secado.



- Los sanitarios deben encontrarse fuera de las áreas de lavado y llenado, estar provistos de todos los accesorios de limpieza, contar con un medio de secado de manos y un bote con tapa para la basura. Las paredes y techos limpios y secos. Además deben colocarse letreros en los que se indique al personal la obligación de lavarse las manos después de usar los sanitarios.
 - En los patios del establecimiento no deben existir condiciones que puedan favorecer la presencia de fauna nociva como: equipo mal almacenado, basura, hierba, drenaje inadecuado.
 - Los establecimientos deben contar con un área exclusiva para la concentración general de desechos y basura, delimitada y fuera de las áreas de procesos. Los recipientes para basura deben mantenerse tapados e identificados y deben removerse diariamente.
 - El personal debe usar ropa limpia (incluyendo el calzado), cubrebocas y cofia. Debe lavarse y desinfectarse las manos antes de iniciar sus labores, en cualquier interrupción de éstas y en el momento en que exista el riesgo de contaminación y mantener las uñas cortas, limpias y libres de barniz.
 - El personal que trabaje en las áreas de lavado y de llenado tiene prohibido: masticar, comer, fumar, beber ó escupir, portar anillos ó cualquier otro tipo de adorno en las manos, manejar directamente dinero ó cualquier otro objeto ajeno a su trabajo. También tiene prohibido trabajar si padece de una enfermedad infecto- contagiosa o si presenta heridas o lesiones en partes del cuerpo que entren en contacto directo con el equipo o producto.
 - Debe disponerse de suficiente abastecimiento de agua, así como de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución, debiendo transportarse por tuberías completamente separadas e identificadas, sin que haya alguna conexión ni sifonado de retroceso con las tuberías que transportan el agua potable y de proceso.
 - Las tuberías y mangueras de los sistemas o equipos de purificación deben estar identificadas por un código propio de la empresa, que debe proporcionarse al personal de verificación.
 - Los plaguicidas, detergentes, desinfectantes y otras sustancias tóxicas, deben estar etiquetados y almacenados lejos del área de producción.
 - Cada establecimiento debe contar con un programa para el control de plagas y debe estar disponible para el personal de verificación.
 - Deben existir registros de las actividades de limpieza de equipo, instalaciones y planta, incluyendo las sustancias utilizadas, la fecha y la firma de quien las realizó.
- 2) Control de puntos específicos del proceso para plantas purificadoras de agua**
- El agua que se utilice como materia prima debe proceder de fuentes de abastecimiento aprobadas por las autoridades sanitarias ó ser potable.
 - Las cisternas ó tanques de almacenamiento deben estar protegidas contra cualquier forma de contaminación y permanecer tapadas. Las paredes interiores de las cisternas o tanques deben estar revestidas en su totalidad de material impermeable no tóxico, liso y fácil de lavar y desinfectar.
 - En las áreas de lavado de envases y de llenado, los equipos y dispositivos deben estar instalados de tal manera que los espacios que los circundan permitan su limpieza.
 - El área de proceso debe contar con un sistema que evite todo contacto entre el agua purificada y el agua en cualquier etapa previa.
 - El responsable o encargado del establecimiento o equipo debe dar facilidades al personal de verificación para que examine las condiciones de la cisterna o tanque de

almacenamiento como materia prima. Los verificadores no podrán abrir la cisterna o tanque de almacenamiento de producto terminado.

3) Disposiciones para el envase

- Envase fabricado de material sanitario, inocuo, resistente y que no reaccione o altere las características fisicoquímicas del producto.
- Desinfectar los tapones con soluciones que no cedan sustancias que modifiquen, reaccionen o alteren las características de éstos, evitando la contaminación por arrastre.
- Se debe contar con un procedimiento escrito para la desinfección interna y el lavado de las superficies externas de los envases, en el que se especifiquen las sustancias usadas, las temperaturas y los tiempos de contacto, debiendo estar disponibles para el personal de verificación.
- El enjuague de los envases debe efectuarse con agua potable o purificada, pudiendo agregarse a ésta cualquier agente desinfectante. En el producto terminado, no deben quedar residuos de los detergentes, desinfectantes utilizadas en el lavado.
- Todo el producto envasado y listo para la venta, debe estar cerrado con tapa o sello inviolable.
- La etiqueta del producto final, debe figurar el número o clave del lote de producción.

4) Registros disponibles para el personal de verificación

DOCUMENTO	DEBE INCLUIR
<ul style="list-style-type: none">• Certificado de análisis y factura de la empresa proveedora de agua como materia prima.	✓ Resultados de análisis de la materia prima y datos del proveedor.
<ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento y desinfección de Cisternas o tanques de almacenamiento y boquilla de salida.	✓ Fecha de la operación, sustancias utilizadas y su concentración.
<ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento de equipo de purificación.	✓ Fecha de la operación, copia de las especificaciones u hoja técnica del fabricante.
<ul style="list-style-type: none">• Desinfección por medio de sustancias químicas.	✓ Nombre de la sustancia, concentración y fecha de aplicación
<ul style="list-style-type: none">• Resultados de los análisis del agua como materia prima y como producto terminado.	✓ Periodicidad y método de prueba determinados por el productor.
<ul style="list-style-type: none">• Lavado de envases.	✓ Descripción del procedimiento empleado.
<ul style="list-style-type: none">• Asignación de número de lote	✓ Identificación de número de y fecha de fabricación, por lo menos de un año atrás.

Tabla 03. Registros disponibles para el personal de verificación

2. NOM-201-SSA1-2002. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.¹⁰

Para evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras derivadas de su consumo, la Secretaría de Salud establece en esta norma los límites permisibles de características organolépticas, microbiológicas, físicas, químicas del agua, para considerarla apta para consumo humano. Las tablas 4, muestran los valores de los parámetros incluidos en esta normal de alcance nacional.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	LÍMITE PERMISILE
• Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectable
• Organismos coliformes fecales	Ausencia o no detectable

Tabla 04. Límites microbiológicos permisibles de calidad para el agua apta para consumo humano. Unidades: NMP/100 ml.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	LÍMITE PERMISILE
• Color	20 Unidades de color verdadero en la escala platino-cobalto.
• Olor y Sabor	Agradable (tolerable para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
• Turbiedad	5 Unidades de turbiedad nefelométricas (UTN).

Tabla 05. Límites físicos permisibles de calidad del agua apta para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	LÍMITE PERMISIBLE EN mg/L (excepto cuando se indique otra).
• Aluminio	0.20
• Arsénico	0.05
• Bario	0.70
• Cadmio	0.005
• Cianuros (como CN ⁻)	0.07
• Cloro residual libre	0.2-1.50
• Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
• Cobre	2.00
• Cromo total	0.05
• Dureza total (como CaCO ₃)	500.00

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	LÍMITE PERMISIBLE EN mg/L (excepto cuando se indique otra).
• Fenoles compuestos ó fenolitos	0.001
• Hierro	0.30
• Fluoruros (como F ⁻)	1.50
• Manganeso	0.15
• Mercurio	0.001
• Nitratos (Como N)	10.00
• Nitritos (como N)	1,0
• Plomo	0,01
• Sodio	200.00
• Sólidos disueltos totales	1000.00
• Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	400.00
• SAAM (Sustancias activas al azul de metileno).	0.50
• Trihalometanos totales	0.20
• Zinc	5,0
• Yodo residual libre	0,2 - 0,5
• Ph	6.5 - 8.5
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS	EN µg/L
• Benceno	10,00
• Etilbenceno	300,00
• Tolueno	700,00
• Xileno	500,00
• Plaguicidas Aldrin y Dieldrin en µg/L (separados y combinados)	0.03

Tabla 06. Límites químicos permisibles de calidad del agua apta para consumo humano. Entiéndase por metales, los suspendidos y disueltos.

CARACTERÍSTICAS RADIATIVAS	UNIDADES	VALOR DE LA NORMA
Radiactividad alfa global	Bequerel/litro	0.10
Radiactividad beta global	Bequerel/litro	1.00

Tabla 07. Límites radiactivos permisibles de calidad del agua apta para uso humano.

Así mismo, esta norma en su apartado de potabilización menciona:

- La potabilización del agua del agua deberá justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel laboratorio para asegurar su efectividad.
- Sugiere tratamientos específicos para el agua en el caso en que se excedan los límites permisibles microbiológicos, físicos ó químicos.



- La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros aquí establecidos, será responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y deben estar aprobados por la SSA.
- Todos los establecimientos implicados en la ejecución de la norma deben informar oportunamente si existiera una contingencia sanitaria en el abastecimiento de agua.

3. Trámites de registro

La SSA a través de COFEPRIS, vigila el cumplimiento de los siguientes requisitos:

a. Uso De Suelo: Se tramita en la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI).

b. Licencia de Apertura: Se tramita en la Delegación correspondiente.

c. Aviso de Funcionamiento: En un lapso menor a 30 días se deberá acudir a un laboratorio autorizado por la Secretaría de Salud, a realizar sus análisis para obtener su certificado de calidad del producto terminado, y lo deberá exhibir en la visita del personal de verificación autorizado por COFEPRIS cuando realice su "check list" del local e instalación. Se requiere obtener una cita en COFEPRIS para registrar el producto, presentando los siguientes requisitos: formato de aviso de funcionamiento (que se puede obtener en su página electrónica), certificado de análisis del producto terminado, identificación oficial, alta en hacienda, comprobante de domicilio, entre otros.

d. Alta de Hacienda:

- La razón social del negocio: " EXPENDIO DE AGUA PURIFICADA".
- Deberá registrarse como pequeño contribuyente.

e. Visto Bueno De Protección Civil:

- Protección civil le pedirá un croquis del local con sus respectivas medidas.
- Lo visitará para reportarle el lugar justo donde deberá colocar sus requisitos de auxilio como son: botiquín, extintor, señalamientos de evacuación y de productos peligrosos, identificaciones de área, recomendaciones del impacto vial, etc.

F. CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA PARA CONSUMO HUMANO

1. Certificados de Análisis del agua requeridos por la Secretaría de Salud ¹⁰

Para determinar la calidad del agua se realizan principalmente tres tipos de análisis: físicos, químicos y bacteriológicos.

La NOM-201-SSA1-2002, Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias, indica como requisito sanitario en su apartado de Información Documental, que se debe tener pegados a la vista del público y a disposición del personal de verificación, los



siguientes certificados expedidos por un laboratorio externo y autorizado por SSA, con fecha y nombre del responsable del análisis:

a. Certificado de Análisis de la Materia Prima.

Es proporcionado por la empresa distribuidora de la materia prima y se debe pegar a la vista del público una vez al mes, con el resultado de los siguientes exámenes:

- Color y turbiedad
- Bacteriológicos: coliformes fecales y totales.
- Fisicoquímicos : Sólidos Disueltos Totales (SDT).
- Metales pesados
- Contaminantes o subproductos de desinfección

A demás, responsable de la planta purificadora debe asegurarse que la pipa o tanque camión cumpla con:

- Interior de acero inoxidable y no de latón
- Lleve rotulado la razón social o nombre del negocio
- No suministre directo de éste, ni en la vía pública, su producto al consumidor.

b. Certificado de Análisis del Producto Terminado.

- **Certificado de Análisis Bacteriológico.** Se debe pegar a la vista del público, realizarse una vez al mes e incluir el resultado de los siguientes exámenes:
 - Coliformes fecales
 - Coliformes totales
- **Certificado del Análisis Físico-Químico.** Se debe pegar a la vista del público, realizarse cada seis meses e incluir el resultado de los siguientes exámenes:
 - Dureza (calcio y magnesio)
 - pH
 - Sólidos Disueltos Totales (SDT).

El muestreo se realizara según lo establece la norma y se tomarán tres botellas estériles de 2 litros llenas del producto terminado. El productor se queda con dos muestras: la del Usuario, que es la que él pagará a un tercer autorizado para su análisis; y la muestra Testigo. La tercer muestra será entregada a la autoridad para que expida su resultado. El análisis de la muestra no puede exceder las 6 horas o deberá refrigerarse por no más de 24 h.

2. Control de Proceso del Agua Purificada

Por su parte el productor o responsable, como cumplimiento de Las Buenas Prácticas de Fabricación, deberá monitorear su proceso con los siguientes análisis, realizados *in situ* y con los Kits de Análisis adquiridos con el mismo proveedor del equipo u otro.



- A la Materia Prima:
 - Análisis de cloro residual. Utilizar el Kit de cloro residual con tiras reactivas por colorimetría. Resultado: 0.3 – 0.5 ppm para el agua cruda.

- Al Producto Intermedio:
 - Análisis de cloro residual. Realizar la prueba después del paso del producto por el filtro de carbón activado, utilizando el Kit de cloro residual con tiras reactivas por colorimetría. Resultado: 0.1 – 0.3 ppm para el agua cruda.

- Al Producto Terminado:
 - Análisis de cloro residual. Utilizar el Kit de cloro residual con tiras reactivas por colorimetría. Resultado: 0.0 – 0.01 ppm para el agua cruda.
 - Análisis de pH. Utilizar el Kit de pH con tiras reactivas por colorimetría. Resultado: 7-7.5.
 - Análisis de dureza. Utilizar el Kit de dureza con tiras reactivas por colorimetría. Resultado: 200 ppm.
 - Verificar las características organolépticas: degustación

3. Análisis del Agua para Consumo Humano ⁸

a. Análisis Físico

1) Turbiedad

La turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían de tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, como arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda: la filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración. Finalmente esta característica determina la potabilidad del agua.

2) Color

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de algunos residuos industriales.

Se reconocen dos tipos de color, el color verdadero, que es el color de la muestra una vez que su turbiedad ha sido removida, y el color aparente que incluye el color de las sustancias en solución y coloidales más, el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración ó centrifugación previa.

Cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento. El agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación el ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible ó abastecida se encuentra colorida y no puede ser utilizada hasta que no se le haya tratado ó removiendo dicha coloración.

3) Olor y sabor

Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos. Sus causas son la materia orgánica en solución, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, aceites, subproductos de cloro, algas, hongos, etc.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar su calidad y aceptabilidad por parte del consumidor; para el monitoreo y control de procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de contaminación.

4) Temperatura

La actividad biológica del agua se relaciona con su temperatura. Por esa razón la determinación de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio.

b. Análisis Bacteriológico

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua y se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas con las de alcantarillado son peligrosas. Por consiguiente, el control sanitario del agua se realiza con métodos bacteriológicos para determinar la presencia de contaminación fecal. Este tipo de contaminación en el agua es la más común y la más fácil de remediar. A pesar de que se tienen medios de desinfección muy efectivos y accesibles como la cloración, este tipo de contaminación es la que causa más víctimas en los consumidores, en lugares donde se carece de este control.

La transmisión de enfermedades por organismos patógenos contenidos en el agua, ha sido la fuente más grave de epidemias. La tabla 08 presenta las enfermedades más comunes y sus microorganismos responsables.

ENFERMEDAD	ORGANISMO CAUSANTE	FUENTE DEL ORGANISMO EN EL AGUA	SÍNTOMA
Gastroenteritis	<i>Salmonella sp</i>	Excrementos humanos ó de animales	Diarrea aguda y vómito
Tifoidea	<i>Salmonella typhosa</i>	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura
Disenteria	<i>Shigella sp</i>	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	<i>Vibro cholerae</i>	Excrementos humanos	Vómito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	<i>Virus de la Hepatitis</i>	Excrementos humanos y mariscos	Piel amarilla, dolores
Amibiasis	<i>Entamoeba hystolitica</i>	Excrementos humanos	Diarrea, disenteria crónica
Giardiasis	<i>Giardia lamblia</i>	Excrementos humanos y animales	Diarrea, dolor estomacal

Tabla 08. Enfermedades transmisibles por el agua y sus microorganismos responsables.

La NOM-201-SSA1-2002, Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias, define como características bacteriológicas a las debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario, se determina la contaminación microbiológica con el análisis de organismos coliformes fecales y organismos coliformes totales utilizando los siguientes métodos de prueba autorizados:

- Método de Filtración por Membrana (UFC/100 ml).
- Técnica de Número Más Probable (NMP/100 ml).

El Apéndice B de esta misma norma, describe el Método de Filtración por Membrana para la Determinación de Bacterias Coliformes Totales y Coliformes Fecales, basado en la filtración de una muestra para concentrar células viables sobre la superficie de una membrana y transferirlas a un medio de cultivo apropiado, para posteriormente contar el número de unidades formadoras de colonias (UFC) desarrolladas después de la incubación.⁶

c. Análisis Químico

1) pH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado el número de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala del 0 a 14, donde el valor 7 representa que la sustancia es neutra. El nivel de pH tiene un efecto en muchas fases del proceso de tratamiento de agua y afecta a la formación de costras en la superficie. La acidez de un agua puede definirse como:

- Capacidad para neutralizar bases.
- Capacidad para reaccionar con iones hidróxilo.
- Capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas y al costo que supone la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión.

En aguas naturales la acidez puede ser producida por el CO₂, por la presencia de iones H⁺ libres, por la presencia de acidez mineral proveniente de ácidos fuertes como el sulfúrico, nítrico, clorhídrico, etc., y por la hidrolización de sales de ácido fuerte y base débil. Sin embargo, causa más común de acidez en aguas es el CO₂, el cual puede estar disuelto en el agua como resultado de las reacciones de los coagulantes químicos usados en el tratamiento de la oxidación de la materia orgánica, ó por disolución del dióxido de carbono atmosférico.

2) Sales disueltas

Las sales disueltas son los componentes que pasan al agua cuando ésta se pone en contacto con los yacimientos minerales del río, lago, pozo o acuífero donde se encuentra el agua. Consisten en componentes como sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruros, sulfatos, bicarbonatos, sulfatos, etc., y que como ya mencionamos son los que dan sabor y hacen agradable el agua. Estas sales disueltas no se pueden percibir a simple vista ya que se encuentran completamente integrados al agua y sólo se hacen evidentes al evaporar por completo el agua. Se observa un residuo de sales que originalmente se encontraban en solución.



La presencia de estas sales no es objetable ni tiene efectos adversos en la salud, pero cuando la concentración de estas sales es muy alta, el agua puede ser desagradable para algunas personas que no están acostumbrados a consumir este tipo de agua, por lo que es recomendable darle tratamiento. Por otro lado, su elevada concentración la hace inapropiada para algunos fines, por ejemplo, propicia que los equipos de aire, utensilios de cocina, cafeteras, lavadoras se ensucien más y se formen precipitados de sales. Un nivel demasiado alto de sales puede hacer el agua no apropiada para cocinar, ya que no se realiza correctamente el proceso de cocción de alimentos.

El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas sí. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad de ella, dependerá de número de iones presentes y de su movilidad.

En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continua hasta que la solución está llena de iones que restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. La tabla 09 presenta los valores de conductividad de diferentes sustancias, referidos a una temperatura de 25 °C.

MUESTRA	CONDUCTIVIDAD, $\mu\text{S}/\text{CM}$
Agua ultra pura	0.05
Agua de alimentación a calderas	1 a 5
Agua potable	50 a 100
Agua de mar	53,000
5 % NaOH	223,000
50 % NaOH	150,000
10 % HCl	700,000
32 % de HCl	700,000
31 % HNO ₃	865,000

Tabla 09. Valores de conductividad de algunas muestras típicas.

3) Dureza del agua

Se manifiesta de manera similar a como ocurre con las sales minerales. Se forman precipitados e incrustaciones en los materiales que tienen contacto con el agua, como tuberías, calentadores de agua, baños y regaderas, etc.

La dureza se debe a la concentración alta de sales de calcio y de magnesio en el agua y ya se ha determinado concluyentemente que no tiene efectos positivos o negativos en la salud, pero causa daños a los equipos industriales como calderas y equipos de enfriamiento, y causa incomodidad en el uso doméstico ya que el exceso de dureza consume altas cantidades de jabón, evita que el jabón haga espuma y forma sarro e incrustaciones en calentadores de agua y tuberías, provocando en casos extremos que la tubería se deba cambiar periódicamente ya que se llega a obstruir completamente por la formación de sarro.

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas; sin embargo, un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado; además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies con las cuales entra en contacto y en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales es calentada. El valor de la dureza determina, por lo tanto, su conveniencia para uso doméstico e industrial y la necesidad de un proceso de ablandamiento. El tipo de ablandamiento por usar y su control dependen de la adecuada determinación de la magnitud y clase de dureza.



La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente. Existen dos tipos de dureza:

- **Dureza Temporal.** Está determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio. Puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados formados por filtración, también se le conoce como "Dureza de Carbonatos".
- **Dureza Permanente.** Está determinada por todas las sales de calcio y magnesio excepto carbonatos y bicarbonatos. No se puede eliminar por ebullición del agua y también se le conoce como "Dureza de no Carbonatos". La dureza no carbonatada incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio. La evaporación de aguas que contienen estos iones produce la cristalización de compuestos como el sulfato de calcio, que forman una incrustación dura y frágil en las paredes y tubos de calderas y calentadores. La incrustación produce una pérdida en la conductividad del calor y da como resultado un mayor consumo de combustible por libra de vapor obtenido. Además, la producción súbita de grandes volúmenes de vapor, cuando las incrustaciones gruesas se rompen y el agua entra en contacto con las superficies de metal recalentado, puede ocasionar explosiones.

Para el agua potable, el límite máximo permisible es de 500 mg/L de dureza. La tabla 10 se muestra la interpretación de la dureza en el agua.

DUREZA COMO CaCO ₃	INTERPRETACIÓN
0-75	Agua suave
75-150	Agua poco dura
150-300	Agua dura
> 300	Agua muy dura

Tabla 10. Interpretación de la dureza de agua.

4) Metales tóxicos

Cuando en el acuífero se tiene la presencia de mantos minerales que contienen metales como plomo, hierro, arsénico, cobre, zinc, etc., estos metales también pueden ser disueltos y se integran al agua que originalmente no los tenía. Algunos de estos metales se vuelven tóxicos si su concentración excede de ciertos límites, por ejemplo, el plomo, arsénico, cadmio, mercurio, selenio y cromo, entre otros. Cuando las concentraciones de éstos y otros tóxicos sobrepasan ciertos límites, el agua puede emplearse en usos diversos como es para limpieza y aseo personal, para lavado de ropa y utensilios de cocina, para riego, etc., pero como no cumple con las características que dicta la norma de calidad de agua potable, debe tener un tratamiento previo que disminuya la concentración de estos elementos antes de su consumo como agua de beber.



II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el hombre comienza a sentir de cerca la escasez y desabasto del agua, éste fenómeno es considerado ya irreversible: el compuesto vital se agota, contamina y continúa explotando. México enfrenta un considerable descenso en la disponibilidad de agua debido al notable crecimiento demográfico, y aunque el recurso aún se tiene, en el país está mal administrado, valuado, procesado y distribuido. Al ser un líquido vital, presenta una alta demanda dentro de población, misma que actualmente considera que el agua abastecida a los hogares presenta una dudosa calidad y un riesgo potencial para la salud, por lo que adquirirla por su cuenta se convierte en una imperiosa necesidad.

El objetivo de esta investigación es demostrar, en base al análisis de un estudio de factibilidad de proyectos, que el montaje de una planta purificadora de agua para consumo humano es un proyecto viable, que apoyará con su servicio a un sector delimitado de la población, y permitirá generar utilidades y posibles empleos, como alternativa de sostenimiento factible.

Por otra parte, el proyecto permite al egresado de la carrera de Q.F.B , integrar y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación, con los conceptos adquiridos en el Diplomado en Administración; juntos serán la base para el diseño, mantenimiento, sostenimiento y crecimiento de la planta.

B. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La importancia del estudio de factibilidad para el montaje de una planta purificadora de agua para consumo humano, radica en la necesidad actual de abastecimiento de este compuesto de alta calidad; así mismo, el trabajo presenta las tecnologías y equipo de vanguardia para purificación del agua, la accesibilidad a éstas, y una clara visión de la factibilidad de producción y comercialización del producto, basándose en criterios técnicos, mercadológicos y financieros.

El diseño del proyecto se apega y fundamenta el uso de la normatividad vigente nacional que involucra la reglamentación de las condiciones de la planta, especificaciones del producto, análisis de control de calidad, el envasado, etiquetado, etc, regulados por la Secretaría de Salud.

C. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Un estudio de factibilidad se sostiene, indudablemente, de una ardua investigación técnica, económica y mercadológica del producto deseado. Sin embargo por la orientación de la carrera, el proyecto se enfoca al estudio técnico (selección del proceso y equipo tecnológicamente adecuado), económico y normativo. Se realizará un estudio mercadológico breve, pues es imprescindible para la colocación del producto en un mercado altamente competitivo.

El proyecto se limita a una primera fase de producción y distribución de agua purificada en garrafones para uso humano. El trabajo podrá alcanzar una segunda fase al integrar la distribución del líquido en botellas de PET de volúmenes menores.



III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Establecer y analizar los criterios de factibilidad de producción y comercialización del agua purificada para consumo humano de alta calidad, con base en tres indicadores críticos: estudio técnico, mercadológico y económico.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar estudio técnico y seleccionar el proceso y equipo tecnológicamente viable y que cumpla con la normatividad de calidad, para el montaje de una planta purificadora de agua.
- Realizar estudio financiero enfocado a la factibilidad del desarrollo del proyecto y a la estimación de la rentabilidad de la planta y a determinar el tiempo de recuperación de la inversión.
- Realizar estudio mercadológico de calidad y colocación del producto en un mercado delimitado.



IV. HIPOTESIS

La estimación de los indicadores del estudio técnico, económico y mercadológico para montaje de una planta purificadora de agua para uso humano, generará resultados positivos de rentabilidad del proyecto.



V. METODOLOGIA

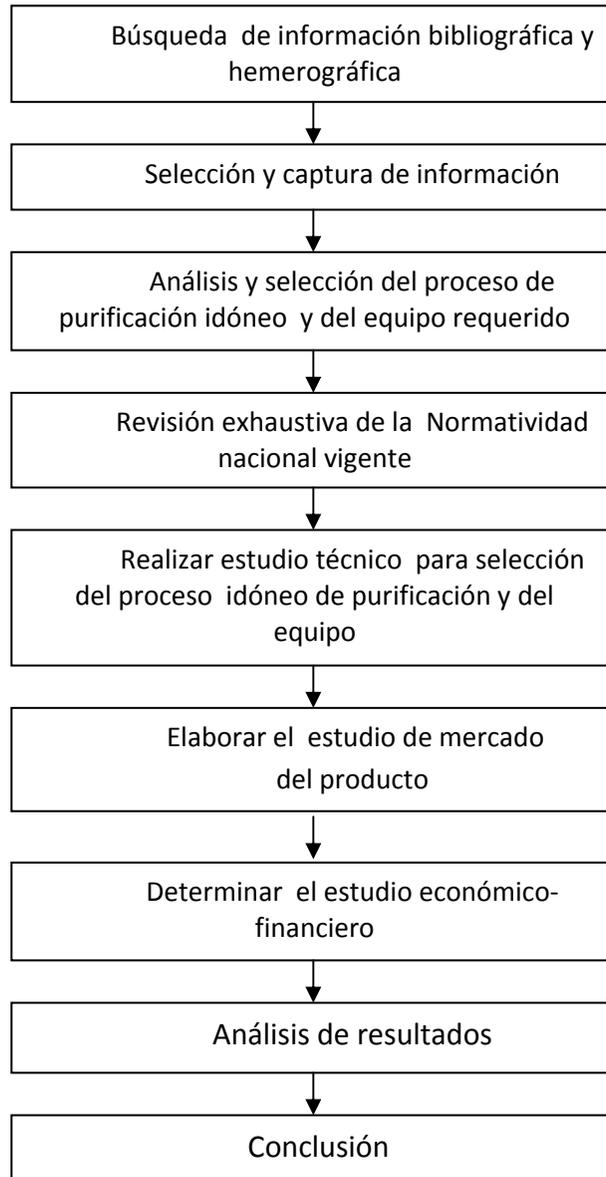
A. TIPO DE ESTUDIO

- OBSERVACIONAL

B. PROCEDIMIENTO

- Búsqueda, selección y captura de información bibliográfica y hemerográfica.
 - Análisis del proceso idóneo de purificación del agua para consumo humano que se implementará, que cumpla con la normatividad de calidad del producto.
 - Técnicas, fundamentos y tecnología.
 - Análisis de proveedores (sistema de distribución de agua) y el certificado de calidad que ofrece su producto.
- Revisión exhaustiva de la Normatividad nacional vigente que aplique al proyecto.
- Realizar estudio técnico:
 - Análisis del proceso del tren de tratamiento adecuado para la purificación de agua, en base al certificado de calidad del proveedor (pipas de agua) y en las especificaciones sanitarias requeridas.
 - Selección de equipo tecnológicamente viable que cumpla con la normatividad de calidad, para el montaje de una planta purificadora de agua.
- Elaborar el estudio mercadológico que evalúe:
 - Competitividad del producto en el mercado.
 - Calidad deseada por el consumidor.
 - Marca, publicidad del producto.
 - Colocación y distribución del producto.
- Realizar el estudio financiero que analice:
 - Factibilidad del desarrollo económico del proyecto.
 - Evaluación de rentabilidad del negocio: costos, utilidades, recuperación de inversión.
 - Evaluación de costo de producción, materia prima, producto terminado, acondicionamiento de producto, personal.
 - Evaluación de costo del montaje de la planta: equipo, renta y servicios, condiciones sanitarias del local, trámites y registro de la planta ante S.S.A.
- Análisis de los tres indicadores y sus resultados representativos para determinar la rentabilidad del proyecto.
- Análisis de resultados.
- Conclusiones.

C. DIAGRAMA DE FLUJO



VI. RESULTADOS

A. ESTUDIO TÉCNICO

Se analizaron 10 empresas importantes distribuidoras de equipo de tratamiento de agua purificada, de las cuales se seleccionó GO FOR LIFE MEXICO, una empresa dedicada al diseño y manufactura de equipos para plantas purificadoras y potabilizadoras de agua; equipos generadores de ozono, osmosis inversa y desalación; así como a la asesoría para la asesoría técnica direccionada a la mejora de los procesos de tratamiento de agua y aire con excelente calidad y con equipos hechos en México y Estados Unidos.

1. Ventajas del Equipo ECOCELLEN 2.0.

- Mejor precio del mercado.
- Equipo cumple con las especificaciones normativas.
- Proveedor reconocido.
- Atención y asesoría técnica del equipo, proceso y producto.
- Enfoque de mejora de procesos de tratamiento de agua
- Equipos nacionales e importados de Estados Unidos (proveedores directos y refacciones a la mano).
- Manuales de procedimientos en español.
- Tiempo de vida de los equipos es 15 ó más años.
- Negocio factible.

2. Contenido de la propuesta del Centro de Llenado ECOCELLEN 2.0.

El Centro de Purificado **ECOCELLEN 2.0** está diseñado para llevar una producción efectiva máxima de 200 garrafones en turno de 8 hrs, con una potencia de 25 PH y consta de los siguientes componentes:

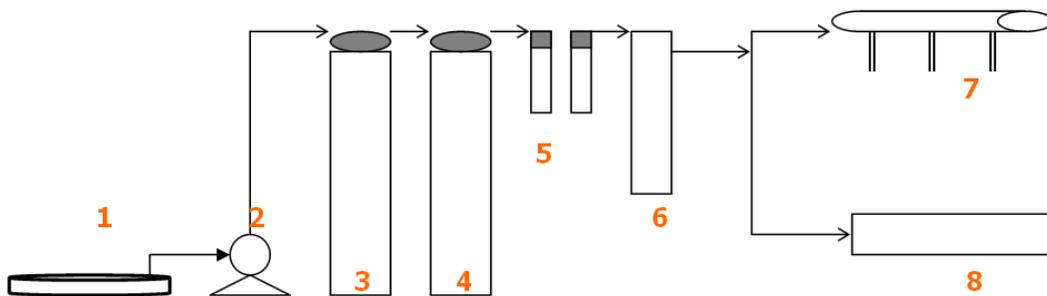
EQUIPO	FUNCIÓN
<p>1. Tanque blanco con tricapa en resina de polietileno de 2500 L.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Almacenamiento de materia prima (agua potable).

EQUIPO	FUNCIÓN
<p>2. Bomba de acero inoxidable de 1/2 HP con tanque hidroneumático de 24L.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Suministrar presión al sistema inicial.
<p>3. Filtro multicama o lecho profundo fabricado en fibra de vidrio 9" x 48" (20cm diámetro x 102cm de altura) de operación manual, con 0.75 p3 de material filtrante.</p> <p>4. Filtro de Carbón Activado fabricado en fibra de vidrio de 9" x 48" (20cm diámetro x 102cm de altura) de operación manual, con 0.75 pies cúbicos de material filtrante.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Retener los sólidos suspendidos que contenga el agua, con una capacidad de retención de hasta 20 micras.• Eliminar del agua el olor, color, sabor y residual de cloro. 

EQUIPO	FUNCIÓN
<p>5. Filtro pulidor de 20" fabricado en polipropileno grado alimenticio (FDA).</p> <p>I</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Detener sólidos suspendidos de hasta 5 micras que haya podido pasar por los filtros anteriores a causa de la presión que inyecta la bomba. Después de este paso se obtiene agua brillante y cristalina.
<p>6. Purificador bactericida. Lámpara de Luz Ultravioleta de acero inoxidable.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Elimina por radiación todos los virus y bacterias, que la acción desinfectante del cloro no eliminó.• Alterar el DNA de los microorganismos desactivándolos, impidiendo su reproducción o destruyéndolos en un 99%.
<p>7. Equipo generador de ozono de 4.8 g de O₃/h.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Asegurar la desinfección del agua y le brinda más tiempo de vida cuando está embotellada.

EQUIPO	FUNCIÓN
<p>8. Lavadora con enjuagadora para 2 garrafones (mueble completo integrado) y cepillo de lavado int/ext de garrafones.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Lavado de contenedores.
<p>9. Llenadora para 2 garrafones fabricada en acero inoxidable.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Dispensación del producto.
<p>10. Selladora de calor.</p>	<ul style="list-style-type: none">• Para sellos de garantía del producto.
<p>11. Instalación, capacitación de operación de la planta, Manual de operación, asesoría vía internet, soporte técnico.</p>	
<p>12. Dos años de garantía en toda la Planta por Escrito.</p>	
<p>EL PRECIO DEL CENTRO DE PURIFICADO: \$ 32,000 pesos con IVA incluido.</p>	

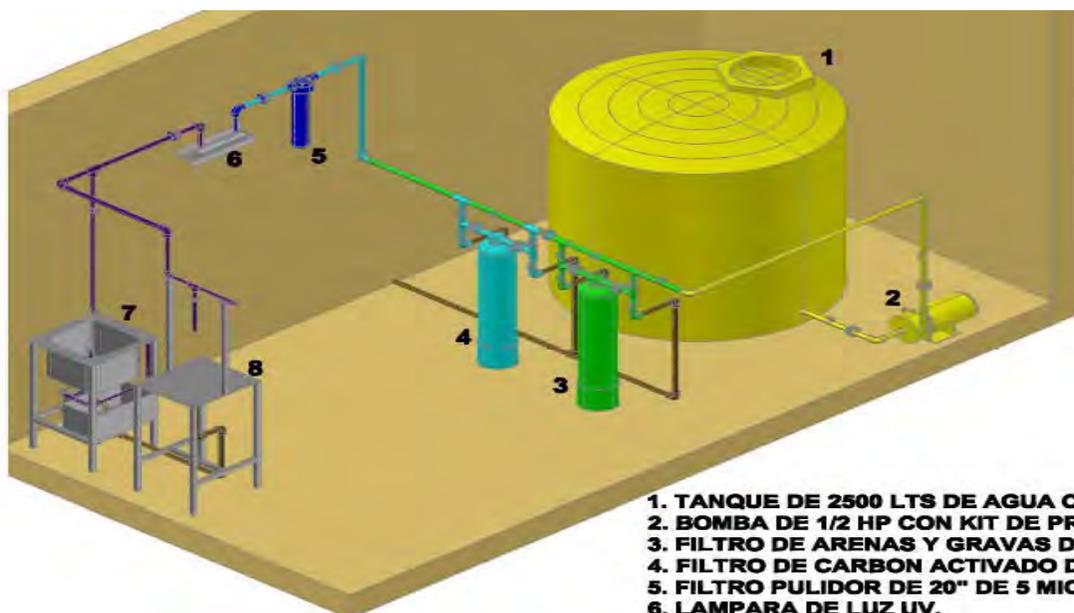
A continuación se presentan diagramas representativos de la instalación del Centro de Puricado **ECOCENLLEN 2.0**.



DESCRIPCIÓN:

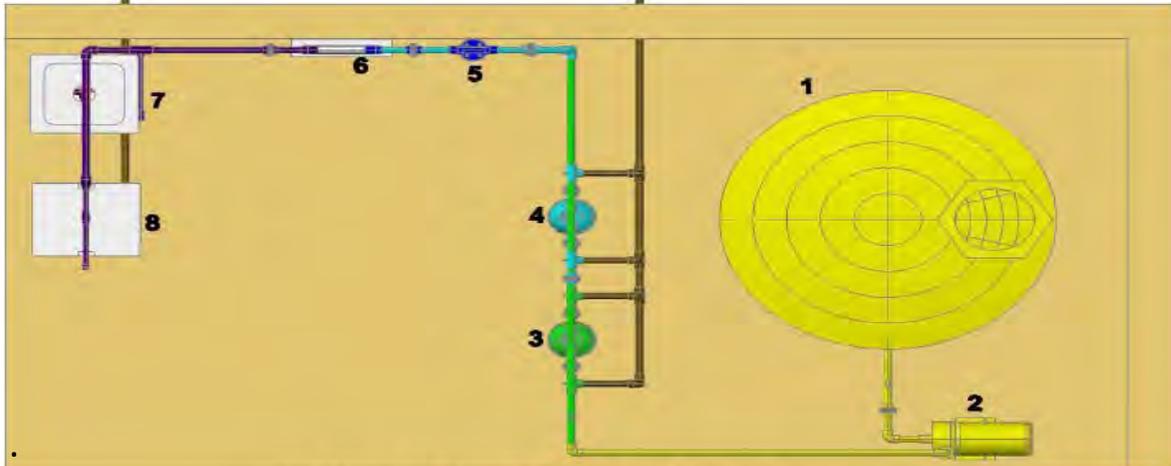
1. Fuente agua como; cisterna, tinacos, pozo, manantial etc.
2. Sistema de re bombeo (hidroneumático).
3. Filtro de lecho profundo y/o gravas y arenas.
4. Filtro de carbón activado.
5. Pulidores de cartucho plisado y carbón activado en bloque.
6. Germicida ultravioleta.
7. Distribuidor y mesa de llenado.
8. Maquina de lavado y enjuague.

FIGURA 02. Tren de Proceso de Planta Purificadora Eco Cellen 2.0.



1. TANQUE DE 2500 LTS DE AGUA CRUDA.
2. BOMBA DE 1/2 HP CON KIT DE PRESION
3. FILTRO DE ARENAS Y GRAVAS DE 8" X 40"
4. FILTRO DE CARBON ACTIVADO DE 8" X 40"
5. FILTRO PULIDOR DE 20" DE 5 MICRONES
6. LAMPARA DE LUZ UV.
7. LAVADORA PARA UN GARRAFON
8. LLENADORA PARA UN GARRAFON

FIGURA 03. Tren de Proceso de Planta Purificadora Eco Cellen 2.0. Vista lateral.



1. TANQUE DE 2500 LTS DE AGUA CRUDA.
2. BOMBA DE 1/2 HP CON KIT DE PRESION
3. FILTRO DE ARENAS Y GRAVAS DE 8" X 40"
4. FILTRO DE CARBON ACTIVADO DE 8" X 40"
5. FILTRO PULIDOR DE 20" DE 5 MICRONES
6. LAMPARA DE LUZ UV.
7. LAVADORA PARA UN GARRAFON
8. LLENADORA PARA UN GARRAFON

FIGURA 04. Tren de Proceso de Planta Purificadora Eco Cellen 2.0. Vista superior.



FIGURA 05. Tren de Proceso de Planta Purificadora ECO CELLEN 2.0

El precio de la Planta Purificadora de Agua para Consumo Humano es de: \$ 32,000.00 con IVA e incluye:

- Instalación, capacitación de uso de la planta, manual y 2 años de garantía en toda la planta por escrito.
- Entrega en una semana e instalación 1-3 días.
- Condiciones de venta: 65% de anticipo; 30% contra aviso de embargüe y 5% a la entrega de la planta funcionando.

La siguiente tabla representa los gastos de mantenimiento que deberán realizarse al equipo.

CONCEPTO	6 MESES	1 AÑO	COSTO
-Material Filtrante Filtros		✓	\$ 1,000.00
-Cambio de Filtros Cartucho	✓		\$ 100.00
-Cambio de Repuesto de Lámpara UV		✓	\$ 600.00
-Total de gastos de mantenimiento anual			\$ 1,700.00

Tabla 11. Gastos de mantenimiento anual del equipo.

3. Condiciones de Instalación

Por normatividad el local donde se instale el equipo purificador de agua debe tener:

- Muros: en color blanco.
- Piso: loseta vinílica, de cerámica de cualquier color ó cemento pulido. No se permiten pisos con colores oscuros.
- Una vez instalada la planta se deberá de colocar un cancel de aluminio o herrería con cristal transparente que exhiba el proceso del producto aislado.
- Baño: área totalmente cerrada y con ventilación hacia el exterior.
- Drenaje a nivel de piso.
- Luz o corriente eléctrica: monofásica.
- Medidas del local para un tanque de 2 500 L: 23m² mínimos.
 - Altura mínima del local: 2.5 m
 - Altura mínima de la cortina: 1.80 m alto x 1.50 m ancho.

Las siguientes imágenes ejemplifican las condiciones de instalación requeridas para la Planta Purificadora.



Figura 06 y 07. Representación de las condiciones del local para la instalación de la Planta Purificadora.

B. ESTUDIO ECONÓMICO

La siguiente tabla representa el resumen del estudio económico realizado al proyecto:

ESTIMACIÓN DE INGRESOS DEL PROYECTO ECOCELLEN 2.0				
Producción Diaria	50	75	100	200
Días de Trabajo / mes	24	24	24	24
Producción Mensual de Garrafones	1200	1800	2400	4800
Precio del Garrafón	\$16	\$16	\$16	\$16
Ingreso Mensual	\$ 19,200	\$ 28, 800	\$ 38, 400	\$ 76,800
ESTIMACIÓN DE ENGRESOS DEL PROYECTO ECOCELLEN 2.0				
Agua (500 garrafones= pipa de 10,000 L = \$850) (1200 garrafones=2.35 pipas de 10,000L c/u =\$2,000)	\$ 2,000	\$ 3,000	\$ 4,000	\$ 8,000
Renta	\$ 3,000	\$ 3,000	\$ 3,000	\$ 3,000
Luz, agua, teléfono (celular limitado)	\$ 850	\$ 850	\$ 1,000	\$ 1,200
Mantenimiento de local (productos de limpieza)	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250
Mantenimiento del equipo (Filtros, repuesto lámpara UV= 1700/12=	\$ 141	\$ 141	\$ 141	\$ 141
Impuestos, derechos y otros	\$ 500	\$ 500	\$ 600	\$ 1,000
Consumibles Embotellado (lavado garrafones, sello y cinta de la marca)	\$ 700	\$ 1,050	\$ 1,400	\$ 2,800
Análisis de control de calidad int y ext	\$ 345	\$ 517	\$ 690	\$ 1,380
Depreciación (desgaste= \$ /tiempo de vida = \$32,000/15 años= \$2,133 anual	\$ 177	\$ 177	\$ 177	\$ 177
Pago banco mensual (préstamo para equipo y gastos de arranque).	\$ 1,200	\$ 1,200	\$1,200	\$ 1,200
Personal (entrega, limpieza, y vendedor. Horario de 9am a 6 con 1h para alimentos)	\$ 2, 500	\$ 2, 500	\$ 3, 000	\$ 5, 000
Total Gastos de producción	\$ 11,663	\$ 13, 185	\$ 15,458	\$ 24,148
Utilidad Mensual (con pago al Banco)	\$ 7,537	\$ 15,615	\$ 22,942	\$ 52,652
Utilidad Mensual (sin pago al Banco)	\$ 8,737	\$ 16,815	\$ 24,142	\$ 53,852
Pasados 24 meses de pago al banco se estima una utilidad mensual de \$ 8,737.				
Prosperando el negocio con una producción máxima de 200 garrafones por día habrá una utilidad mensual de \$ 53,852				

Tabla 11. Resumen del estudio económico para el proyecto ECOCELLEN 2.0.

Lo anterior quiere decir que el negocio es rentable aún cuando se venda sólo el 25% de la producción, es decir, si se venden **50 garrafones** por día inicialmente, se estima que el valor de las utilidades mensuales será de **\$7,537** mientras se liquida el préstamo del banco, de tal manera que pasados dos años de pago subirán a **\$ 8,737**, hasta alcanzar utilidades de **\$ 53,852** con una producción de 200 garrafones por día, que es la capacidad de producción máxima de la planta.



A continuación se presenta la Tabla 12 que describe el costo unitario de producción del producto.

CONCEPTO	COSTO DE PRODUCCIÓN DIRECTOS O VARIABLE PARA 1200 GARRAFONES 19L c/u	COSTO DE PRODUCCIÓN DIRECTOS O VARIABLE UNITARIO
• Agua de pipa de buena calidad con 97% rendimiento	\$2000	\$1.66
• Sellos de garantía	\$132	\$ 0.11
• Tapa garrafón	\$320	\$ 0.267
• Banda garrafón	\$132	\$ 0.11
• Detergente lavado garrafón	\$116	\$ 0.096
• Disolución de cloro (cloración)	\$30	\$ 0.025
• Kits control calidad in situ	\$145	\$ 0.120
CONCEPTO	COSTO DE PRODUCCIÓN INDIRECTOS O FIJOS PARA 1200 GARRAFONES 19L c/u	COSTO DE PRODUCCIÓN INDIRECTOS O FIJOS PARA UNITARIO
• Sueldo una persona con uniforme	\$ 2500/30 días= \$83.33	\$0.086
• Gastos de mantenimiento para el equipo: filtros, repuesto de lámpara U.V.	\$1700/12 meses = \$141/30 días= \$4.7	\$ 0.005
• Luz, tel y agua	\$850/30 días= \$ 28.33	\$ 0.0295
• Mantenimiento del local (productos de limpieza)	\$250/30 días= \$ 8.33	\$ 0.008
• Renta	\$3000 / 30 días= \$ 100	\$0.104
• Impuestos derechos y otros	\$500 / 30 días= \$ 16.66	\$0.017
• Certificado de calidad	\$200 / 30 días= \$ 6.66	\$ 0.006
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO= \$4.8		



C. ESTUDIO MERCADOLÓGICO

Se realizó una investigación de mercado para orientar mejor el proceso de comercialización del producto, la cual proporcionó la información necesaria para definir el producto y sus estrategias reales de comercialización. Este estudio tiene como principal referencia el comportamiento de compra del consumidor y la satisfacción de sus necesidades; se reforzó con el análisis de los factores socioculturales (cultura, clase social, grupos de referencia) y de los factores personales (preferencias, actividades y estilo de vida) que influyen en su compra.

Puntos estratégicos de mejora de ventas:

1. Enfoque de la empresa:

- **Misión:** Satisfacer las necesidades de los consumidores elaborando agua purificada de alta calidad asegurando su producción y distribución responsable y respetuosa con el entorno, contribuyendo así a mantener un estilo de vida saludable.
- **Visión:** Ser una empresa confiable, que se posicione como el primer productor y distribuidor de la zona, respaldada por la calidad e innovación de su producto y proceso.
- **Valores:** Honestidad, servicio y entusiasmo.

2. Ubicación del local

Dirección: Calle Lago Victoria, colonia Granada, delegación Miguel Hidalgo.

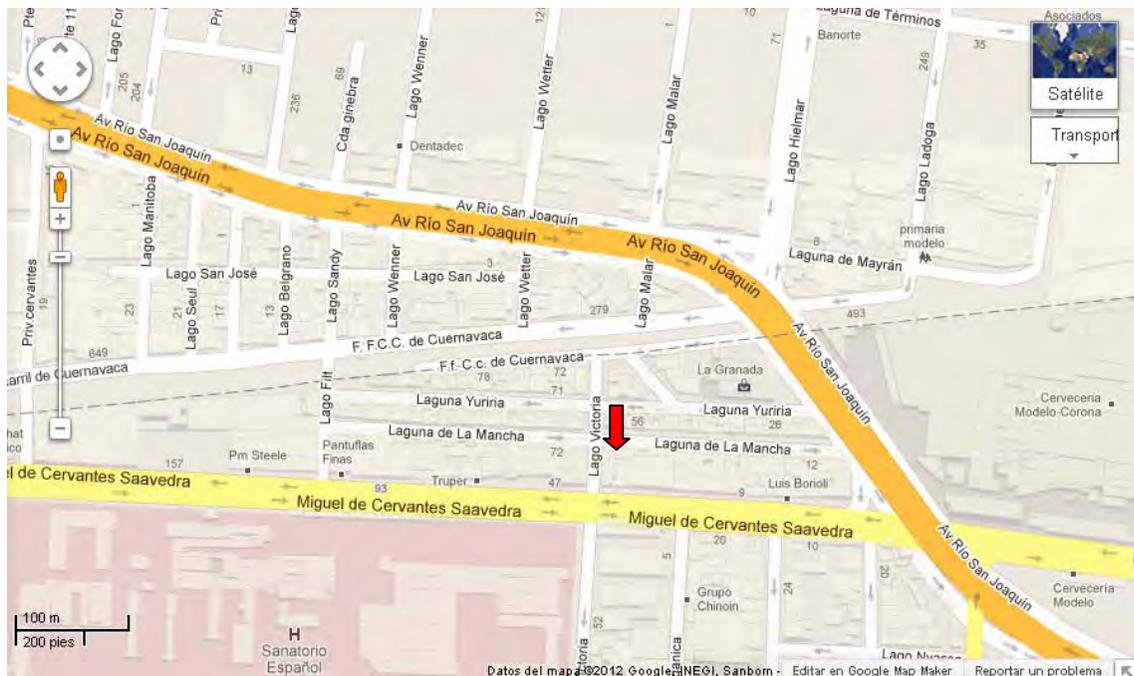


Figura 08. Croquis de la ubicación de la Planta Purificadora de Agua.

La ubicación de local fue seleccionada porque cumple con lo siguiente:

- Dentro de toda la colonia Granada y por lo menos en la mitad de las otras colonias aledañas no hay funcionando otra planta purificadora de agua para consumo humano con sistema repartidor.
- Otras formas de acceso del producto a la colonia:
 - Comprar en la tienda con un precio promedio de \$30 pesos.
 - Comprar con un repartidor con un precio promedio de \$18.50 pesos y con constantes quejas por parte de los compradores por considerarla hiperclorada.
- La renta se ajusta al presupuesto establecido.
- La Planta Purificadora se localizará en el centro de una colonia que conjuga a diario las siguientes actividades:
 - Actividades industriales. Dentro de la colonia se encuentran funcionando industrias como Grupo Modelo, Bimbo, Laboratorios Chinoín, Instrumentation Laboratory, Aceites y Esencias de México.
 - Actividades oficinales y de servicios. Dentro de la colonia se encuentran el Corporativo Operacional DELVIN, Oficinas PM. STEEL, Hospital Español, Plaza de Oficinas Victoria, Correos de México, etc.
 - Actividades comerciales. Es la actividad más fuerte de la zona. Se estima poder incluir a los siguientes clientes en un sistema de entrega a domicilio: fondas de comida económica, cafeterías, Mercado Granada y los demás negocios de la zona; también se buscará repartir el producto a restaurantes más grandes como Vips, Toks, Sanborns y en los locales de las plazas comerciales como Parques Polanco, Antara, Pabellón Polanco, etc.
 - Casas habitación y unidades departamentales. Habitantes de la colonia Granada y de las aledañas (según lo contemple el programa de distribución del producto).



- Otro cliente. Personas que se derivan de las actividades ya mencionadas y que coincide su paso por la Planta Purificadora, al regresar de su día de trabajo. Existe una gran afluencia de tránsito de personas en dirección ya sea al metro San Joaquín o al Polanco.

3. Determinación del precio unitario del producto

Se determinó que el precio del garrafón de 19 L de agua purificada será de \$16 pesos con entrega a domicilio gratis. Este precio se designó en base a:

- Costo de producción
- Investigación de los precios de productos análogos competitivos de las empresas líderes, medianas y pequeñas.

4. Distribución del producto

La distribución del producto respetará lo establecido en el programa de rutas de distribución y se espera que una vez abarcando la ruta de distribución primaria, se trabaje tanto como sea necesario, para poder repartir el producto en el siguiente nivel distribución y optimizar así el crecimiento del negocio.

- Ruta de distribución primaria: colonia Granada dividida en 3 secciones.
- Ruta de distribución secundaria: colonia Polanco, sólo su primera sección colindante con la ruta primaria.
- Ruta de distribución terciaria: colonia Anáhuac, dividida en 3 secciones.

5. Plan de negocio

Se realizó un Plan de Negocios, que es un documento que calendariza, monitorea y registra si se están llevando a cabo satisfactoriamente las actividades propuestas para el negocio. Su objetivo es llevar de la mano a la empresa y marcarle la directriz por seguir. Un Plan de Negocios indica qué, cómo y cuándo se hará para vender. Una de las características de este documento es que debe de ser concreto, real, flexible y revisarse mensualmente al arranque del proyecto y posteriormente mínimo cada tres meses para corregir acciones de ser necesario. Se propone le siguiente plan de negocio:

- **Etapas 1.** Del arranque de la Planta a los primeros tres meses: Por ser el arranque de la Planta se considera que la venta en este periodo será de inicio baja, alrededor de 1-30 garrafones por día. Se deberá realizar otra revisión pasados tres meses para evaluar el desarrollo de la planta y sus posibles mejoras. En el caso de no haber recuperado la inversión para este momento, se deberá delimitar una fecha que no exceda los siguientes 3 meses.
- **Etapas 2.** De los 4 a 9 meses: Se estima que para esta etapa el negocio irá respondiendo mejor a su apertura, y que al irse abriendo las rutas de distribución, se llegue a una venta de 30-50 garrafones por día.
- **Etapas 3.** De los 9 a 12 meses: El primer año de vida de una empresa es vital para determinar su desarrollo o cierre, pues lastimosamente la mayoría de las microempresas mueren antes de su primer aniversario. Para esta etapa se habrá trabajado exhaustivamente en la promoción, credibilidad del producto y en el cumplimiento de su entrega, de tal manera que se deben tener ya concretados y asegurados, los clientes necesarios para llegar a una venta mínima de 50 garrafones por día (entre los distribuidos a domicilio y los llenados *in situ*).

6. Etiqueta y presentación del producto

A continuación se presenta el diseño de la etiqueta del producto. Por normatividad se debe incluir en este membrete el código ó número e lote para su rastreabilidad en caso de alguna contingencia sanitaria.



Figura 09. Logotipo del producto.

El producto se venderá en contenedores de plástico de 20 L (garrafrones) y con tapa inviolable o sello de garantía. La distribución será a domicilio o lavado y llenado *in situ*.

Se espera que el negocio pueda expandirse al incluir posteriormente las presentaciones del producto en botellas de PET de 1, 1.5 ó 2 L. incluso puede adaptarse un sistema de producción y llenado de agua con saborizantes.

7. Promoción del producto.

Se evaluó el grupo de consumidores y apegándonos al presupuesto disponible, se seleccionó la distribución los volantes informativos y promocionales del producto que incluyan los siguientes datos: ubicación, teléfono, características del producto y proceso, sistema de entrega a domicilio etc; y se deberán repartir ella zona programada según la ubicación de la planta.

Se realizará un evento promocional el día de la apertura de negocio, para que la gente se acerque a conocer el producto, su proceso y las instalaciones de la Planta Purificadora de Agua.



VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de los resultados de los tres marcadores críticos del proyecto resultó factible, rentable o positivo. Su revisión se presenta en forma individual.

1. Resultado del estudio técnico: **FACTIBLE.**

Se seleccionó el equipo ECOENLLEN 2.0, de la empresa GO4LIFE MÉXICO, porque su equipo y proceso cumple con las especificaciones normativas que nos pide SSA para poder liberar el producto. Por otra parte se eligió un proveedor reconocido que propone el mejor precio del mercado y que continúa brindando asesoría técnica del equipo, proceso y producto.

Dentro de las bondades del equipo ECOENLLEN 2.0, está su capacidad de producción de agua purificada para 200 garrafones por día; su garantía por escrito de la empresa por dos años; su vida media de 15 años, y que sus refacciones son de origen nacional o estadounidense, lo que se traduce en refacciones de calidad y a la mano.

2. Resultado del estudio económico: **FACTIBLE.**

Partiendo de los resultados, se estima que la utilidad mensual obtenida por la venta de 200 garrafones por día (máxima capacidad de producción de la planta) será de \$34, 948. El lograr esta venta durante el primer año de vida de una microempresa se considera ambicioso e irreal en un principio, por lo que se hizo un estimativo de ventas reales, donde se calcula que con una venta del 25% o de 50 garrafones por día, se genera una utilidad aceptable de \$7,537. Esta utilidad alcanza satisfactoriamente a cumplir con el sueldo del productor (el sueldo del repartidor ya está contemplado en los egresos).

Este estudio se considera factible también, por que el monto de la inversión se recuperará en 12 meses aproximadamente; aunque el crecimiento del negocio depende directamente del trabajo y destreza del productor.

El proyecto contempla la búsqueda de créditos bancarios para poder comprar la Planta, para esto se buscará apoyo en Bancos, eventos públicos de crédito como Expo-Pymes, en instituciones de apoyo a emprendedores, en incubadoras de negocio o en los programas de apoyo de la Cámara de Comercio. Éstas instituciones pedirán que se presente por escrito el estudio de factibilidad, para su revisión y aceptación dentro de uno de sus programas crediticios.

3. Resultado del estudio mercadológico: **FACTIBLE.**

Este estudio resulta aprobado porque las características del producto cumplen con la demanda existente en la zona, es decir, el producto se necesita, hay consumidores potenciales por trabajar, y no hay competidores productores cerca del nicho económico. Como ayuda para vigilar el crecimiento y desarrollo del producto, se propuso un Plan de Negocios por cumplir, que es el documento directriz que menciona qué, cómo y cuándo se realizarán las actividades establecidas; además resulta útil para monitorear el desarrollo y mejora del proyecto.

Los resultados de este análisis subrayan la importancia de tener un programa de promoción dirigido a los consumidores reales, siguiendo sus características socioculturales y económicas.



VIII. CONCLUSIONES

El proyecto de Factibilidad para el Montaje de una Planta Purificadora de Agua para Consumo se encuentra bien sustentado en las siguientes realidades. Primero, se vive la escasez del producto, ya sea por su ausencia ó por su mala calidad cuando que sí llega a las tomas domiciliarias donde es distribuido por las autoridades competentes. Segundo, el consumo de agua de dudosa calidad además de no ser agradable para el consumidor, causa enfermedades enterogastrointestinales graves y mortales, por lo que su regulación sanitaria es vital. Y tercero, el consumidor al desconfiar de la calidad del agua de su toma domiciliaria, está dispuesto a pagar por un producto confiable, sabroso, de precio accesible y que de preferencia que sea enviado a su domicilio. Esto convirtió a México en el primer país consumidor de agua embotellada a nivel mundial.

El proyecto resulta factible debido a que la estimación de los indicadores técnicos, económicos y mercadológicos, generan resultados positivos de rentabilidad. Cabe señalar que el resultado de la factibilidad del proyecto se rige por los tres estudios anteriores, sin embargo, la rentabilidad y el éxito del negocio no depende tan sólo de éstos marcadores, sino del trabajo y destreza del productor.

Para este estudio fue de suma importancia la revisión e interpretación de las Normas Oficiales Mexicanas, pues éstas limitan o dan apertura a cualquier producto por comercializar. Conociéndolas a fondo podemos posicionar en el mercado un producto o servicio y defenderlo ante cualquier revisión sanitaria. Por otro lado estos lineamientos nos obligan a mantener un Control de Calidad Interno y Externo que dará credibilidad al producto y confianza al cliente, lo que se traduce en mejores ventas.

Por último considero que la factibilidad del proyecto estará sustentada y apoyada por el fabricante (Q.F.B.), que cuenta con conocimientos técnicos requeridos para el diseño, montaje, arranque y mantenimiento de la planta; además de conjuntar los conocimientos adquiridos en el Diplomado de Administración Farmacéutica, y con esto podrá obtener utilidades a mediano plazo, y por otro lado generar posibles empleos como una alternativa de sostenimiento factible.



IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany. Manual de tratamiento de aguas. N.Y., U.S.A: Limusa; 1996.
2. Tampo Deborah. Aguas envasadas. México: Limusa; 1999.
3. Fair Maskew G, Geyer Charles J, Okun Alexander. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Vol. 2. 4ª ed. U.S.A.: Limusa;2008.
4. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1997, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano: límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
5. Romero Rojas J.A. Potabilización del agua. 3ª ed. Colombia: Alfaomega; 1999.
6. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993. Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.
7. Norma Oficial Mexicana NOM-160-SSA1-1995. Bienes y servicios. Buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada.
8. Romero Rojas J.A. Calidad del agua. 2ª ed. Colombia: Alfaomega; 1999.
9. <http://www.cofepris.gob.mx>
10. Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional del Agua. Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario. Gerencia de ingeniería básica y normas técnicas. México, 1994.
2. Comisión Nacional del Agua. Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento. Gerencia de ingeniería básica y normas técnicas. México, junio de 2000.
3. Perry, Robert H. (et: al.). Manual del ingeniero químico. Editorial McGraw-Hill, sexta edición (tercera edición en español), Tomo 2, México, 2000.
4. Metcalf & Eddy, Inc. Wastewater Engineering. Treatment and reuse. 4a ed. U.S.A: McGraw-Hill; 2003.
5. Comisión Nacional del Agua: <http://www.cna.gob.mx>
6. COFEPRIS: <http://www.cofepris.gob.mx>