



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**" ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA PLANTA  
POTABILIZADORA DE AGUA EN ACAPULCO,  
GUERRERO. "**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA QUIMICA  
P R E S E N T A N :  
MARIA DEL CARMEN FABIOLA ESPINOSA PEREZ  
VIOLETA SELENE LOPEZ ZEPEDA**

**ASESOR: I.Q. RAFAEL GARCIA NAVA**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAINE KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
Estudio de Viabilidad de una Planta Potabilizadora  
de Agua en Acapulco, Guerrero.

que presenta la pasante: Violeta Selene López Zepeda.  
con número de cuenta: 8739415-1 para obtener el TITULO de:  
Ingeniera Química ; en colaboración con :  
María del Carmen Fabiola Espinosa Pérez

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlan Iscalli, Edo. de Méx., a 22 de Enero de 1997

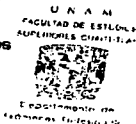
PRESIDENTE I.Q. Rafael García Nava *Rafael García Nava*  
VOCAL I.Q. Fernando Orozco Ferreyra *Fernando Orozco Ferreyra*  
SECRETARIO M. en C. Eligio Pastor Rivero Martínez *Eligio Pastor Rivero Martínez*  
PRIMER SUPLENTE M. en C. Ricardo P. Hernández García *Ricardo P. Hernández García*  
SEGUNDO SUPLENTE I.Q. Margarita Alonso Espinosa *Margarita Alonso Espinosa*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAINE KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
Estudio de Viabilidad de una Planta Potabilizadora  
de Agua en Acapulco Guerrero.

que presenta la pasante: María del Carmen Fabiola Espinosa Pérez  
con número de cuenta: 9155995-1 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniera Química. ; en colaboración con:  
Violera Selene López Zepeda

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLANA EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 23 de Enero 1997

PRESIDENTE I.O. Rafael García Nava. *[Firma]*  
VOCAL I.O. Fernando Orozco Ferreyra *[Firma]*  
SECRETARIO M. en C. Eligio Pastor Rivero Martínez *[Firma]*  
PRIMER SUPLENTE M. en C. Ricardo P. Hernández García *[Firma]* 10/11/97  
SEGUNDO SUPLENTE I.O. Margarita Alonso Espinosa *[Firma]*

**A G R A D E C I M I E N T O**

**A MIS PADRES:**

**YOLANDA ZEPEDA DÍAZ  
ALARDEO LÓPEZ ESCALONA**

**SABIENDO QUE NO EXISTIRÁ UNA FORMA DE AGRADECER  
TODA UNA VIDA DE SACRIFICIOS Y ESFUERZOS, QUIERO QUE  
SIENTAN QUE EL OBJETIVO LOGRADO TAMBIÉN ES SUYO Y QUE  
LA FUERZA QUE ME AYUDO A CONSEGUIRLO FUE SU APOYO.**

**A MI NOVIO Y COMPAÑERO:**

**DAVID CEDILLO OCHOA**

**POR ESTAR CONMIGO A CADA MOMENTO DE ALEGRIA Y  
SUFRIMIENTO, DE ESFUERZO Y LUCHA CON AMOR Y CARÑO TE  
DOY LAS GRACIAS.**

**A MIS HERMANAS:**

**ADRIANA LÓPEZ ZEPEDA  
MARSOL KRÝSTAL LÓPEZ ZEPEDA**

**A MI MEJOR AMIGO:**

**FERNANDO NONATO NONATO**

**POR ACOMPAÑARME, POR CREER EN MI, APOYARME Y  
ESTAR SIEMPRE A MI LADO.**

**CON TODO MI CARÑO Y RESPETO:  
SELENE LÓPEZ ZEPEDA.**

QUIERO DAR GRACIAS DESDE LO MAS HONDO DE MI CORAZON:

CON CARIÑO, ADMIRACION Y RESPECTO:

A quienes me han heredado el tesoro mas valioso que puede darse a un hijo: A M O R

A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme.

A quienes la ilusion de su existencia ha sido convertirme en persona de provecho a pesar de todo obstáculo.

A quienes nunca podre pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas mas grandes del mundo.

A quienes siempre me ayudaron a resolver muchos de mis problemas y me enseñaron a vivir en mi el deseo de superacion.

M I S   P A D R E S

Esperanza Perez Fragoso

Jose Arturo Espinosa Pacheco

CON CARIÑO A MIS HERMANOS:

(Jose Arturo, Juan Alfredo y Juan Pablo Espinosa) a los cuales espero sigan siempre luchando por mejorar y superarse en sus distintas actividades de su vida, deseandoles exito y prosperidad en todo lo que se propongan.

**A MIS ABUELOS:**

Conno una muestra de mi cariño y agradecimiento, por todo el amor y apoyo brindado, porque ahora veo llegar a su fin una de las metas de mi vida, les agradezco la orientacion que siempre me han otorgado, con admiración y respeto.

**A LA MEMORIA DE MI ABUELA:**

Esther Frangoso Guarneros: Que desde donde este comparta conmigo esta alegría y que por siempre me acompañara con su luz buscando progreso.

**A MIS TIOS:**

Testimonio de eterno agradecimiento por el apoyo moral que desde siempre me brindaron y con el cual he logrado llegar a esta meta.

**A MIS MAESTROS:**

Por haberme dado la formación academica necesaria para la realización de esta meta.

Con cariño para mis AMISTADES y COMPAÑEROS que de una u otra manera me brindarán su apoyo acercandose para alentarme y llenarme de energia para vencer los obstaculos.

Ante todo doy Gracias a DIOS por la familia que tengo y por este logro.

**SINCERAMENTE**

**Ma. del Carmen Fabiola Espinosa Perez**

## I N D I C E

OBJETIVOS Y ALCANCE	I
INTRODUCCIÓN	II
<b>CAPITULO I : ESTUDIO DE MERCADO</b>	<b>1</b>
I.1 Aspectos Geográficos	1
I.2 Estadísticas de Demanda y Abastecimientos de Agua desde los años 1970 hasta 1995.	4
I.2.1 Determinación de los Consumos de Agua por Tipo de Usuarios	6
I.2.2 Demanda Actual y Futura	7
I.2.3 Requerimiento de los Sistemas de Agua Potable	8
I.3 Investigación de Campo para Determinar la Oferta y Demanda del Municipio de Acapulco, Guerrero.	8
I.4 Investigación Rural Comercial del Mercado	9
<b>CAPITULO II : APORTACIONES DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO PARA UNA BUENA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS.</b>	<b>14</b>
II.1 Objetivos del Análisis de Campo	14
II.2 Descripción	14
<b>CAPITULO III : ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS</b>	<b>20</b>
III.1 Desalación	22
III.1.1 Intercambio iónico	22
III.2 Desinfección	26
III.2.1 Hipocloritos	26
<b>CAPITULO IV : INGENIERÍA BÁSICA PARA EL PROYECTO</b>	<b>28</b>
IV.1 Bases de Diseño	28
IV.1.1 Generalidades	28
IV.1.2 Capacidad, Rendimiento y Flexibilidad	29



IV.1.3 Especificación de Materia Prima	30
IV.1.4 Especificaciones de Productos	31
IV.1.5 Agentes Químicos Necesarios	31
IV.1.6 Alimentación de la Planta	33
IV.1.7 Eliminación de Desechos	33
IV.1.8 Almacenamiento	33
IV.1.9 Servicios Auxiliares	34
IV.1.10 Condiciones Climatológicas en el Municipio de Acapulco Gro.	35
IV.1.11 Localización de la Planta	36
IV.2 Esquema y Diagramas de Flujo de Proceso	36
IV.3 Descripción del Proceso	37
IV.4 Principio de Operación	41
IV.4.1 Servicio	41
IV.4.2 Retrolavado	41
IV.4.3 Introducción de la Salmuera	42
IV.4.4 Enjuague Lento	42
IV.4.5 Enjuague Rápido.	42
IV.5 Balance de Materia y Energía	43
CAPITULO V : DOCUMENTACIÓN BÁSICA	56
V.1 Hojas de Datos de Equipo	57
V.2 Paquete de Planos de Ingeniería Básica	69
V.2.1 Plano de Localización de la Planta	71
V.2.2 Plano de Localización de Equipo	72
V.2.3 Diagrama de Tubería e Instrumentación de Servicio	73
CAPITULO VI : ESTUDIO ECONÓMICO	77
VI.1 Plan Global de Inversiones	78
VI.2 Costo de Operación y Rentabilidad	84
CAPITULO VII : CONCLUSIONES	97

**ANEXO : MEMORIA DE CALCULO**

**98**

**GLOSARIO**

**104**

**BIBLIOGRAFÍA**

**105**

**APÉNDICE**

**109**

## OBJETIVOS Y ALCANCE

Los objetivos que se pretenden son:

- A) Dar un panorama, en el municipio de Acapulco, Guerrero de la problemática y la necesidad del uso de agua potable.
- B) Mencionar las características y aplicaciones de los métodos de desalación y desinfección de agua utilizados en este proyecto.
- C) Elaborar una investigación de campo para recabar información, establecer el estudio de mercado y fijar bases de diseño.
- D) Considerar el diseño de una planta potabilizadora de agua que tendrá como fin abastecer zonas con mayor deficiencia de suministro de agua potable, y específicamente la Ciudad de Acapulco de Juárez, Guerrero.
- E) Seleccionar el mejor método para la purificación del agua, tomando algunos factores en consideración, como: análisis del agua a tratar, requerimientos del agua efluente, rangos de flujo y operación de la planta.
- F) Describir el diseño conceptual de proceso de un sistema de potabilización de agua, utilizando como mejor método de purificación, resinas de intercambio iónico.
- G) Dar a conocer la ingeniería básica para la purificación del agua.
- H) Elaborar el estimado de costos para la planta potabilizadora de agua localizada en Acapulco, Gro.

Este proyecto está enfocado al abastecimiento de agua potable a ciertas zonas con mayor deficiencia en ella y la importancia de la desinfección del agua; día con día este control de la calidad del agua impone sobre las comunidades organizadas la obligación de buscar aguas de calidad adecuada.

## ALCANCE

El alcance que contiene el trabajo realizado, abarca la parte principal de la Ingeniería Básica, incluyendo estudio de mercado, estudio de tecnología, bases de diseño, diagramas de flujo de proceso, balance de materia y energía, hojas de datos del equipo, plano de localización, diagramas de tubería e instrumentación de proceso y de servicios y estudio económico. No llega a desarrollar o elaborar documentos de Ingeniería de Detalle.

## INTRODUCCION

La finalidad del presente trabajo es subrayar el papel que desempeña el Ingeniero Químico en la solución a problemas que acosan a la sociedad actual en nuestro país. Uno de estos problemas lo constituye el alto índice de mortalidad ocasionado por las enfermedades microbiológicas padecidas por la contaminación del agua, principalmente, incurridas en menores de edad. Las enfermedades más importantes, proporcionadas por fuentes bibliográficas, incluyen la Disenteria amibiativa, la Shigelosis, el Cólera, las Diarreas (de etimología no conocida), las Diarreas del tipo Escheria coliforme, las Diarreas virales, el virus "A" de la Hepatitis, la fiebre Tifóidea, Salmonelosis Antrax y enfermedad del Trematodo, siendo pequeños microorganismos el foco principal de estas enfermedades, como son: Echovirus, Polivirus, Reovirus y Adenovirus.

Debido a la cantidad innumerable de enfermedades producidas por agua contaminada ingerida como agua potable, es necesario crear nuevos proyectos de plantas potabilizadoras para la preservación y restitución de las propiedades del agua; físicas, químicas y biológicas, para cubrir las necesidades existentes en diferentes ciudades de la República Mexicana, como es el caso de Acapulco, Gro.

En especial se requerirá de agua de calidad para el suministro de agua potable, y es indudable que el Ingeniero puede diseñar proyectos que faciliten la remoción de los contaminantes hasta un nivel requerido.

En este proyecto se revisan los diferentes medios tanto físicos como químicos, con el fin de reducir o eliminar sales y microorganismos a tal grado que no ocasionen daños a la salud, y se realiza una investigación bibliográfica en la cual se recolectan los métodos de desinfección y desalación para una completa purificación.

Este proyecto surge principalmente por la necesidad de abastecer una zona como la de Acapulco de Juárez; en la que se refleja un gran problema por el agua que se consume, la cual es de muy mala calidad. Dentro de uno de los capítulos incluidos en este trabajo se encuentra la investigación de campo, que es la descripción de una de las plantas potabilizadoras de agua, perteneciente a la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco (C.A.P.A.M.A.).

## CAPITULO I

### ESTUDIO DE MERCADO

Una de las partes esenciales para la consolidación de un proyecto en una empresa, sin duda alguna, es el conocimiento del mercado sobre lo que se quiere producir, para evitar de esta manera pérdidas en inversiones en el futuro y a fin de proporcionar al inversionista optimas condiciones de desarrollo.

En este caso servirá para fijar la capacidad de la planta y justificar económicamente el proyecto.

Antes de empezar a desarrollar el estudio del mercado, se analizaran los aspectos geograficos de Acapulco, así como los efluentes que se encuentran en la region.

#### 1.1 ASPECTOS GEOGRAFICOS

En muchos casos la localización geografica es un factor económico importante. Pequeñas diferencias de localización, como por ejemplo la localización de una planta potabilizadora de agua, pueden tener efectos considerables sobre la economía, y con frecuencia se estudian detalladamente.

La selección del sitio en donde se ha de construir una planta es un compromiso a largo plazo. Nuevas empresas pueden ser obstaculizadas a lo largo de su vida si no se selecciona bien el sitio de construcción. Una vez terminada una planta, el gasto y la interrupción de actividades necesarias para trasladarla a un sitio mejor es generalmente tan grande que no se puede llevar acabo, aun que los fracasos resulten de las características desfavorables de la localización original, por lo tanto la búsqueda y la evaluación adecuada de los sitios en donde se establezcan las plantas, justifican consideraciones muy cuidadosas de los mismos.

Cuando el beneficio es la medida del éxito, la mejor localización es aquella en la cual los esfuerzos de producción y mercadeo llegan a obtener la mejor utilidad. La localización pueden afectar el costo al que se adquiere las materias primas, el costo de producción, el costo de mercadeo y el volumen vendido del producto. La evaluación de un sitio comienza con la determinación del volumen de ventas e ingreso que se espera por la localización dada.

## UBICACION GEOGRAFICA

Coordenadas geográficas extremas del municipio de Acapulco, Gro.

Al norte  $17^{\circ} 14'$ , al sur  $16^{\circ} 41'$  de latitud norte; al este  $99^{\circ} 29'$  y al oeste  $100^{\circ} 00'$  de longitud oeste.

Altitud de 20 msnm.

Cuerpos de agua (Fig. I.1): Lago Tres Palos y Rio Papagayo.

Despues de haber analizado los aspectos geograficos, se desarrollara el estudio de mercado revisando los siguientes temas:

I.2 Estadísticas de demanda y abastecimientos de agua desde los años 1970 hasta 1995.

I.2.1 Determinación de los Consumos de Agua por Tipo de Usuarios.

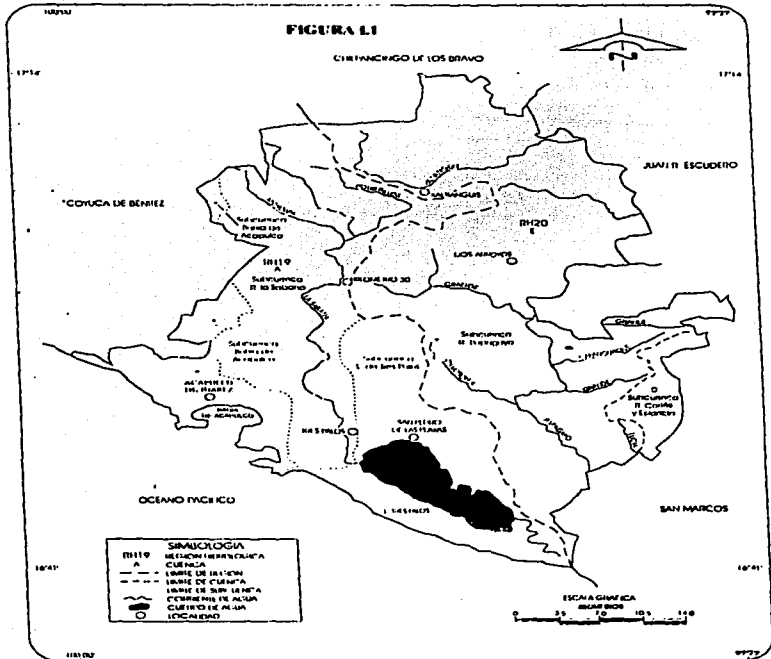
I.2.2 Demanda Actual y Futura.

I.2.3 Requerimiento de los Sistemas de Agua Potable.

I.3 Investigación de campo para determinar la oferta y demanda en Acapulco, Guerrero.

I.4 Investigación rural comercial del mercado.

# Hidrografía



FUENTE: Carta Hidrológica Agua Superficia, 1:250 000



## I.2 ESTADISTICAS DE DEMANDA Y ABASTECIMIENTOS DE AGUA DESDE EL AÑO 1970 HASTA 1995

Se han realizado grandes esfuerzos para atender y llevar los importantes servicios de agua potable que actualmente tiene Acapulco. Sin embargo, se reconoce que aun existen importantes núcleos de población que no cuentan con estos servicios, originado principalmente por la elevada tasa de crecimiento poblacional, los asentamientos irregulares y las colonias urbano populares que se ubican en las partes altas de Acapulco, situaciones que impiden proporcionar estos servicios por los altos costos o por la inexistencia de la infraestructura requerida, particularmente en las áreas suburbana y rural.

En materia de agua potable, el volumen de captación mensual promedio, asciende a 6 millones de metros cúbicos, esto permite brindar atención al 75 % de la población total. Las acciones previstas para el trienio (1993-1996) permitirán el incremento de un 10 % en la cobertura de la infraestructura hidráulica, por lo tanto, la meta a la que se aspira es del 85 % al final del periodo (1993-1996).

Con relación a los sistemas de agua potable en el área rural, existen 143 comunidades que conforman al Municipio de Acapulco, de las cuales 56 cuentan con servicio. La meta es ampliar la cobertura a otras 30 más, es decir, 10 en promedio anual, con lo que se abatirá sensiblemente el rezago en esta zona, teniendo al final del periodo una cobertura del 60 %.

A continuación se muestra algunos datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (I.N.E.G.I.) con las estadísticas de 1994 acerca de la población total y viviendas particulares ocupadas y que cuentan con agua entubada, del municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero.

I.N.E.G.I. Estadística de 1994.

Información: Acapulco de Juárez.

POBLACION TOTAL: Municipio 627,894 habs.  
Localidad 550,056 habs.

VIVIENDAS PARTICULARES HABITADAS: Municipio 123,656  
Localidad 109,434

VIVIENDAS PARTICULARES CON AGUA ENTUBADA: Municipio 80,646  
Localidad 76,787

Con el propósito de dar atención a la Zona Rural del Municipio de Acapulco, en la prevención de las enfermedades de tipo diarreico, el Organismo Operador ha implementado un programa de Agua Limpia, y que consiste en el suministro de hipoclorito de sodio, para aplicarse en las obras de captación de agua potable y en los tanques de almacenamiento de todas las comunidades que integran el Municipio.

La Ciudad de Acapulco es considerada como un centro de importancia turística tanto a nivel nacional como internacional, debido a lo cual presenta un crecimiento superior al medio nacional, que ha dado como origen a un crecimiento de la mancha urbana de tal magnitud, que han quedado conurbadas pequeñas poblaciones circunvecinas, como son La Sabana, Puerto Márques, Col. Zapata, Renacimiento, Pedregoso, Pie de Cuesta entre otras.

En los años setentas al puerto de Acapulco se le brindó importancia al ampliar la escasa infraestructura que existía, en materia de agua potable, creando el sistema Papagayo II, que conjuntamente con las demás fuentes fue posible dar un buen servicio hasta finales de la década de los ochenta.

Los servicios de agua potable son brindados actualmente por la Comisión de Agua Potable y Obras Urbanas de interés social del Municipio de Acapulco (CAPOUISMA).

De acuerdo a los datos censales de las últimas décadas se tiene que la población registrada en la ciudad y en el municipio de Acapulco, así como en el Estado de Guerrero, es la que se consigna en la Tabla I.1, donde se observan los porcentajes de crecimiento y de urbanización de la Ciudad de Acapulco, así como los datos proporcionados por "CAPOUISMA".

TABLA I.1  
POBLACION HISTORICA CENSADA

Año	Estado de	Guerrero	Municipio de Acapulco		Cd. de Acapulco		
	Poblacion (habs)	Crecim. %	Poblacion (habs)	Crecim. %	Poblac. (habs)	Crecim. %	Urb. %
1950	919,000		55,862		31,368		
1960	1187,000	2.59	84,720	4.20	52,766	5.14	61.1
1970	1597,000	3.01	238,713	10.91	186,260	13.66	78.0
1980	2109,513	2.72	409,335	5.54	336,447	6.09	82.2
1990	2620,637	2.19	593,212	3.78	515,374	4.36	84.9

### I.2.1 DETERMINACION DE LOS CONSUMOS DE AGUA POR TIPO DE USUARIOS

#### CONSUMO DOMESTICO URBANO

El consumo doméstico urbano se encuentra dividido en dos sectores, el doméstico popular y el residencial. El doméstico popular presentó un promedio mensual por usuario de 25.49 m<sup>3</sup>, el cual, transformado a dotación diaria por habitante resulto de 168.33 lts/hab/día. Por su parte, en el sector residencial el consumo promedio mensual por toma fue de 64.34 m<sup>3</sup> que convertido a dotación es de 424.48 lts/hab/día. El consumo promedio del sector domestico se determino en 189.4 lts/hab/día.

#### CONSUMO COMERCIAL

Para el sector comercial se calculo el consumo unitario promedio del año con base en los 3,711 establecimientos del ramo en Acapulco para 1990, dando como resultado un consumo de 2837 lts/consumo/día.

#### CONSUMO TURISTICO (HOTELERIA, VILLAS Y BUNGALOWS)

En 1990, el organismo operador tenia registrados en su padrón de usuarios 402 hoteles con 20,146 cuartos, los cuales consumieron en promedio mensual 702,990 m<sup>3</sup> para un consumo unitario promedio de 1,480 lts/cuarto/día. Cabe señalar que algunos establecimientos cuentan con más de una toma.

## CONSUMO DE SERVICIOS PUBLICOS

Con referencia al sector público, se estimaron 404 servicios, los cuales consumen un promedio mensual de 450 m3 que da un consumo unitario de 14,113.58 lts/servicio/día.

En la Tabla I.2 , se muestran datos de comunidades que cuentan con los servicios de agua potable del año 1989 - 1993; estos datos fueron aportados por la Secretaría de Planeación, Presupuesto y Desarrollo Urbano del Gobierno del Estado, la Subsecretaría de Planeación y la Dirección General de Información y Evaluación.

TABLA I.2  
COMUNIDADES BENEFICIADAS POR EL SERVICIO DE AGUA POTABLE

SERVICIO DE AGUA POTABLE	ESTADO DE GUERRERO	MUNICIPIO DE ACAPULCO
1989 Agua Potable	1 002	40
1993 Agua Potable	1 085	50

### I.2.2 DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

El Organismo Operador CAPOUISMA , para satisfacer la demanda del servicio de Agua Potable, actualmente tiene en operación dos obras de captación que se localizan sobre el lecho del Río Papagayo, a la altura de la comunidad de Agua Caliente, las cuales son PAPANAGAYO I y PAPANAGAYO II

Una vez cuantificados en el punto anterior los consumos por tipo de usuario, se ha establecido que actualmente (1993) el sistema de agua potable requiere de 3,302 l/s (l.p.s.), (incluyendo pérdida) de acuerdo a datos obtenidos por C.A.P.O.U.I.S.M.A., de demanda total promedio y que con las fuentes actuales como es el: Papagayo II (2,100 l.p.s.), Papagayo I (250 l.p.s.), pozo radial No. 1 (500 l.p.s.), sistema el Chorro (50 l.p.s.) y los pozos someros (100 l.p.s.); se estima un total de producción de 3000 l.p.s. teniéndose que existe un déficit de 302 l.p.s. (1993).

Para 1994 se deberá concluir el pozo radial No. 2 que será interconectado al sistema Papagayo I para contar con una producción de 585 l.p.s. adicionales a los existentes actualmente (3,000 l.p.s.), para ese entonces la demanda total con pérdidas se estima en 3,585 l.p.s. existiendo un déficit de 285 l.p.s.

En 1995 se tiene programado construir el pozo radial No. 3 con capacidad de 500 l.p.s. y un acueducto paralelo con destino a Puerto Marqués de 1,000 l.p.s. Para este entonces la demanda será de 3,868 l.p.s. (1995) que es un poco menor a la producción de 5005 l.p.s. sin existir déficit.

Dado que en 1998 la demanda total será de 4,149 l.p.s. se deberá concluir el pozo radial No. 4 de 500 l.p.s. de capacidad interconectado con el pozo radial No. 3, llegando a su capacidad del acueducto (pozo 3 y 4) de 1,000 l.p.s. con lo que se tendrá una producción de 4,500 l.p.s.

### **I.2.3 REQUERIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE**

El sistema de agua potable requiere para su crecimiento de fuentes de abastecimiento que proporcionen 6,000 l.p.s. en el año 2010. Para satisfacer esta demanda se ha programado incrementar el caudal de explotación de río Papagayo, de donde actualmente se abastece a la ciudad un caudal de 3,000 l.p.s.

Por lo que se concluye que la capacidad requerida más adecuada para satisfacer estas necesidades es de 3,000 l.p.s.

### **I.3 INVESTIGACION DE CAMPO PARA DETERMINAR LA OFERTA Y DEMANDA EN ACAPULCO. GUERRERO**

El mercado para todos los tipos de productos y servicios está sujeto a las leyes de economía de la oferta y la demanda. Es por esta razón que se realizó un inventario de purificadoras de agua y fábricas de hielo existentes en la zona en cuestión (Tabla I.3).

Si la cantidad disponible de un producto se eleva con respecto a la demanda, es probable que bajen los precios que el público tendrá que pagar. A la inversa, la escasez de suministro significa un aumento en el precio, ya que quienes desean comprar pagarán ese precio para obtener su parte del producto. Existe una evidente relación entre un precio y la cantidad que puede venderse a ese precio.

Esto es particularmente cierto en productos altamente competitivos de tipo común, como el agua, la gasolina o el azúcar. La competencia tiende a unificar los movimientos de los precios en cualquier industria determinada, de acuerdo con las condiciones de la oferta y la demanda que afecten en lo general a dicha industria.

La mejor manera de competir con todas estas empresas purificadoras y distribuidoras de agua, es alcanzando un buen nivel de producción y calidad de la misma.

#### 1.4 INVESTIGACION RURAL COMERCIAL DEL MERCADO

Dentro del desarrollo de la investigación de campo realizada en Acapulco, Guerrero; se elaboró una recopilación de información detallada de las marcas de aguas purificadas.

La demanda de agua purificada envasada se distribuye en dos tipos diferentes de comercios, que son: el primero, que es el agua envasada distribuida en tiendas de autoservicios (Tabla 1.4), y el segundo el agua envasada distribuida en tiendas de enseres menores (Tabla 1.5).

**Tabla 1.3.**  
**INVENTARIO DE PURIFICADORAS DE AGUA Y FABRICAS DE HIELO EN EL**  
**MUNICIPIO DE ACAPULCO DE JUÁREZ.** El Análisis que realizan es químico y  
 bacteriológico, así como la fuente de abastecimiento es la red municipal.

<b>Nombre de la empresa</b>	<b>Forma de venta</b>	<b>Nombre de la empresa</b>	<b>Forma de venta</b>
Agua Purificada California	Garrafón y Barras	Fabrica de hielo el Diamante	Bolsa
Agua Purificada Diamante	Garrafón de 20 lt	Vasmelsan S.A de C.V.	Garrafón de 20 lt
Agua Purificada Cristal	Garrafón de 20 lt	Agua Oasis	Botella
Agua Purificada Gaby	Bolsa	Fabrica de Hielo la Parota	Bolsa
Agua Purificada Progreso	Garrafón de 20 lt	Agua Purificada	Garrafón de 20 lt
Agua Purificada Acapulco S.A de C.V.	Garrafón de 20 lt	Vida Sana	Galón 3.780 lt
Purificadora de Acapulco	Bolsa	Omso de Acap. S.A. de C.V.	Garrafón de 20 lt
Agua Purificadora Azalea	Garrafón de 20 lt	Purificadora Aguatel	Botella
Purificadora Karla	Bolsa	Agua Purificadora Brisa	Garrafón de 20 lt
Agua Manantial purificada	Botella	Agua Pura	Botella
Agua Natural	Botella y bolsa	Agua Purificada Iris	Garrafón de 20 lt
Purificadora mi Agua	Botella		

**TABLA 1.4**  
**INVENTARIO DE AGUAS PURIFICADAS QUE SE VENDEN**  
**EN TIENDAS DE AUTOSERVICIOS**

MARCA	\$/ lt.	ANALISIS	DIRECCION DE LA PURIFICADORA	ASOCIACION QUE CERTIFICA
Agua de manantial purificada	2.0	HCO 10 ppm SO 09 Cl 42 Ca 36 Mg 17 Na 03 pH 08	Miguel Aleman Km 10.5 Acapulco, Gro.	Grupo Yoli
Agua Sta. Maria de Manantial	3.30	HCO 63 ppm Mg 4.5 SO 2.6 K 2.5 NO 0.9 Na 7.4 Ca 5.7 F 0.10 pH 7.2	Santa Maria, Atepatzingo, Puebla.	ASONEAM (Certificado por Laboratorio Nacional de la Salud, Paris Francia)
EVIAN	6.0	Filtración por rocas glaciales de Francia. HCO 357 ppm Ca 78 Mg 24 Silice 14 SO 10 NO 1.0 Cl 4.0	Embotellada e Importada por Danone Internat. Brands S.A de C.V. Cd. Satellite Naucalpan de Juarez, Edo. de Mexico.	Secretaria de Salud Francia



**TABLA I. 5**  
**INVENTARIO DE AGUAS PURIFICADAS QUE SE VENDEN**  
**EN TIENDAS DE ENSERES MENORES**

MARCA	\$/lt.	DIRECCION DE LA PURIFICADORA
Agua Pura Diana	1.0	Carr. Nal. Acapulco Zihuatanejo S/N
Dolphin ( Agua pura Diana)	2.5	Carr. Nal. Acapulco Zihuatanejo S/N
Aquapura	2.0	Av. Ruiz Cortinez No. 1, Col. Garita Acapulco, Gro.
Agua purificada "Acapulco"	2.0	Buenos Aires No. 96 Fracc. Mozimba Acapulco, Gro.
Natural	2.0	Av. Las Palmas 117-J Fracc. Las Playas Acapulco, Gro.

Después de haber analizado los aspectos geográficos y la situación estadística de la demanda y abastecimientos de agua, se concluyó que la fuente de abastecimiento para el desarrollo de este proyecto, es la toma de agua municipal distribuida por una de las plantas potabilizadoras de agua de C.A.P.A.M.A. ubicada en Coyuca de Benítez. Así mismo esta se abastece por el pozo Papagayo II y cubre el 75 % de la demanda del municipio.

Por lo que la planta se instalara cerca del municipio de Coyuca, para tener cercana la toma de agua municipal.

De acuerdo a los resultados de los estudios técnicos y financieros, se observa que el proyecto puede ampliar un horizonte de operación para llegar a abastecer las necesidades de uso de agua potable en Acapulco, Guerrero. Teniendo la planta una capacidad de tratamiento de agua de  $21,708 \text{ m}^3$  / año para lograr los objetivos fijados. Y esto cubre la demanda requerida dentro del mercado comercial de Acapulco, Guerrero.

La inversión en si misma y bajo las condiciones especificadas en el estudio, es recuperable y rentable financieramente, ya que existe un equilibrio entre oferta y demanda del servicio.

## CAPITULO II

### APORTACIONES DE LA INVESTIGACION DE CAMPO PARA UNA BUENA SELECCION DE TECNOLOGIAS

En este capitulo se describe el proceso de tratamiento que llevan acabo la mayoria de las plantas potabilizadoras de aguas, provenientes de pozos. En este caso el agua es abastecida por el pozo Papagayo II.

#### II. 1 OBJETIVOS DEL ANALISIS DE CAMPO

1. Visitar plantas potabilizadoras de agua en Acapulco, Guerrero para obtener información acerca del mercado y tecnología, así como los diversos procesos, el equipo con el cual se llevan acabo, la inversión y la utilidad de los mismos.
2. Estimar por medio de estadísticas de población, el mercado y tecnología para la potabilización del agua en general.
3. Conocer la Hidrología del estado en cuestión.
4. Investigar las características físicas y químicas del agua a tratar y tratada.
5. Conocer las diferentes fuentes de abastecimientos optimos de materia prima.

#### II. 2 DESCRIPCION

Para hacer mas sencillo el entendimiento y la descripción del proceso, se muestra un diagrama de bloques: en el cual se observan todas las operaciones unitarias involucradas en el proceso ( Fig. II.1).

1. Fuente de abastecimiento : Papagayo II. Agua de pozo con diversidad en composición debido al clima. Abastece el 75% de la población de Acapulco, Gro.

Acontinuación se muestra unas tablas de análisis del agua a tratar y el agua tratada, que C.A.P.A.M.A. elabora.

Figura II.1. Diagrama de bloques del tratamiento de agua en la planta de agua potable (CAPAMA)

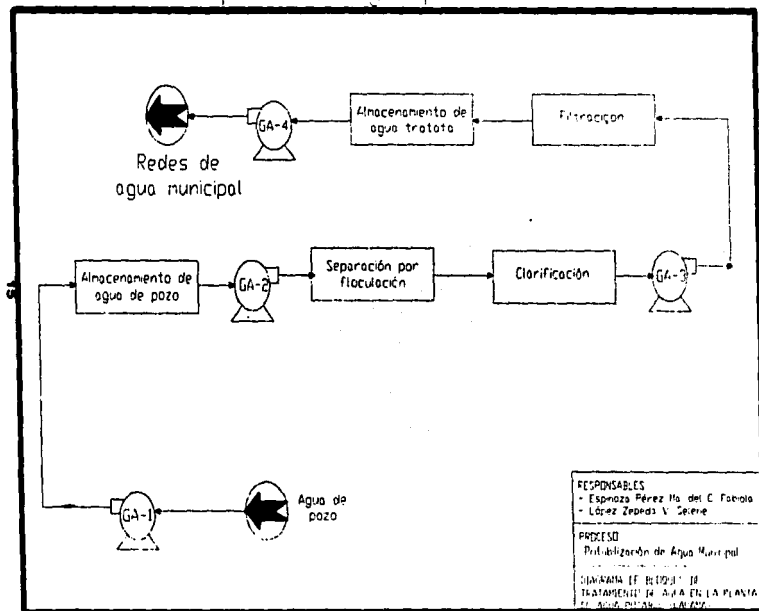


TABLA II.1  
 REPORTE DIARIO DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS  
 REGISTRADOS EN EL AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA

AGUA CRUDA

PARAMETROS		PARAMETRO MAXIMO	PARAMETRO MINIMO	PARAMETRO PROMEDIO DIARIO
ANALISIS FISICOS	TEMPERATURA °C	30	28	29.3
	COLOR PLATA - COBALTO	70	70	70
	TURBIEDAD U. T. J.	35	6.8	21.2
ANALISIS QUIMICOS	pH	8.6	8.1	8.3
	DUREZA TOTAL mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	190	190	190
	DUREZA CALCIO mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	100	100	100
	ALCALINIDAD mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	60	60	60

**TABLA II.2**  
**REPORTE DIARIO DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS**  
**REGISTRADOS EN EL AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA**

**AGUA TRATADA**

PARAMETROS		PARAMETRO MAXIMO	PARAMETRO MINIMO	PARAMETRO PROMEDIO	NORMA DE CALIDAD DEL AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO
ANALISIS FISICOS	TEMPERATURA °C	30	28	29.3	
	COLOR PLATA-COBALTO	30	5	17.5	0 - 5
	TURBIEDAD U.T.N.	4	1.1	2.3	5 U.T.N.
	p H	7.7	7.1	7.5	6.5 a 8.5
ANALISIS QUIMICOS	COLOR RESIDUAL P.P.M.	1.5	1.5	1.5	0.2 a 1.0
	DUREZA TOTAL mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	180	180	180	500
	DUREZA CALCIO mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	90	90	90	300
	ALCALINIDAD mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	55	55	55	100

**TABLA II.3**  
**REPORTE DIARIO DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICOS**  
**REGISTRADOS EN EL AGUA CRUDA Y AGUA TRATADA**

**ANALISIS BACTERIOLOGICOS**

LUGAR DE MUESTREO	COLIFORMES TOTALES N.M.P./100 ML	COLIFORMES FECALES N.M.P./100 ML	ESTREPTOCOCOS FECALES UFC/ML	MESOFILICOS AEROBIOS COLONIAS
AGUA CRUDA	3880	2534	0	----
AGUA TRATADA	< 3	0	----	----
NORMAS DE CALIDAD	< 3	0	0	0 - 200

a) Abastecimiento de materia prima. Un equipo de bombeo manda el agua de pozo, esta se recibe en piletas con una capacidad de 2,000 litros y llega a una velocidad de 1.2 m / s Se controla con una compuerta Parshal. La turbiedad del agua es mayor a las 40 U.T.J. (unidad de turbiedad Jackson).

b) Separación por Floculación. (Agitación mecánica a 100 r.p.m.) Cuando se manejan turbiedades altas es necesario neutralizar el agua con Sulfato de Aluminio como floculante, las turbiedades que soportan los tanques donde se mezclan, son aproximadamente de 5,000 U.T.J., estos son de fibra de vidrio y tienen una capacidad de 60,000 lt.

c) Clarificación. La clarificación se lleva acabo solo en tiempos de lluvia, debido al arrastre de sólidos; no es mas que una sedimentación de lodos y separación del agua a tratar. Este proceso se lleva acabo en pequeñas celdas.

d) Filtración. Esta es por medio de lecho superficial filtrante con arena silica porosa. Cuando la turbiedad es grande se aplica Cloro (Cloro-Gas) a la entrada y salida de los filtros; aqui el flujo del agua es de 150 lt / s.

Los filtros son 12, el retrolavado para la limpieza de los mismos es de 40 min. con agua y 10 min. con aire.

e) Distribuidores. Después de cada filtro hay sifones de cuello de botella para mandar el agua tratada a piletas para tomar especificaciones del producto.

f) Instalaciones .

i) Cuarto de control. Contiene 2 consolas las cuales permiten conocer y fijar lecturas en el proceso, entrada y salida de materia prima y producto; cada una controla 6 filtros.

ii) Laboratorio de Analisis y Pruebas Físico-Químico y Bacteriológico. Aquí se lleva acabo el muestreo y se analizan las pruebas por hora para conocer las condiciones de entrada y salida del agua.

iii) Caseta de Cloración. Para la cloración del agua se utiliza Cloro-gas por bombeo (30 - 90 HP). El Hipoclorito de Sodio solo se utiliza en casos de mucha turbiedad.

Dentro de esta caseta existen dosificadores con medidores de flujo para la inyección exacta del Cloro.



## CAPITULO III

### ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS

En este capítulo se mencionan los posibles procesos de desalación y desinfección más comunes para tratar el agua en cuestión. Hay una gran diversidad de procesos de purificación pero no todos cubren la necesidad requerida por este proyecto.

El problema de desalación de agua de mar y/o agua salobre es una preocupación de carácter mundial, porque se ha estimado que el consumo de agua se verá aumentado con lo que las reservas actuales de agua potable se verán disminuidas considerablemente, y será necesario recurrir a nuevas fuentes de obtención de agua potable.

Existen intereses con respecto a proyectos de desalación de agua de mar y salobre en muchos países tales como: África del Norte, Sudáfrica, las Antillas Holandesas, Israel, Australia, Gran Bretaña, Francia, España, Italia, Estados Unidos y Japón.

La remoción de los sólidos disueltos del agua se describe como desalación o conversión del agua salada. La salinidad de las aguas crudas varía con su origen. El grado de salinidad se expresa generalmente en miligramos por litro de sólidos disueltos, del ión cloruro  $Cl^-$  ó de sal común,  $NaCl$ . Dentro de la clasificación que toma en cuenta el origen del agua y su salinidad relativa, se encuentra la del agua salobre que son mezclas de agua salinas con aguas dulces o aguas ligeramente salinas, con concentraciones de sal de 1,000 a 5,000 p.p.m. de sólidos disueltos.

La desinfección del agua, es decir, la destrucción de los patógenos hídricos, no se logra a través de medios biológicos, sino físicos y químicos. Además, la desinfección química ofrece mayores posibilidades de éxito que la desinfección física.

La desinfección del agua es, sin duda, el arma más poderosa que puedan usar las autoridades encargadas de la sanidad y el control de las aguas en contra de las infecciones hídricas.

Clásicamente los procesos de desinfección se han empleado con la finalidad de destruir o desactivar los microorganismos patógenos productores de enfermedades.

Dentro del proceso se sabe que los microorganismos pueden existir en el agua sobreviviendo durante semanas cuando se mantienen a temperaturas ambientales o posiblemente durante meses cuando las temperaturas son bajas.

El agua puede desinfectarse y desalarse recurriendo a diversos medios. En la tabla III.1 se presentan las especificaciones del agua a tratar en este proyecto, las cuales fueron recopiladas e investigadas por medio de las fuentes informativas directas, del agua municipal de Acapulco de Juárez (la cual es la fuente de abastecimiento):

TABLA III.1  
ESPECIFICACIONES DEL AGUA MUNICIPAL. Datos obtenidos de la planta abastecedora del agua municipal.

AGUA MUNICIPAL	
pH	7.5
Alcalinidad total (como $\text{CaCO}_3$ )	55 ppm
Dureza de Calcio	90 ppm
Dureza de Magnesio	200 ppm
Dureza total	180 ppm
Sólidos totales	1500 ppm
Sodio ( $\text{Na}^+$ )	1150 ppm
Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )	790 ppm
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	405 ppm
Coliformes totales	< 3 NMP/100ml
Coliformes fecales	0
Turbiedad	2.3 UTN
Color (Plata y Cobalto)	17.7

En la tabla III.2 se muestran los procesos de purificación más específicos que hoy se emplean y a continuación se desarrollan solamente los que se utilizan dentro de este trabajo y se explica el por qué.

TABLA III.2

PROCESOS DE PURIFICACIÓN MAS COMUNES. Ref.(16,17)

A) DESALACION	B) DESINFECCIÓN
CONGELACIÓN	CLORO
INTERCAMBIO IÓNICO	BIÓXIDO DE CLORO
DESTILACIÓN CON VAPOR	CLORAMINAS
DESINFECCIÓN SOLAR	HIPOCLORITOS
PROCESO DE MEMBRANA	OZONO

### III.1 DESALACIÓN.

Para la desalación se describe a continuación la técnica a utilizar:

#### III.1.1 INTERCAMBIO IÓNICO:

El intercambio iónico es un proceso en el cual los iones mantenidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales cargados situados en la superficie de un sólido son cambiados por iones de carga similar de una disolución en la cual el sólido está inmerso. El intercambio iónico se considera un proceso de sorción, debido a que los grupos funcionales cargados en los cuales ocurre el intercambio, están en una superficie de un sólido y porque los iones intercambiables deben sufrir una transferencia de fase, desde una fase en solución a una fase superficial.

El intercambio iónico se usa mucho para el tratamiento de aguas y aguas residuales, principalmente para eliminar dureza producida por los iones ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ) en los

suministros de aguas, y para eliminar el hierro y manganeso en los suministros de aguas subterráneas.

Aunque las resinas sintéticas se usan actualmente para la mayor parte de las aplicaciones de intercambio iónico, se sabe que el fenómeno de intercambio iónico ocurre en varios sólidos naturales, incluyendo suelos, humus, celulosa, lana, proteínas, carbón activo, lignina, óxidos metálicos y células vivas tales como algas y bacterias. El intercambio iónico se efectúa con resinas especiales hechas de materiales granulados.

#### **Resinas sintéticas:**

En el sentido más amplio de la palabra, una resina sintética consiste en una red de radicales hidrocarbonados a los cuales están unidos grupos funcionales iónicos solubles. Las moléculas de hidrocarburos están unidas transversalmente formando una matriz tridimensional que imparte una insolubilidad y tenacidad global a la resina. La extensión o grado de reticulación determina la estructura porosa de la resina y esta no debe ser tan grande que restrinja el movimiento libre de los iones cambiables. La naturaleza de los grupos iónicos unidos al armazón de la resina determinan ampliamente el comportamiento de la misma. El número total de grupos por unidad en peso de la resina determina la capacidad de intercambio, y el tipo de grupo afecta el equilibrio de intercambio iónico y a la selectividad iónica.

Las cuatro clases de resinas más importantes son: fuertemente ácidas, débilmente ácidas, fuertemente básicas y débilmente básicas.

#### **Resinas catiónicas:**

Llevar cationes cambiables y contienen grupos funcionales ácidos, tales como el sulfónico,  $R-SO_3$ , fenólico,  $R-OH$ , carboxílico,  $R-COOH$  y el fosfónico,  $R-PO_3H_2$ , la letra R representa la red orgánica de la resina. El término "fuertemente ácido" se usa como referencia para resinas catiónicas que contengan grupos funcionales derivados de un ácido

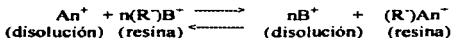
fuerce, tal como  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , mientras que el término "débilmente ácido" se usa para resinas catiónicas derivadas de un ácido débil tal como  $\text{CO}_2\text{H}_2$ .

#### **Resinas aniónicas:**

Estas contienen grupos funcionales tales como: amina primaria,  $\text{R-NH}_2$ , amina secundaria,  $\text{R-R}'\text{NH}$ , amina terciaria,  $\text{R-R}'_2\text{N}$  y el grupo amonio cuaternario,  $\text{R-R}'_3\text{N}^+\text{OH}^-$ .  $\text{R}'$  representa radicales orgánicos con el radical metilo, los cuales no son necesariamente idénticos en toda la resina. Las resinas aniónicas que contienen grupos derivados de aminas débiles se denominan "débilmente básicas" y aquellas derivadas de compuestos de amonio cuaternario "fuertemente básicas".

El proceso se basa en el uso de resinas catiónicas débilmente ácidas y aniónicas débilmente básicas; su mecanismo es el siguiente:

La solución salina pasa a través de una columna con resina catiónica que contiene iones activos ( $\text{H}^+$ ) los que se intercambian con los iones positivos como sodio de la solución, la cual fluye de la parte superior a la inferior. Durante el trayecto, todos los iones positivos han sido cambiados por  $\text{H}^+$  y de hecho la solución salina se transforma en una solución diluida ácida, pasa por una columna con resina aniónica con iones hidroxilicos ( $\text{OH}^-$ ) que se intercambian con los iones negativos como cloruros y sulfatos; en consecuencia todos los iones que constituyen la salinidad han sido substituidos por iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$ , los que se combinan para formar agua pura.



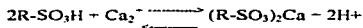
Después de un tiempo de realizarse este proceso, las resinas agotan su capacidad de intercambio y es necesario regenerarlas con soluciones químicas.

El regenerante será un ácido, base o sal correspondiente.

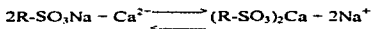
A continuación se da una lista de los regenerantes apropiados para resinas y se muestra la tabla III.3 en la que se mencionan los diferentes tipos de resinas y sus características.

1. Resinas catiónicas fuertemente ácidas

a) Forma ácida, regenerar con HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

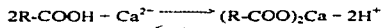


b) Forma sódica, regenerar con NaCl.

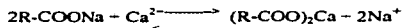


2. Resinas catiónicas débilmente ácidas

a) Forma ácida, regenerar con HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

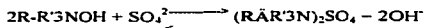


b) Forma sódica, regenerar con NaOH.

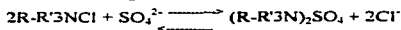


3. Resinas aniónicas fuertemente básicas

a) Forma básica, regenerar con NaOH.

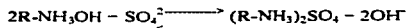


b) Forma clorada, regenerar con NaCl o HCl



4. Resinas aniónicas débilmente básicas

a) Forma básica o base libre, regenerar con NaOH, NH<sub>4</sub>OH o NaCO<sub>3</sub>.



b) Forma clorada, regenerar con HCl.

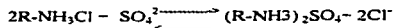


TABLA III.3  
CLASIFICACIÓN DE RESINAS Ref.(16)

TIPO	NATURALEZA	NOMBRE COMERCIAL
CATION FUERTE	POLIESTIRENO SULFONADO	DOWEX 50 AMBERLITA IR 120
CATION DÉBIL	ACIDO ACRÍLICO	AMBERLITA IRC 50
ANIÓN FUENTE CON-CH <sub>3</sub> , NMe <sub>2</sub> ,Cl	POLIESTIRENO	DOWEX 1 AMBERLITA IRA 400
ANIÓN DÉBIL	POLIESTIRENO CON ÁMINA SECUNDARIA	DOWEX 3 AMBERLITA IR 45
CATION DÉBIL	POLIESTIRENO DIVINILBENCENO	AMBERLITA IRC 84
ANIÓN DÉBIL	POLIESTIRENO DIVINILVENCENO	AMBERLITA IRA 68

### III.2 DESINFECCIÓN.

La desinfección se puede llevar a cabo por medio de varios procesos, uno de ellos es el de los Hipocloritos, técnica que se eligió para este proyecto.

#### III.2.1 HIPOCLORITOS:

Las soluciones de hipoclorito de sodio comúnmente se conocen como agua "Javelle" por blanqueadora y por su contenido activo de cloro.

Se pueden usar en vez del cloro licuado en el tratamiento de pequeñas cantidades de agua municipal. Se conoce vulgarmente como polvo para blanquear o cloruro de cal.

Es una sal inestable a menos que se mezcle con hidróxido de sodio; fuerte agente oxidante que generalmente se emplea de inmediato o se guarda en solución.

De olor desagradable y color verdoso pálido, soluble en agua fría mientras que en agua caliente se descompone.

La solución de hipoclorito va de 1 a 4 gramos por litro de agua disponible; cantidad que es suficiente para lograr una buena desinfección.

El hipoclorito de sodio se usa como desinfectante y decolorante en el tratamiento de aguas residuales, para purificar el agua de piscina, en las procesadoras de productos lácteos y en muchas aplicaciones del hogar. También se usa como blanqueador en lavanderías comerciales y hogares. Suele ser también fungicida principalmente denotando el efecto en la destrucción del material enzimático de la célula.

Su uso y aplicación se lleva a cabo en forma de solución, se envasa en tambores y se aplica por medio de dosificadores de hipoclorito. La solución de hipoclorito sódico debe depositarse en un lugar fresco y oscuro hasta el momento de su empleo en que se diluirá para obtener sus correspondientes concentraciones.

Para soluciones que tienen más del 7% de cloro útil, se considera un líquido corrosivo. Comúnmente se hace necesario etiquetarlo.

Dado que resulta ser tóxico por ingestión e inhalación y fuertemente irritante para el tejido, se toman las siguientes medidas de seguridad a nivel industrial.

- (1) Deben usarse mascarillas para gas.
- (2) Deben usarse guantes para su manejo.

Suele encontrarse hipoclorito compactado en tabletas que se agregan a determinado volumen de agua.



## **CAPITULO IV**

### **INGENIERÍA BÁSICA PARA EL PROYECTO**

En este capítulo se estudian los documentos de la Ingeniería Básica que comprende este proyecto, los cuales son:

- a) Bases de Diseño
- b) Esquema y diagramas de Flujo de Proceso
- c) Descripción del Proceso
- d) Principio de Operación
- e) Balance de Materia y Energía

Una vez establecida la situación del mercado por medio de una investigación de campo profunda y amplia la cual se describe dentro del capítulo II, se concluye acerca de la situación y condiciones del agua, así como también la gran necesidad y demanda de agua purificada en la región de Acapulco de Juárez.

Debido a lo anterior se exponen las características del agua y conforme a esto se proponen tecnologías que puedan ser utilizadas para llegar a obtener el producto deseado, en este caso agua purificada y 100% saludable.

#### **IV.1 BASES DE DISEÑO**

En este documento se define bajo qué condiciones y especificaciones se diseña la planta.

##### **IV.1.1 GENERALIDADES.**

###### **1. Nombre de la planta:**

**"Potabilizadora de Agua en Acapulco, Guerrero."**

## **2. Función de la planta.**

Para dar solución al problema de demanda municipal de agua potable, se desarrolla la ingeniería necesaria para el diseño de la planta establecida en Acapulco, Guerrero.

Se trata agua salobre hasta obtener agua apta para el consumo humano, para que no cause efectos nocivos a la salud.

## **3. Tipo de proceso.**

El proceso de desalación consiste en intercambio iónico y para desinfección por medio de adición de hipoclorito de sodio.

## **4. Localización.**

La planta potabilizadora se localizará en Acapulco, Guerrero en las afueras del municipio de Coyuca, cercana a la toma de agua municipal.

# **IV.1.2 CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.**

## **1. Factor de servicio.**

El sistema de producción se diseña para operar 335 días al año, en un factor de servicio de 0.92.

## **2. Capacidad de diseño.**

La planta está diseñada para producir 21'708,000 l/año. en operación.

## **3. Capacidad normal de operación.**

La capacidad de operación será igual a la de diseño.

#### 4. Rendimiento.

El equipo se diseña para trabajar el 80% del flujo total, dejando el 20% en recirculación para el retrolavado y enjuague de resinas tanto aniónicas como catiónicas.

#### 5. Flexibilidad.

A falta de energía eléctrica, la planta operará con energía generada dentro de los límites de batería. A falta de aire de instrumentos la planta no operará.

#### 6. Diseño para ampliaciones.

Se cuenta con el espacio suficiente para agregar unidades de desinfección, desalación y regeneración de resina.

### IV.1.3 ESPECIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA.

AGUA MUNICIPAL.	
pH	7.5
Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	55 ppm
Dureza de Calcio	90 ppm
Dureza de Magnesio	200 ppm
Dureza total	180 ppm
Sólidos totales	1500 ppm
Sodio (Na <sup>+</sup> )	1150 ppm
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	790 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> -2)	405 ppm
Coliformes totales	< 3 NMP/100ml
Coliformes fecales	0
Turbiedad	2.3 UTN
Color (Plata y Cobalto)	17.7

Los sólidos totales no pueden ser eliminados en la planta de tratamiento, solamente se elimina una parte de la dureza total para estar dentro de la norma de agua potable.

#### IV.1.4 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTOS.

##### AGUA POTABLE

El contenido de iones y otras sustancias es expresado en miligramos por litro y no se debe exceder los límites permisibles que a continuación se expresan:

##### Propiedades físicas y químicas:

Alcalinidad Total expresado Como CaCO <sub>3</sub>	400.00 ppm
Dureza de Calcio expresada como-CaCO <sub>3</sub>	300.00 ppm
Magnesio	125.00 ppm
Sulfatos, expresados como ión SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250.00 ppm
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	250.00 ppm
Cloro libre en el agua clorada	0.20 a 0.6 ppm
Dureza total	425.00 ppm
pH	6.50 a 8.5
color	0.5
Turbiedad	5.00 NTN
Presión	1 atm.
Temperatura	30° C

##### Propiedades microbianas:

Organismos Coliformes totales	< 3 NMP/100ml
Organismos fecales	Negativa

#### IV.1.5 AGENTES QUÍMICOS NECESARIOS.

##### Resinas:

##### Amberlita IRA-68 (aniónica).

Es una resina sintética de intercambio aniónico débilmente básica, conteniendo únicamente grupos funcionales amino-terciario en forma de cuentas esféricas con alta porosidad, capacidad de intercambio y buena estabilidad química, física y térmica, puesto que posee un alto grado de porosidad; se puede usar también, como agente decolorador, especialmente para absorber de las soluciones los cuerpos coloridos. La buena estabilidad en combinación con su estructura se usa para quitar ácidos de aquellos soluciones que

tienden a degradarse químicamente con las otras resinas débil y fuertemente básicas, resiste más a las impurezas orgánicas de las soluciones.

En características físicas y químicas se tienen; su forma es esférica, hidratada completamente, en clasificación de tamiz es de 16-50 mallas es insoluble en ácidos, bases y todos los solventes orgánicos y la máxima temperatura de operación es de 77°C.

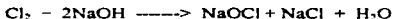
**Amberlita IRC-84 (catiónica).**

Es una resina de intercambio catiónico débilmente ácida, con grupos funcionales carboxílicos, con propiedades cinéticas mejores que las otras resinas del mismo tipo, con una capacidad teórica de aproximadamente 96 kilogramos, como carbonato de calcio por pie cúbico de resina, cuando trabaja en ciclo hidrógeno. Es estable en presencia de ácidos y bases fuertes.

En sus características físicas y químicas se tiene que su clasificación de tamiz es de 16-50 mallas y estas partículas son esféricas, hidratadas completamente en la forma hidrógeno.

**Hipoclorito de sodio.**

El hipoclorito de sodio tiene un peso molecular de 74.45, es de color amarillo pálido y es una solución. Su modo de obtención es por reacción del cloro con hidróxido de sodio en disolución acuosa.



**Hidróxido de calcio (lechada de cal) al 2.5%.** Su peso molecular es de 74.10 y es blanco lechoso.

**Ácido sulfúrico al 5%.**

El ácido sulfúrico es un ácido fuerte que no es volátil pero debe de tenerse mucho cuidado en su uso y preparación. Este ácido viene a los laboratorios en botellas de 40 a 50 kg en forma de un líquido oleoso pesado, de 1 a 1.84 g/cm<sup>3</sup> de densidad, y se emplea para regeneración de la resina. Se encuentra en botellas grandes y pesadas y se vierte usando una pera o sifón, y de ninguna manera inclinándose ya que desprende humos.

#### IV.1.6 ALIMENTACIÓN DE LA PLANTA

Agua cruda	Edo. Físico	Procedencia
Hidróxido de calcio	Líquido	Municipio
Hipoclorito de sodio	Líquido	Empresa Quím.
Ácido sulfúrico	Líquido	Empresa Quím.

#### IV.1.7 ELIMINACIÓN DE DESECHOS.

Los desechos constituyen materia extraña que pudiera contener el agua, o bien el reemplazo parcial o total de las resinas y éstas se apegarán estrictamente a las leyes de control de la contaminación del medio ambiente de la Secretaría Del Trabajo Y Prevención Social, la Secretaría de Salud, entre otras.

#### IV.1.8 ALMACENAMIENTO.

Materia prima \_\_\_\_\_ Recipientes atmosféricos o tinacos.  
(agua municipal)

Producto \_\_\_\_\_ Recipientes atmosféricos o tinacos, para posteriormente  
(agua potable) envasarla.

Agentes químicos \_\_\_\_\_ En recipientes atmosféricos.

#### IV.1.9 SERVICIOS AUXILIARES.

##### a) Aire de instrumentos:

El aire es generado dentro de los límites de batería por compresores, debe de estar seco y libre de aceites.

Presión de suministro: 8.0 kg/cm<sup>2</sup> man

Fuente de suministro: compresor centrifugo

Impurezas: ninguna.

##### b) Aire de planta.

Suministro, mantenimiento y limpieza de la planta, así como relevo de aire de instrumentos.

Presión de suministro: 8.0 kg/cm<sup>2</sup> man.

##### c) Combustible.

Se utiliza para la operación del generador de corriente eléctrica.

Diesel No.2 forma líquida.

Fuente de suministro PEMEX

Especificaciones del combustible:

Diesel No. 2

Peso específico 0.840

Color 1/2

Poder calorífico 10,200 cal/gr

Temperatura de inflamación 80° C

Viscosidad a 37.8°C 40 cp

Azufre total 0.9 %

**d) Energía eléctrica.**

Será abastecida por la Compañía Federal de Electricidad (C.F.E), ubicada en la zona.

Es suministrada en forma trifásica y con acometida subterránea. A través de la electricidad se implementa la energía necesaria para el alumbrado y accionamiento de equipo de proceso.

**Características del fluido eléctrico.**

Capacidad	500 KW
Tensión	440 Volts
No. de fases	3
Frecuencia	60 Hertz
Factor de potencia	0,85

**c) Agua contra incendio.**

Fuente de suministro: Agua municipal.

Presión: 10 kg/cm<sup>2</sup> man

Temperatura: Ambiente

**IV.1.10 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS (EN ACAPULCO, GUERRERO).**

a) Temperatura: máxima 30.3° C en meses de Marzo a Mayo.  
media anual: máx 28° C y mín 22° C  
mínima 12.3° C en meses de Diciembre a Febrero

b) Presión atmosférica: 1 atm

c) Precipitación pluvial: 1680 mm, mín 900 mm, máx 2400mm, registrándose en los meses de Junio y Septiembre respectivamente.

Media: De 1500 a 2000 mm.

d) Humedad relativa. 70.14%.



c) Días con lluvia. En primavera - verano.

f) Riesgos sísmicos: Se localizan tres fallas geológicas; la continuación de la falla de San Andrés, conocida como falla del Pacífico, localizada al sur de la Trinchera Mesoamericana; la falla de Acapulco, que se dirige al norte y entra por el lado Oeste de Oaxaca; y la falla de Chilpancingo que se ubica al norte del municipio.

g) Vientos.

- Dirección de vientos dominantes: S-O.
- Velocidad máxima de vientos dominantes: 29.5 m/s.
- Velocidad máxima de vientos: 115 millas/hr.

h) Tipo de clima: cálido subhúmedo con lluvias en verano.

#### IV.1.11 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

Localización de Acapulco, Guerrero.

El municipio de Acapulco de Juárez se encuentra ubicado al sur del Edo. de Guerrero, a 133 km de distancia de Chilpancingo.

Extensión territorial 1882.6 km<sup>2</sup>

Su orientación es de noroeste a sureste y se extiende paralelamente a la costa del Océano Pacífico con una anchura media de 160 km.

La bahía de Acapulco tiene una anchura de 5 km y al norte una fosa con una profundidad de 5428 m.

#### IV.2 . ESQUEMA Y DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO.

El diagrama de flujo y bloques tienen la finalidad de interconectar las diferentes etapas que intervienen en el proceso, mostrando cada uno de los equipos, instrumentos de control y las condiciones de operación de los equipos principales.

## **ESQUEMA DE BLOQUES DE PROCESO**

En la figura IV.1 se muestra el diagrama de bloques, el cual representa cada una de las operaciones unitarias involucradas en la potabilización de agua.

## **DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**

Este documento tiene la finalidad de interconectar las diferentes etapas que intervienen en el proceso, mostrando cada uno de los equipos e instrumentos de control y las condiciones de operación de los equipos principales.

En la figura IV.2 se muestran los detalles esenciales mediante líneas principales que indican la dirección de los flujos de entrada y salida de los reactores, así como la adición de los regenerantes correspondientes. También se representan los datos pertenecientes al proceso, tales como temperatura, presión, flujos y concentraciones.

Dentro de este apartado se describe el proceso, así como el principio de operación del proyecto.

## **IV.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

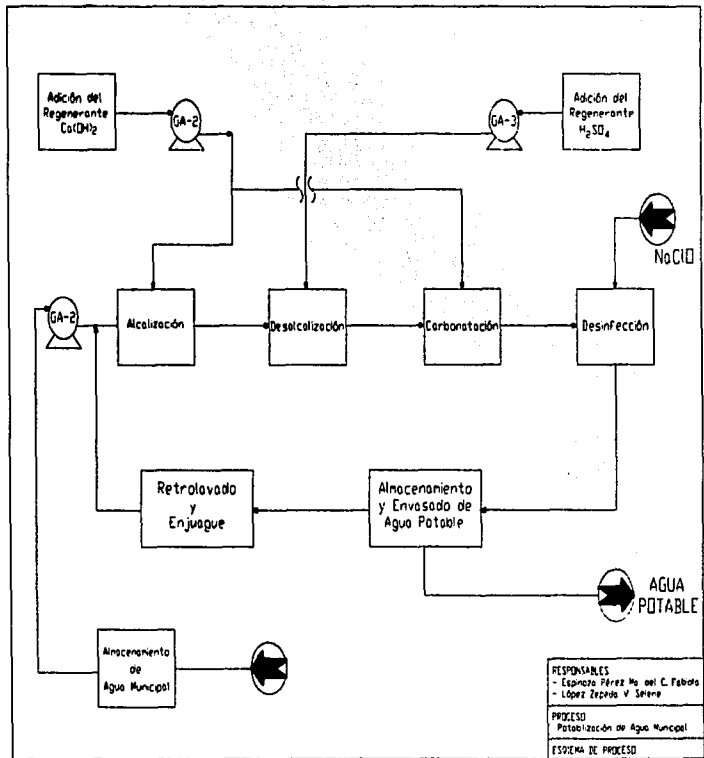
La descripción del proceso de purificación de agua municipal, en forma general, es la siguiente:

El agua municipal proviene de una zona que se encuentra en las inmediaciones de la planta y es recibida y depositada en un tanque de balance FA-1.

El proceso de desalación consta generalmente de una serie de tres unidades, las cuales se describen a continuación.

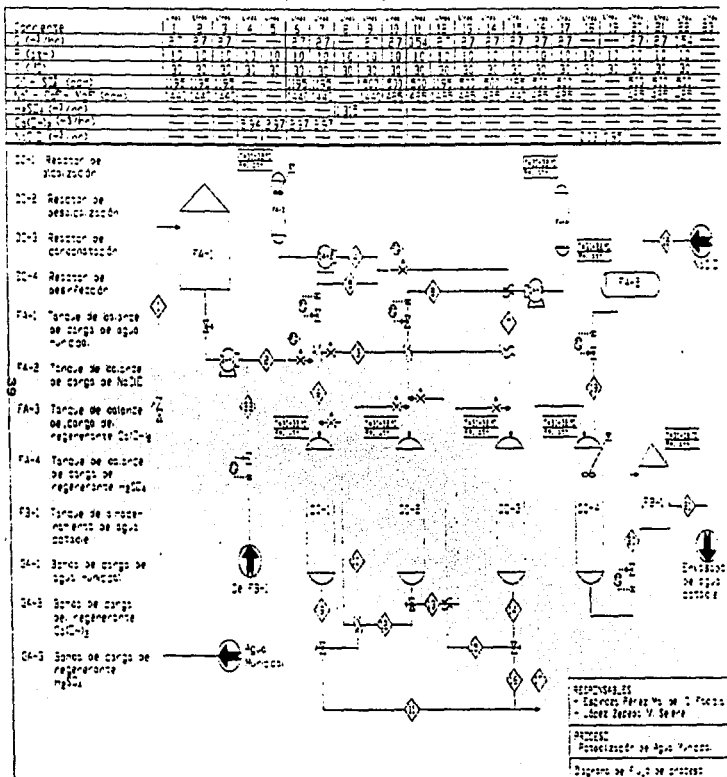
Por medio de la bomba GA-1 se transporta el agua al reactor DC-1 (unidad de alcalización, primera etapa); donde la solución por tratar pasa primero por una columna

Fig. IV.1. Esquema de proceso.



RESPONSABLES
- Espinosa Pérez Ma del C. Fabola
- López Zedillo V Sierra
PROCESO
Potabilización de Agua Municipal
ESQUEMA DE PROCESO

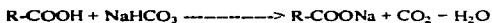
Fig 1/2 Diagrama de Flujo de proceso



con resina de intercambio aniónica débilmente básica en su forma de bicarbonato (amberlita IRA-68); todos sus constituyentes aniónicos se convierten en bicarbonatos de sodio, calcio y magnesio según la reacción siguiente:



Después se pasa al reactor DC-2 (unidad de desalcalización, segunda etapa) que contiene resina de intercambio catiónico débilmente ácida (Amberlita IRC-84), en ésta, todas las sales de bicarbonato son convertidas a ácido carbónico, como se muestra en la reacción siguiente:



La tercera etapa se lleva a cabo en el reactor DC-3 (unidad de carbonatación) que contiene también resina aniónica débilmente básica, pero en base libre; en esta forma absorbe el ácido carbónico, como se muestra en la reacción.



Al finalizar el ciclo de operación de desalación, al agotarse la capacidad de las resinas, la unidad de alcalización es convertida en base libre con hidróxido de calcio (esto se lleva a cabo por medio del reactor regenerante FA-3) efectuándose la siguiente reacción:



La resina en la unidad de desalcalización (por medio del reactor de regeneración FA-4) es convertida a ciclo hidrógeno con ácido sulfúrico, según esta reacción:



Puesto que la unidad de carbonatación está en forma de carbonato, para el siguiente ciclo, se invierte el flujo del agua salobre, convirtiéndose la tercera unidad en unidad de alcalización y la primera en unidad de carbonatación.

Después de haber desalado el agua, entra a una etapa de desinfección la cual se lleva a cabo en un reactor DC-4.

La desinfección se lleva a cabo por medio de hipoclorito de sodio agregándolo con un dosificador (250 ml/min), el cual está almacenado en un tanque FA-2 y es dosificado al reactor DC-4, para que en éste, el agua quede completamente purificada.

El agua potable obtenida se manda a un tanque de almacenamiento FB-1, para después mandarla a envasar.

#### **IV.4 PRINCIPIO DE OPERACIÓN**

La operación de estos equipos se puede resumir en cinco pasos:

##### **IV.4.1. SERVICIO.**

Cuando la resina está efectuando el intercambio de iones con el agua, ésta se alimenta por la parte superior y fluye hacia abajo a través de la resina efectuando su agotamiento.

##### **REGENERACIÓN :**

##### **IV.4.2. RETROLAVADO.**

Durante el ciclo de servicio, el flujo descendente del agua permite la acumulación de materiales en suspensión a través del lecho de resina. El retrolavado es un flujo ascendente de agua cruda que procede del distribuidor inferior, sube a través del lecho de resina y sale al desagüe por medio del distribuidor superior. El flujo inverso levanta y expande la resina; de esta manera, se extraen los materiales extraños y partes finas de resina quebrada que ya no tiene ninguna utilidad. El retrolavado también propicia un reacomodo de la resina, ubicando las partículas más pequeñas en la parte superior y las más grandes en la parte inferior. Esto permite una mejor distribución de la sal durante la regeneración. El retrolavado se lleva a cabo durante aproximadamente 10 minutos ó hasta que el efluente salga limpio. El caudal debe ser suficiente para producir una expansión del lecho de por lo menos un 50%, pero sin ser tan excesivo que provoque la salida y pérdida de la resina con el agua al desagüe. Por lo general los fabricantes del equipo estipulan los caudales adecuados para cada paso y las instrucciones de operación deben seguirse estrictamente.

#### **IV.4.3. INTRODUCCIÓN DE LA SALMUERA.**

La solución de sal entra al suavizador a través de un distribuidor individual o por medio de la válvula de acción múltiple fluye a través del lecho de resina saliendo por el colector inferior, de donde se envía al desagüe. El flujo de regeneración debe ser lento, de manera que permita un íntimo contacto con toda la resina y a la vez suficientemente rápido para que no se presente canalización.

#### **IV.4.4. ENJUAGUE LENTO.**

El enjuague lento extiende el tiempo de contacto entre la salmuera y la resina, y desplaza la sal de la unidad. El proceso se logra continuando con el flujo de agua de dilución pero sin agregar salmuera. Este paso asegura la adecuada regeneración de las capas de resina en el extremo inferior de la unidad.

#### **IV.4.5. ENJUAGUE RÁPIDO.**

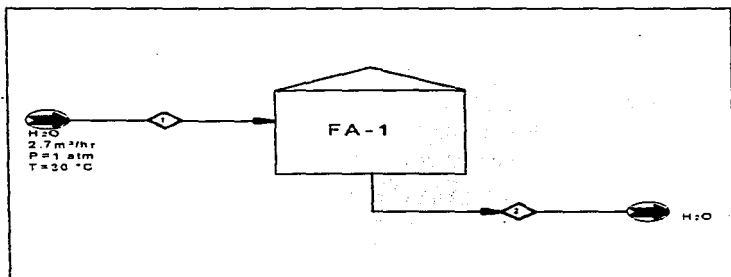
Un caudal fuerte de agua de enjuague sigue al enjuague lento, para desplazar cualquier pequeña cantidad de salmuera de la resina y envía iones de calcio y magnesio al desagüe. El agua de enjuague rápido sigue el curso a través del distribuidor superior, desciende a través del lecho de resina y sale por el colector inferior y enviado al desagüe. Al inicio de este paso, el agua contendrá gran cantidad de calcio y magnesio hasta que gradualmente toda esa dureza salga de la unidad. La unidad estará lista para entrar en servicio cuando esté produciendo agua de calidad especificada de antemano.

#### IV.5 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Después de haber establecido los documentos: bases de diseño, diagrama de flujo de proceso y descripción del proceso, es necesario definir los flujos requeridos para llevar a cabo el proceso.

A continuación se describe el balance en cada uno de los equipos que están involucrados en el proceso realizado. En la figura IV.3 se muestra el tanque de balance de Agua Municipal FA-1.

FIGURA IV.3 TANQUE DE BALANCE DE CARGA DE AGUA MUNICIPAL FA-1.



La entrada de materia prima al FA-1 (Tanque de balance) viene dada de por la línea 1 y es agua municipal la cual lleva un flujo de 2.7 m<sup>3</sup>/hr con las siguientes especificaciones ( TABLA IV.1).

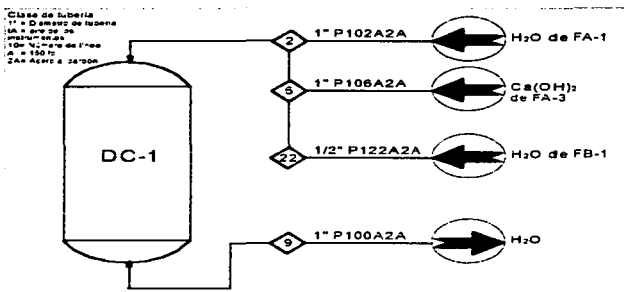
TABLA IV.1

ESPECIFICACIONES			
pH	7.5	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	790 ppm
Dureza de calcio (Ca <sup>++</sup> )	90 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>++</sup> )	405 ppm
Dureza de magnesio (Mg <sup>++</sup> )	125 ppm	Sodio (Na <sup>+</sup> )	1150 ppm
Dureza total	180 ppm	Alcalinidad total	55 ppm
Sólidos totales	1500 ppm	Coliformes totales	3.0 NMP/100 ml
Coliformes fecales	0 NMP/100ml	Color (plata, Cobalto)	17.7
Turbiedad (UTN)	2.3 UTN		



En la figura IV.4 se muestra el reactor de alcalización DC-1.

FIGURA IV.4 REACTOR DE ALCALIZACION DC-1.



El paso y descarga de la materia prima se da en la línea 2 (mismas especificaciones y mismo flujo), en la unidad DC-1.

En esta línea también se lleva a cabo la descarga del flujo de la línea 22, que por la línea 2 se tiene la succión de agua municipal (mismas especificaciones y mismo flujo), por GA-2 y descarga en DC-1 (Reactor de alcalización), o DC-3 (Reactor de carbonatación).

Cálculo de la cantidad de resina Amberlita IRA-68 (Resina Aniónica), necesaria para el intercambio iónico en el DC-1 y DC-3.

Capacidad de producción: 0.75 lt/s.

Cantidad de agua tratada por día:

$$0.75 \frac{\text{lt}}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ día}} = 64,800 \text{ lt/día}$$

Cloruros 790 ppm

Sulfatos 405 ppm

$$1195 \text{ ppm} = 1.195 \text{ g/lt}$$

En la figura A.1 ( Apéndice), se obtiene la capacidad de intercambio de la resina Amberlita IRA-68; este tipo de figura se suministra por el proveedor de la misma resina, y por medio del contenido de sales (1195 ppm), corresponde a:

Capacidad de la resina= 27.2 kg/pie<sup>3</sup> x 2.29<sup>o</sup> = 62.288 g CaCO<sub>3</sub>/lt de Agua.

La cantidad de la resina se estima por la relación:

$$\text{Cantidad de agua procesada por día} - \frac{64800 \text{ lt/día} \times 1.195 \text{ g/lt}}{\text{capacidad de resina} \quad 62.288 \text{ gCaCO}_3/\text{lt de Agua}} = 1243.2 \text{ lt/día}$$

CANTIDAD DE RESINA ANIONICA

REQUERIDA EN DC-1 = 1243.2 lt/día = **43.89 pie<sup>3</sup>/día**

CANTIDAD DE RESINA ANIONICA

REQUERIDA EN DC-3 =932.4 lt/día = **32.92 pie<sup>3</sup>/día**

ALCALIZACION:

A (fluido) + b B (sólido) ----> C Productos fluidos.

A: Agua municipal (de línea 2) Especificada.

Intercambio Iónico con: Cl<sup>-</sup>= 790 ppm. y SO<sub>4</sub><sup>=</sup>= 405 ppm Concentraciones: Cl = 0.0225 mol/lt  
SO<sub>4</sub><sup>=</sup>= 0.0042 mol/lt.

B: Resina Aniónica IRA 68 Amberlita.

Capacidad de resina: 27 kg/pie<sup>3</sup>

Reacciones que se llevan acabo:



En el Reactor la Resina en composición por capacidad= 0.01598 mol/lt como carbonato de calcio CaCO<sub>3</sub>.

C: Productos del reactor: Agua con una composición especificada y formación de ácido carbónico  
 $\text{HCO}_3^-$  - 0.03072 mol/lit - 1.8739 g/lit. Línea 9

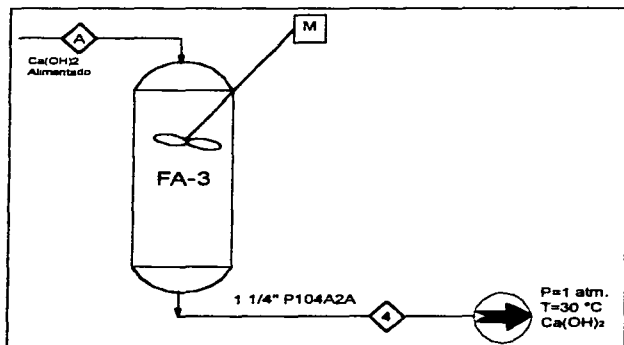
Eficiencia del reactor de la resina -  $\frac{\text{comp. Inicial} - \text{comp. final}}{\text{comp. Inicial}}$

$$X_{11} = \frac{0.0467 - 0.00842}{0.0467} = 0.8200 = 82.00\%$$

El agua potable se utiliza para enjuague y retrolavado de resinas de DC-1, DC-3 y DC-2.  
La cantidad de agua es el 20% de la producción total, por lo tanto el flujo será de:  $0.54 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

En la figura VI.5 se muestra el tanque de balance de carga del regenerante  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

FIGURA IV.5 TANQUE DE BALANCE DE CARGA DEL REGENERANTE  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  FA-3.



\*TABLA A. I (Apéndice)

Cálculo de la cantidad del regenerante de la resina aniónica necesaria para la unidad FA-3.

Las reacciones de regeneración son las siguientes:



Se usará cal viva  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  para la regeneración, en cantidades estequiométricas por que es muy económica. Esta lechada tendrá una concentración de 2.5%.

**CANTIDAD DE  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  NECESARIO PARA DC-1 =  $2.98\text{m}^3$**

**PARA DC-3 =  $2.23\text{m}^3$**

El flujo que pasará por esta línea será de:  $Q = 5.94\text{m}^3/\text{hr}$  de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

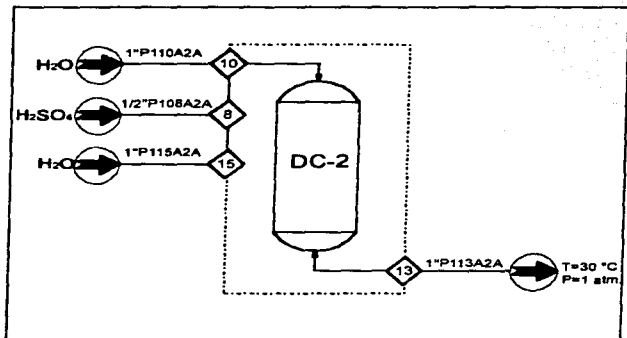
La línea 4 es la succión por bombeo de GA-3 de FA-3 (Unidad de regeneración con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para los reactores DC-1 y DC-3.

En la línea 5 se produce el paso del regenerante  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para llegar al DC-1 con un flujo de  $2.97\text{m}^3/\text{hr}$ .

El control del paso del regenerante  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , agua municipal y agua potable según sea el caso se da en la línea 6 con las mismas especificaciones.

En la figura IV.6 se muestra el reactor de descalcificación DC-2.

FIGURA IV.6 REACTOR DE DESALCALIZACION DC-2.



Cálculo de la cantidad de resina amberlita IRC-84 (Resina catiónica) necesaria para el intercambio iónico en el DC-2.

Se basa en la relación de los iones Calcio, Magnesio y Sodio entre alcalinidad total.

Sodio	1150 ppm
Magnesio	125 ppm
Calcio	90 ppm
<hr/>	
Total	1365 ppm = 1.365 g/lt.

Alcalinidad total= 55 ppm

%Relación Dureza/Alcalinidad= 1365/55= 25

En la figura A.2 (Apéndice) se obtiene la capacidad de intercambio de la resina amberlita IRC-84, este tipo de figura se suministra por el proveedor de la misma resina, y por medio del % de la relación, se obtiene:

Capacidad de la resina= 29 kg/pie<sup>3</sup>= 66.41 g/lit.

Cantidad de agua porcesada por día= 64800 x 13650= 1331.9 lt/día

Cantidad de la resina 66.41

Cantidad de resina catiónica= 1331.9 lt/día = **47.02 pie<sup>3</sup>/día**

DASALCALIZACION:

A (fluido) + b B (sólido) ---> C Producto fluido

A: Agua (de Línea 10) Especificada

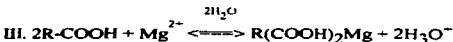
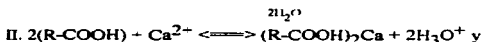
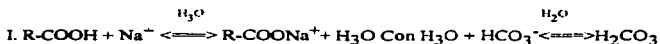
Formación de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 0.03072 mol/lit= 0.5036 ppm

Intercambio iónico con: Na<sup>+</sup>= 1150 ppm Ca<sup>2+</sup>= 90 ppm y Mg= 200 ppm

Concentraciones: Na<sup>+</sup>= 0.0499 mol/lit Ca<sup>2+</sup>= 0.00225 y Mg<sup>2+</sup>= 0.00823 mol/lit

B: Resina catiónica IRC-84 Amberlita cantidad de resina 3.21 pie<sup>3</sup>.

Capacidad de Resina 29 kg/pie<sup>3</sup>. Reacciones que se llevan a cabo:



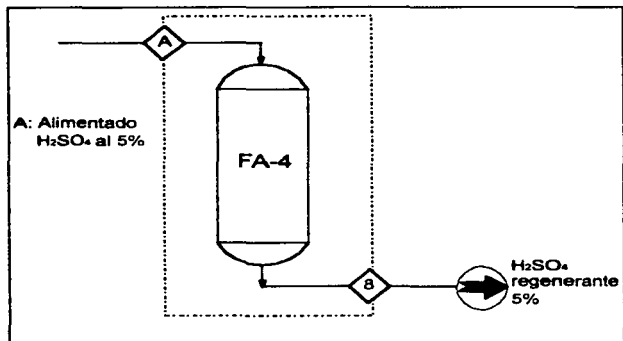
C: Productos; Agua específica línea 13.

Eficiencia=  $X_B = \frac{0.066 - 0.01028}{0.066}$

$X_B = 0.8442 = 84.42\%$

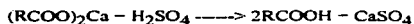
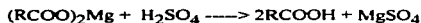
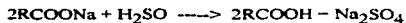
En la figura IV.7 se muestra el tanque de balance de carga del regenerante  $H_2SO_4$ .

FIGURA IV.7 TANQUE DE BALANCE DE CARGA DEL REGENERANTE  $H_2SO_4$  FA-4.



Cálculo de la cantidad del regenerante de la resina catiónica necesario para la unidad FA-4.

Las reacciones de regeneración son las siguientes:



Para que sea más económica la regeneración, se usará ácido sulfúrico. Se aplicará en cantidades estequiométricas. El regenerante se aplicará a una concentración del 5%.

CANTIDAD DE FLUJO DE  $H_2SO_4$  NECESARIO PARA LA UNIDAD

$$DC-2 = 1.315 m^3/hr.$$

En la línea 9 se obtendrán las especificaciones del agua después del primer intercambio aniónico, se intercambia el ion bicarbonato por los iones de cloruros. Lleva el mismo flujo con diferentes especificaciones, ya que hubo un intercambio de iones. ( $Q= 2.7\text{m}^3/\text{hr}.$ )

Después de hacerse la regeneración de DC-1, esta línea es la salida del agua potable de retrolavado y enjuague.

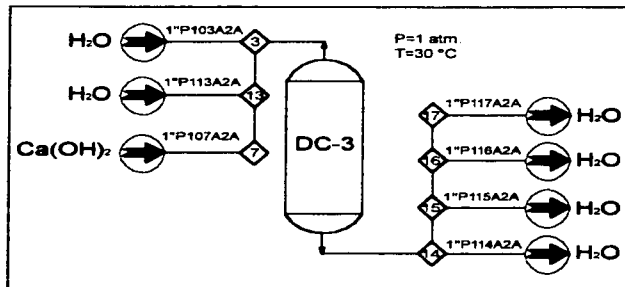
En la línea 10 se lleva acabo el paso de la línea 9, después del primer intercambio y descarga de DC-2. Mismas especificaciones de la línea 9.

En la línea 11 se descarga de la línea 9 con el agua potable para el retrolavado y enjuague, con las especificaciones de la misma.

Con flujo de:  $0.54\text{ m}^3/\text{hr}$

En la figura IV.8 se muestra el reactor de carbonatación DC-3.

FIGURA IV.8 REACTOR DE CARBONATAION DC-3.





Por medio de la línea 13 se tiene la descarga por válvula de DC-2 y que llega a DC-3. Tiene el mismo flujo ( $Q=2.7 \text{ m}^3/\text{hr}$ ), pero diferentes especificaciones por que hubo un intercambio de iones hidrógeno por iones sodio, reduciéndose el pH del agua y convirtiendo el ión bicarbonato en ácido carbónico o anhídrido carbónico.

**CARBONATAACION:**

A (fluido) + b B (sólido)  $\longrightarrow$  C Producto fluido

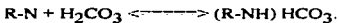
A: agua (línea 13) Especificada.

Intercambio Iónico con:  $\text{H}_2\text{CO}_3^-$  1425ppm, Concentración: 0.03072 mol/l

B: Resina Aniónica IRA-68 Amberlita.

Cantidad de Resina 32.92 pie<sup>3</sup>, Capacidad: 27 Kg/pie<sup>3</sup>.

Reacción que se llcva a cabo:



C: Productos; Agua especificada (línea 17).

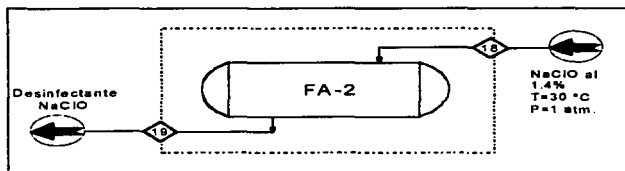
$$\text{EFICIENCIA DEL REACTOR} = \text{EFICIENCIA DE RESINA} = X_B = \frac{0.048 - 0.00886}{0.048}$$

$$X_B = 0.815 = 81.05\%$$

La descarga del DC-3 por medio de la línea 14, después de la última reacción con resina aniónica en forma base libre, el ácido carbónico reacciona con la resina para formar (R-NH)HCO<sub>3</sub> que es la forma original de la resina en el primer paso, y tiene las especificaciones del agua potable sin desinfectarse.

En la figura VI.9 se muestra el tanque de balance de carga de NaClO.

FIGURA IV.9 TANQUE DE BALANCE DE CARGA DE NaClO FA-2.



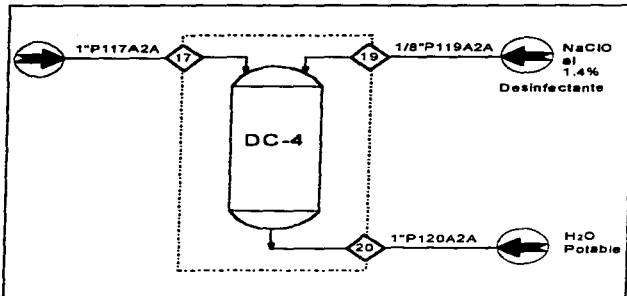
En la línea 18 se tiene la entrada de hipoclorito de sodio (desinfectante) a un tanque de balance (FA-2).

El hipoclorito de sodio se comprará con un proveedor con una cantidad del doble que lo necesario para llevar a cabo la desinfección.

$$Q = 30 \text{ lt/hr de NaClO al } 1.4\% \text{ masa}$$

En la figura VI.10 se muestra el reactor de desinfección DC-4.

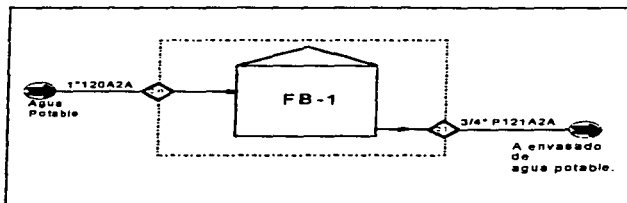
FIGURA IV.10 REACTOR DE DESINFECCION DC-4.



En la línea 19 se tiene la entrada de la cantidad suministrada de NaClO al DC-4 (Reactor de desinfección) con un flujo de 250ml/min o 15 lt/hr.

En la figura IV.11 se muestra el tanque de almacenamiento de agua potable.

FIGURA IV.11 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE FB-1



En la línea 20 se tiene la salida del agua completamente purificada (potable) para entrar al tanque de almacenamiento (FB-1) con un flujo de 2.7 m<sup>3</sup>/hr con las siguientes especificaciones (TABLA IV.2).

TABLA IV.2  
ESPECIFICACIONES DEL AGUA TRATADA

ESPECIFICACIONES			
pH	6.5	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	250 ppm
Dureza de calcio (Ca <sup>++</sup> )	300 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>++</sup> )	250 ppm
Dureza de magnesio (Mg <sup>++</sup> )	125 ppm	Cloro libre en el agua dorada	0.2 A 0.6 ppm
Dureza total	425 ppm	Alcalinidad total	400 ppm
Sólidos totales	1500 ppm	Coliformes totales	3.0 NMP/100 ml
Coliformes fecales	0 NMP/100ml	Color (plata, Cobalto)	0.5
Turbiedad (UTN)	0.35 UTN		

En la línea 21 se descarga el agua de FB-1 y es bombeada por GA-6 al área de envasado.

Sólo se envasará el 80% del flujo total, es decir el flujo o cantidad de agua envasada es de 2.16 m<sup>3</sup>/hr.

La última línea (22) lleva agua potable para el retrolavado y enjuague de las resinas antes y después de la regeneración de estas.

El flujo de entrada es de: 0.54 m<sup>3</sup>/hr.

## **CAPITULO V**

### **DOCUMENTACION BASICA**

En este capitulo se elaboran los documentos basicos para el diseño del proyecto, los cuales son:

- a) Hojas de Datos de Equipo
- b) Paquete de Planos de Ingeniería Básica

#### **V.1 HOJAS DE DATOS DEL EQUIPO**

En este tema se especifican las características en hojas de datos, para el equipo involucrado en el proceso. Estos datos se obtienen de la memoria de cálculo la cual se presenta como anexo al trabajo.

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P.

**FECHA:**

**CLAVE:** FB-1

**FUNCIÓN:** TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICIÓN:**

**VERTICAL x**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:** AGUA POTABLE

**DENSIDAD ( $Kg/m^3$ ):** 1078.6

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PRESIÓN (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 1.5

**DIMENSIONES (M):**

**DIÁMETRO:** 0.967

**LONGITUD:** 3.67

**CAPACIDAD MÁXIMA (lt):** 2700

**TAPAS:** AUTOSOPORTE-CONICA

**AGITACION:** SI NO X

**TIPO DE AGITADOR:** NINGUNO

**ACCIONADOR:** NINGUNO

<b>Núm. Insumo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>MODILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
20	1	1"	ALMACENAMIENTO H2O
21	1	1"	DESCARGA-ENVASADO H2O

**ELABORÓ:** FABIOLA EUPINOSA PEREZ

**REVIÓ:** V. BELENE LOPEZ ZEPEDA

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P

**FECHA:**

**CLAVE:** DC-1

**FUNCION:** REACTOR DE ALCALINIZACION

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICION:**

**VERTICAL**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:** AGUA MUNICIPAL

**DENSIDAD ( $Kg/m^3$ ):** 1078.6

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PREBION (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 18.8

**DIMENSIONES (M):**

**DIAMETRO:** 1.65

**LONGITUD:** 1.75

**CAPACIDAD MAXIMA (lt):** 1243

**TAPAS:** ELIPTICAS

**AGITACION:** SI  NO

**TIPO DE AGITADOR:** NINGUNO

**ACCIONADOR:** NINGUNO

Núm. 11mm	Cantidad	BOQUILLAS Diámetro	Servicio
6	1	1"	ALIMENTACION H2O Y REGENERACION. DESCARGA H2O
9	1	1"	

**ELABORADO:**  
.....  
**REVIDO:** FABIOLA ESPINOSA PEREZ  
V. BELENE LOPEZ ZEPEDA

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

<b>DISEÑO:</b> R.P.		<b>FECHA:</b>	
<b>CLAVE:</b> DC-2			
<b>FUNCION:</b> REACTOR DE DESALCALINIZACION			
<b>OPERACION:</b> CONTINUA			
<b>POSICION:</b>		<b>VERTICAL</b> x	<b>HORIZONTAL</b>
<b>FLUIDO:</b> AGUA MUNICIPAL			
<b>DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>):</b> 1078.6			
<b>TEMPERATURA ( C):</b>		<b>OPERACION:</b> 30	<b>MAXIMA:</b> 60.55
<b>PRESION (ATM):</b>		<b>OPERACION:</b> 1.5	<b>MAXIMA:</b> 18.84
<b>DIMENSIONES (M):</b>		<b>DIAMETRO:</b> 1.192	<b>LONGITUD:</b> 1.55
<b>CAPACIDAD MAXIMA (lt):</b> 1331.9		<b>TAPAS:</b> ELIPTICAS	
<b>AGITACION:</b> BI NO x			
<b>TIPO DE AGITADOR:</b> NINGUNO			
<b>ACCIONADOR:</b> NINGUNO			
<b>Núm. Tiras</b>	<b>Cantidad</b>	<b>BOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
8,3,12	1	1.1/2"	ALIMENTACION Y REGENE.
13,12	1	1"	DESCARGA Y RECIRCULACION
<b>ELABORO:</b> <b>REVIJO:</b>			
FABIOLA ESPINDA PEREZ V. DELENE LOPEZ ZEPEDA			



**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P.

**FECHA:**

**CLAVE:** DC-3

**FUNCION:** REACTOR DE CARBONATACION.

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICION:**

**VERTICAL X**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:** AGUA MUNICIPAL

**DENSIDAD ( $Kg/m^3$ ):** 1078.6

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PRECION (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 21.72

**DIMENSIONES (M):**

**DIAMETRO:** 1.06

**LONGITUD:** 1.67

**CAPACIDAD MAXIMA (lt):** 932.4

**TAPAS:** ELIPTICAS

**AGITACION:** SI NO X

**TIPO DE AGITADOR:** NINGUNO

**ACCIONADOR:** NINGUNO

<b>Núm. Itens</b>	<b>Cantidad</b>	<b>MOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
7	1	1"	ALIMENT. Y REGENERACION
14	1	1"	DESCARGA H2O

**ELABORO:** FABIOLA ESPINOSA PEREZ  
**REVIÓ:** V. BELENE LOPEZ ZEPEDA

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DIBERO:** R.P

**FECHA:**

**CLAVE:** DC-4

**FUNCION:** REACTOR DE DESINFECCION

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICION:**

**VERTICAL X**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:** AGUA MUNICIPAL/NaClO (1.4)

**DENSIDAD ( $Kg/m^3$ ):** 1078.6 ? / 1997.08

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PRECION (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 23.19

**DIMENSIONES (M):**

**DIAMETRO:** 0.966

**LONGITUD:** 3.7

**CAPACIDAD MAXIMA (lt):** 2715

**TAPAS:** ELIPTICAS

**AGITACION:** BI X NO

**TIPO DE AGITADOR:** HELICE

**ACCIONADOR:** MOTOR ELECTRICO.

**Nom. 11mm**  
17,19

**Cantidad**  
2

**BOQUILLAS**  
**Diámetro**  
1" y 1/8"

**Servicio**  
ALIMENTACION H2O y NaClO

20

1

1"

DESCARGA AGUA POTABLE

**ELABORO:**

**FABIOLA ESPINOSA PEREZ**

**REVIJO:**

**Y. BELENE LOPEZ ZEPEDA**

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P.

**FECHA:**

**CLAVE:** FA-3

**FUNCIÓN:** TANQUE DE BALANCE DE CARGA DEL REGENERANTE  $\text{Ca(OH)}_2$

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICIÓN:**

**VERTICAL X**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:**  $\text{Ca(OH)}_2$

**DENSIDAD ( $\text{Kg/m}^3$ ):** 2196.82

**TEMPERATURA (°C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PRECIÓN (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 17.97

**DIMENSIONES (M):**

**DIÁMETRO:** 1.25

**LONGITUD:** 4.8

**CAPACIDAD MÁXIMA (lt):** 5940

**TAPAS:** ELIPTICAS

**AGITACION:** SI X NO

**TIPO DE AGITADOR:** HELICE

**ACCIONADOR:** MOTOR ELECTRICO

<b>Núm. Itens</b>	<b>Cantidad</b>	<b>BOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
A	1	1"	ALIMENTADO.
4	1	1"	DESCARGA PARA REGENERAR

**ELABORÓ:** FABIOLA ESPINOSA PEREZ  
**REVIÓ:** V. BELENE LOPEZ ZEPEDA

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P.

**FECHA:**

**CLAVE:** FA-4

**FUNCION:** TANQUE DE BALANCE DE CARGA DEL REGENERANTE H2SO4

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICION:**

**VERTICAL X**

**HORIZONTAL**

**FLUIDO:** H2SO4

**DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>):** 1831.22

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PREION (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 29.39

**DIMENSIONES (M):**

**DIAMETRO:** 0.76

**LONGITUD:** 2.89

**CAPACIDAD MAXIMA (lt):** 1315

**TAPAD:**

**AGITACION:** SI NO X

**TIPO DE AGITADOR:** NINGUNO

**ACCIONADOR:** NINGUNO

<b>Núm. Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>BOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
A	1	1/2"	ALIMENTADO.
B	1	1/2"	DESCARGA A REGENERACION

**ELABORO:** FABIOLA ESPINOSA PEREZ  
**REVIUDO:** V. BELENE LOPEZ ZEPEDA

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

<b>DISEÑO:</b> R.P.	<b>FECHA:</b>	
<b>CLAVE:</b> FA-A		
<b>FUNCION:</b> TANQUE DE BALANCE DE CARGA DE AGUA MUNICIPAL		
<b>OPERACION:</b> CONTINUA		
<b>POSICION:</b>	<b>VERTICAL</b> x	<b>HORIZONTAL</b>
<b>FLUIDO:</b> AGUA MUNICIPAL		
<b>DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>):</b> 1078.6		
<b>TEMPERATURA ( C):</b>	<b>OPERACION:</b> 30	<b>MAXIMA:</b> 60.55
<b>PRESION (ATM):</b>	<b>OPERACION:</b> 1.5	<b>MAXIMA:</b> 1.5
<b>DIMENSIONES (M):</b>	<b>DIAMETRO:</b> 0.967	<b>LONGITUD:</b> 3.67
<b>CAPACIDAD MAXIMA (L):</b> 2700	<b>TAPAD:</b> AUTOSOPORTABLE-CONICA	
<b>AGITACION:</b> BI	NO X	
<b>TIPO DE AGITACION:</b> NINGUNO		
<b>ACCIONADOR:</b> NINGUNO		

<b>Núm. Item</b>	<b>Cantidad</b>	<b>BOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
1	1	1"	ALIMENTACION MUNICIPAL
2	1	1"	DESCARGA A PROCESO
<b>ELABORADO:</b> FABIOLA ESPINOSA PEREZ <b>REVISADO:</b> V. BELENE LOPEZ ZEPELA			

**HOJA DE DATOS DE RECIPIENTES**

**DISEÑO:** R.P.

**FECHA:**

**CLAVE:** FA-2

**FUNCION:** TANQUE DE BALANCE DE CARGA DE NaClO

**OPERACION:** CONTINUA

**POSICION:**

**VERTICAL**

**HORIZONTAL** x

**FLUIDO:** NaClO

**DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>):** 1997.08

**TEMPERATURA ( C):**

**OPERACION:** 30

**MAXIMA:** 60.55

**PRECION (ATM):**

**OPERACION:** 1.5

**MAXIMA:** 100.20

**DIMENSIONES (M):**

**DIAMETRO:** 0.215

**LONGITUD:** 0.826

**CAPACIDAD MAXIMA (lt):**

**TAPAS:** ELIPTICAS

**AGITACION:** BI NO X

**TIPO DE AGITADOR:** NINGUNO

**ACCIONADOR:** NINGUNO

<b>Núm. Tiras</b>	<b>Cantidad</b>	<b>BOQUILLAS Diámetro</b>	<b>Servicio</b>
18	1	1/8"	ALIMENTACION NaClO
19	1	1/8"	SALIDA DE NaClO

**ELABORO:**

**FABIOLA ESPINOSA PEREZ**

**REVISO:**

**V. BELENE LOPEZ ZEPEDA**

## HOJA DE DATOS DE BOMBAS

DISEÑO: L.D.B.

FECHA:

CLAVE: GA-1

FUNCION: BOMBA DE CARGA DE AGUA MUNICIPAL

DIMENSION: 2

USO REGULAR: 1

RELEVO: 1

SOLIDOS ENALGUEMA: NINGUNO

FLUIDO: AGUA

COMPUESTOS CORROSIVOS: NINGUNO

TEMPERATURA (°C): 30

VISCOSIDAD (Kg/m<sup>2</sup>): 8.02x-4

PRESION (ATM): 1

SUCCION: 1.44

RECARGA: 1.88

POTENCIA (HP): 1/2

RPM: 61 amplio

TIPO RECOMENDADO DE BOMBA: CENTRIFUGA

TIPO ACCIONADOR: MOTOR REELAR: ELECTRICO RESERVA:

ELABORO:

FABIOLA ESPINOSA PEREZ

REVISO:

BELENE LOPEZ ZEPEDA

HOJA DE DATOS DE OBRAS		
DISEÑO: L.D.B.	FECHA:	
CLAVE: GA-2		
FUNCION: BOMBA DE CARGA DE AGUA MUNICIPAL		
NUMERO: 2	USO REGULAR: 1	RELIEVO: 1
SOLUCION CUALQUIERA: NINGUNO		
FLUIDO: Ca(OH)2		
COMPUESTOS COMPACTOS: NINGUNO		
TEMPERATURA (°C): 30	VISCOSIDAD (kg/m <sup>2</sup> ): 8.02 Ex-4	
PRESION (ATM): 1	SICCION: 1.40	MECANICA: 6.90
POTENCIA (HP): 1		
RPM: 18		
TIPO RECOMENDADO DE BOMBA: CENTRIFUGA		
TIPO ACCIONADOR: MOTOR REGULAR: ELECTRICO RESERVA:		
ELABORO: FABIOLA ESPINOSA PEREZ		
REVISO: BELLEN LOPEZ ZEPEDA		



## HOJA DE DATOS DE BOMBAS

DISEÑO: L.D.B.

FECHA:

CLAVE: GA-3

FUNCION: BOMBA DE CARGA DE REGENERANTE Ca(OH)<sub>2</sub>

NUMERO: 2

UCO REGULAR 1

RELIEVO 1

SOLIDOS CUALQUIERA: NINGUNO

FLUIDO: H2SO4 AL 5%

COMPUESTOS CORROSIVOS: H2SO4

TEMPERATURA (°C): 30

VISCOSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>): 9.022 Ex-4

FUERTE (AVG): 1

SUCCION: 1.32 DESCARGA: 7.80

POTENCIA (HP): 1/2

RPM: 8

TIPO RECOMENDADO DE BOMBA: CENTRIFUGA

TIPO ACCIONADOR: MOTOR REGULAR: ELECTRICA RESERVA: 1

ELABORO: FABIOLA ESPINOSA PEREZ

REVISO: HELENE LOPEZ ZEPEDA

## V.2 PAQUETE DE PLANOS DE INGENIERIA BASICA

En este tema se revisan los principales planos de Ingeniería Básica, los cuales son los siguientes:

- a) Plano de Localización de la Planta
- b) Plano de Localización del Equipo
- c) Diagrama de Tubería e Instrumentación de Servicios

### V.2.1 PLANO DE LOCALIZACION DE LA PLANTA

Después de revisar el Diagrama de Flujo de Proceso y antes de empezar el diseño de Diagramas de Tubería e Instrumentación de Servicios, debe planearse la distribución de las unidades de proceso de la planta, así como el equipo dentro de estas unidades de proceso, el resultado de esta planeación es el Plano de Localización de la Planta ( Fig. V.1 ).

Para evitar la interferencia con los procesos de operación, los edificios deberán ser localizados separadamente de las áreas de proceso y de servicios, ya que esto permite obtener una mayor eficiencia.

En base a los criterios anteriores, se listan a continuación las áreas que se deben considerar y que ocupan una superficie de 2,500 m<sup>2</sup>, en la que ya se encuentra considerada una zona para expansión futura.

#### Proceso

- Línea de Desalación y Desinfección

#### Servicio

- Cuarto de control
- Almacenamiento de Combustible y Agua Contraincendio
- Cuarto de Generación de Aire de Instrumentos y de Planta

## Otros Edificios

- Almacenamiento de Materia Prima ( Agua municipal, Regenerantes y desinfectante )
- Almacenamiento de Agua Purificada
- Area de envasado
- Laboratorio
- Taller de Mantenimiento
- Oficinas Administrativas

### V.2.2 PLANO DE LOCALIZACION DEL EQUIPO

En la Fig. V.2 se muestra la ubicación en vista de planta de cada pieza de equipo dentro de la unidad de proceso.

Este tipo de plano es la clave para una buena operación, para una construcción económica, para una distribución funcional de equipo y para un mantenimiento bien planeado y eficiente.

Los espacios requeridos para cada equipo están en función a las dimensiones de estos mismos, así como del espacio necesario para darles mantenimiento y en casos especiales para la entrada de camiones o pipas de la materia prima.

### V.2.3 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION DE SERVICIOS

En estos diagramas se muestra la instrumentación necesaria para cada servicio auxiliar requerido en el proceso, así como las dimensiones y especificaciones de la tubería.

En la Fig. V.3 se muestra el Diagrama de Tubería e Instrumentación de Aire de Instrumentos.

En la Fig. V.4 se muestra el Diagrama de Tubería e Instrumentación de Aire de Planta.

En la Fig. V.5 se muestra el Diagrama de Tubería e Instrumentación de Agua Contraincendios.

En la Fig. V.6 se muestra el Diagrama de Tubería e Instrumentación del Combustible ( Diesel No. 2 )

Fig 1 Plano de localización de la planta

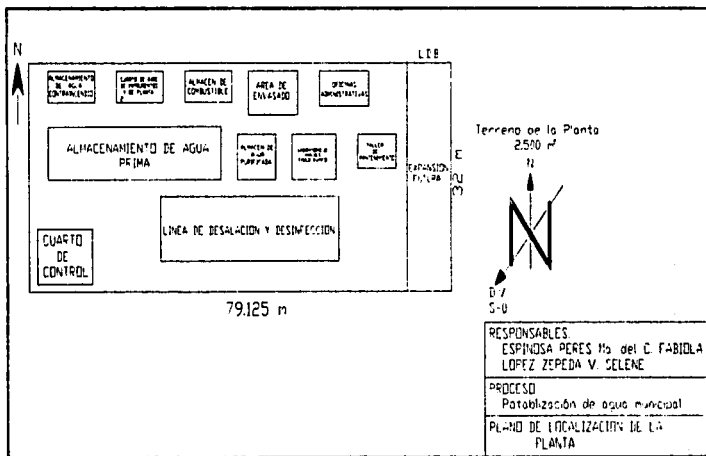
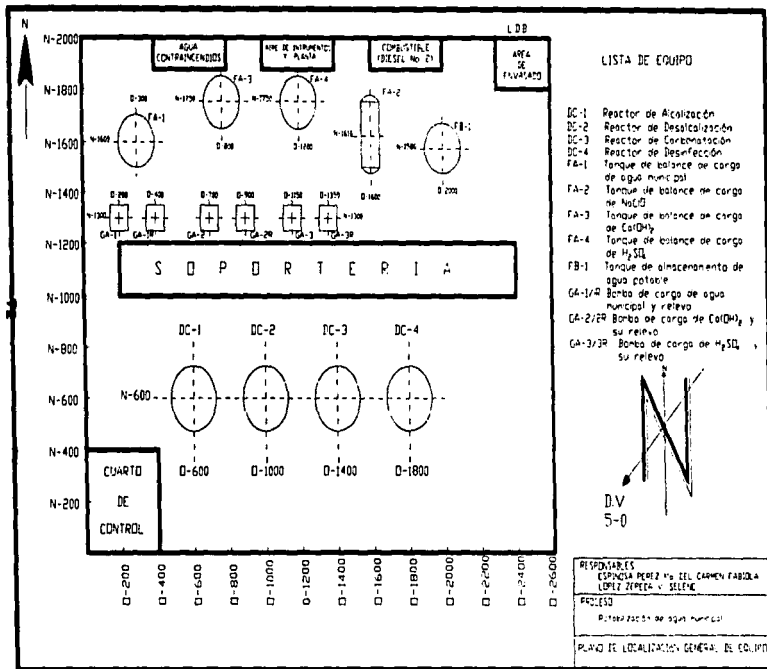


Fig. V.2. Plano de localización general de equipo



LISTA DE EQUIPO

- DC-1 Reactor de Alcalización
- DC-2 Reactor de Desalcalización
- DC-3 Reactor de Carbonatación
- DC-4 Reactor de Desinfección
- FA-1 Torque de balance de carga de agua municipal
- FA-2 Torque de balance de carga de  $Ca(OH)_2$
- FA-3 Torque de balance de carga de  $H_2SO_4$
- FA-4 Torque de balance de carga de  $H_2SO_4$
- FB-1 Tanque de almacenamiento de agua potable
- GA-1/2 Bomba de carga de agua municipal y relevo
- GA-2/3 Bomba de carga de  $Ca(OH)_2$  y su relevo
- GA-3/3 Bomba de carga de  $H_2SO_4$  y su relevo



RESPONSABLES  
ESPINOSA PEREZ Y EL CARMEN FARIOLA  
LOPEZ ZAPATA Y SILEM

PROYECTO  
Distribución de agua municipal

PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Fig. V.3. Diagrama de tubería e instrumentación de aire de instrumentos.

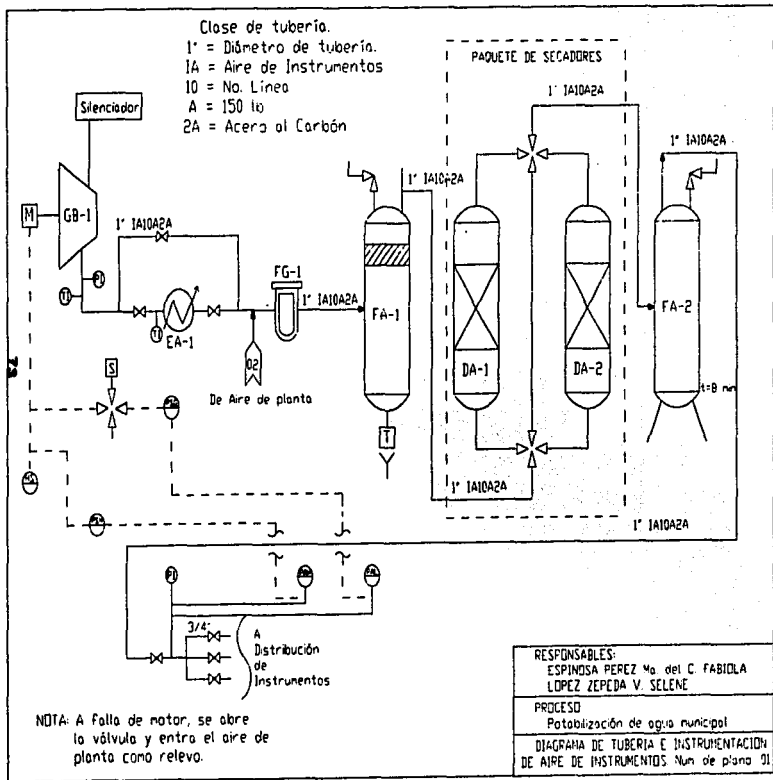


Fig. V.4 . Diagrama de tuberías e instrumentación de aire de planta.

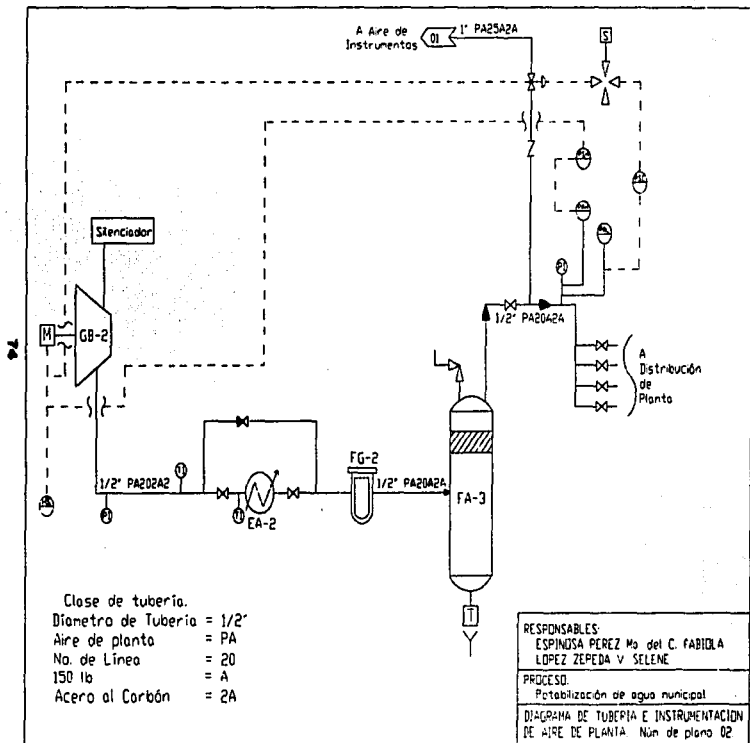


Fig. V.5. Diagrama de tubería e instrumentación de agua contra incendio

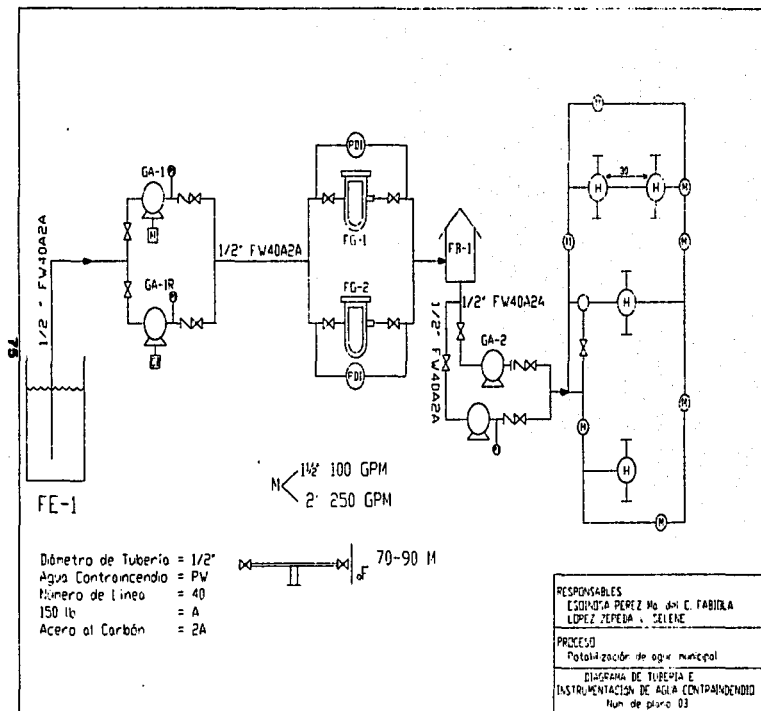
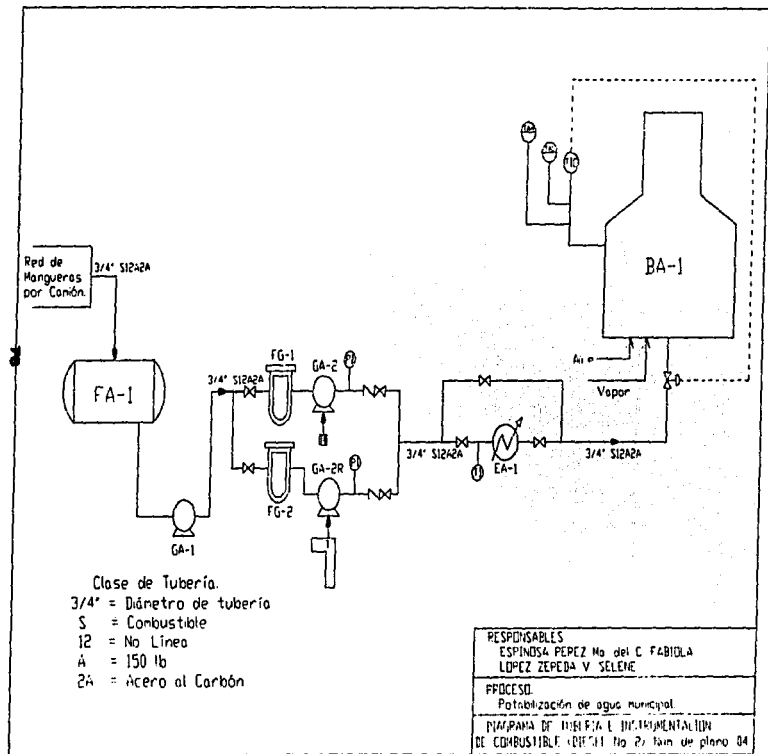




Fig. V.6. Diagrama de tubería e instrumentación de combustible (Diesel No. 2).



## **CAPITULO VI**

### **ESTUDIO ECONÓMICO**

En este capítulo se toman en cuenta los recursos económicos necesarios para el establecimiento y la construcción de la planta, la tramitación de permisos e impuestos y finalmente los costos y gastos generados durante la etapa de operación.

Finalmente se define el flujo de efectivo por medio del cual se puede definir el tiempo necesario para recuperar la inversión además de realizar un estudio de costos de producción para determinar cuánto cuesta tratar agua e instalar una planta potabilizadora de agua.

Existen factores que son de vital importancia y deben ser considerados para la evaluación de cualquier proyecto. En el presente trabajo se realizaron las siguientes consideraciones:

- Se cuenta con el capital necesario para la instalación de la planta.
- La planta será instalada con una capacidad de 21,708.000 lt/año pero se prevén incrementos en la capacidad instalada a futuro.

A continuación se describe el Plan Global de Inversión (P.G.I.) que se implementará y que comprende la inversión bruta que se requiere para instalar la planta en cuestión. El P.G.I. muestra los diferentes rubros que indican el valor absoluto y su porcentaje para ver rápidamente su peso específico dentro de la inversión total.

## VI.1 PLAN GLOBAL DE INVERSION

### A. INVERSIONES FIJAS

FECHA MAYO DE 1996  
VALORES EN MILES DE PESOS

1) Cuotas para:	
a) Toma de agua municipal (*)	\$ 24.173
b) Toma para alcantarillado (*)	\$ 0.662
	<b>TOTAL \$ 24.835</b>
2) Tramitacion y Obtencion para permisos	
a) Distribucion comercial de agua potable (*)	\$ 0.125
b) Ruptura de concreto por metro lineal por instalacion de tona (*)	\$ 0.050
	<b>TOTAL \$ 0.175</b>
3) Terreno	Superficie (Costo / m <sup>2</sup> )
	2500 m <sup>2</sup> ( \$0.15 )
	<b>TOTAL \$ 375.0</b>
4) Edificaciones y Construcciones	
a) Costo de la barda	Longitud (Costo / m)
	520m ( \$ 0.03 )
	<b>TOTAL \$ 15.60</b>
b) Camino y drenaje	Superficie (Costo / m <sup>2</sup> )
	500 m <sup>2</sup> ( \$0.05 )
	<b>TOTAL \$ 25.0</b>
c) Oficinas	<b>TOTAL \$ 50.0</b>
d) Laboratorio	Superficie (Costo / m <sup>2</sup> )
	60 m <sup>2</sup> ( \$ 0.5 )
	<b>TOTAL \$ 30.0</b>
<b>TOTAL EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES</b>	<b>\$ 120.6</b>

\* Cuotas tomadas del Decreto Tarifario de 1995 de Acapulco, Guerrero editado por CAPAMA

### 5) Maquinaria y Equipo

La capacidad de los equipos se elabora en la memoria de calculo.

o Tanque para Acido Sulfúrico	( 1.3 m <sup>3</sup> )	\$ 2.500
o Tanque para Hidróxido de Calcio	( 6 m <sup>3</sup> )	\$ 5.353
o Tanque para Hipoclorito de Sodio	(0.03 m <sup>3</sup> )	\$ 0.027
o Tanque para Agua Municipal y Potable	( 3 m <sup>3</sup> )	\$ 1.830
o Tanque Reactor DC - 1	( 2 m <sup>3</sup> )	\$ 0.875
o Tanque Reactor DC - 2	( 2 m <sup>3</sup> )	\$ 0.875
o Tanque Reactor DC - 3	( 1.5 m <sup>3</sup> )	\$ 0.656
o Tanque Reactor DC - 4	( 3 m <sup>3</sup> )	\$ 1.313
o Agitador ( 2 )	( 1/4 HP )	\$ 2.300
o Bomba ( Agua de proceso )	( 1/4 HP )	\$ 1.144
o Bomba ( Acido Sulfúrico )	( 1/2 HP )	\$ 2.300
o Bomba ( Hidroxido de Calcio )	( 1 HP )	\$ 4.600
o Bomba ( Contra incendio )	( 1/8 HP )	\$ 0.575

TOTAL DE MAQUINARIA Y EQUIPO \$ 24.35

### 6) Costo de Instalación

Se tiene en base a un indice para plantas quimicas del 4 - 6% del costo de la maquinaria y equipo. En este caso se toma el 6 % del costo de la maquinaria y equipo.

COSTO DE INSTALACION \$ 1.461

### 7) Mobiliario y Equipo de Oficina

COSTO DE MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA \$ 10.0

### 8) Ingeniería de Detalle

Para estimar los gastos de ingeniería de detalle se toma un indice del 10% del valor del equipo y maquinaria.

COSTO DE INGENIERIA DE DETALLE \$ 2.435

ESTA COPIA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

10) **Tecnología**

La empresa destina el 10 % del costo total de la maquinaria y equipo industrial para gastos de innovaciones tecnológicas.

COSTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO \$ 2.435

TOTAL DE INVERSIONES FIJAS \$ 561.291

**B. COSTO DE ORGANIZACION**

1) **Estudio de Factibilidad**

Se toma en base a un índice del 1 a 3.5 % del costo total de la inversión total de A, del cual se toma el 3.0 %.

COSTO DE ESTUDIO DE FACTIBILIDAD \$ 16.838

2) **Constitución de la Empresa**

Los gastos constituyen el 2 % de la inversión fija.

COSTO PARA LA CONSTITUCION DE LA EMPRESA \$ 11.225

TOTAL DE COSTO DE ORGANIZACION \$ 28.06

**C. CAPITAL DE TRABAJO**

El capital de trabajo corresponde a un mes ( 28 días ) de materia prima y productos.

**o MATERIA PRIMA**



Cantidad requerida de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 28 días: 1'618,209.6 kg / mes

Costo de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 5 %: \$  $3.4 \times 10^{-4}$  / kg

Costo de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 5 % durante 28 días = ( 1'618,209.6 x  $3.4 \times 10^{-4}$  ) = \$ 550.19 / mes

### Ca(OH)<sub>2</sub>

Cantidad requerida de Ca(OH)<sub>2</sub> en 28 días: 8'769,001.92 kg/mes

Costo de Ca(OH)<sub>2</sub> al 2.5 %: \$ 2.5 × 10<sup>-5</sup> / kg

Costo de Ca(OH)<sub>2</sub> al 2.5 % durante 28 días = ( 8'769,001.92 × 2.5 × 10<sup>-5</sup> ) = \$ 219.22 / mes

### NaClO

Cantidad requerida de NaClO en 28 días: 40,266.24 kg / mes

Costo de NaClO al 1.4 %: \$ 0.0196 / kg

Costo de NaClO al 1.4 % durante 28 días = ( 40,266.24 × 0.0196 ) = \$ 789.21

### Agua Municipal

Cantidad requerida de agua municipal en 28 días: 1,814.4 m<sup>3</sup> / mes

Costo de agua municipal: \$ 0.005 / m<sup>3</sup>

Costo de agua municipal durante 28 días = ( 1,814.4 × 0.005 ) = \$ 9.072 / mes

### Resina Anionica

Cantidad requerida de resina anionica en 28 días: 60.9112 m<sup>3</sup> / mes

Costo de resina aniónica: \$ 1.7 / m<sup>3</sup>

Costo de resina anionica durante 28 días = ( 60.9112 × 1.7 ) = \$ 103.547 / mes

### Resina Cationica

Cantidad requerida de resina catiónica en 28 días:  $37.268 \text{ m}^3 / \text{mes}$

Costo de resina cationica:  $\$ 1.5 / \text{m}^3$

Costo de resina catiónica durante 28 días =  $(37.268 \times 1.5) = \$ 55.902 / \text{mes}$

Costo total de Materia Prima =  $\$ 1,727.141 / \text{mes}$

NOTA: El Ac. Sulfúrico, el Hidroxido de Calcio y el Hipoclorito de Sodio se comprarán a la concentración correspondiente.

### o PRODUCTO ACABADO

Agua Purificada. De la capacidad total de agua purificada se toman el 75 % para embotellar agua en envases de 0.5 lt., y el 25 % para embotellar agua en envases de 1.5 lt.

Envases de 0.5 lt.

Cantidad de agua envasada en 28 días en envases de 0.5 lt.:  $1'360,800 \text{ lt.} / \text{mes}$

Costo del agua envasada de 0.5 lt.:  $\$ 0.002 / 0.5 \text{ lt.}$

Costo del agua envasada de 0.5 lt. durante 28 días =  $(1'360,800 \times 0.002) = \$ 2721.6 / \text{mes}$

Envases de 1.5 lt.

Cantidad de agua envasada en 28 días en envases de 1.5 lt.:  $453,600 \text{ lt.} / \text{mes}$

Costo del agua envasada de 1.5 lt.:  $\$ 0.004 / 1.5 \text{ lt.}$

Costo del agua envasada de 1.5 lt. durante 28 días =  $(453,600 \times 0.004) = \$ 1814.4 / \text{mes}$

Costo total de Producto Acabado (Agua Purificada) =  $\$ 4,536 / \text{mes}$

## o ENVASES

### Envases de 0.5 lt

Costo del envase de 0.5 lt.: \$ 0.00075 / envase

Cantidad de envases de 0.5 lt. requerida en 28 días = ( 1'360,800 lt. / mes / (0.5 lt. / envase) )  
= 2'721,600 envases / mes

Costo del envase de 0.5lt. durante 28 días = ( 2'721,600 x 0.00075 ) = \$ 2,041.2 / mes

### Envases de 1.5 lt.

Costo del envase de 1.5 lt.: \$ 0.0015 / envase

Cantidad de envases de 1.5 lt. requerida en 28 días = ( 453,600 lt. / mes / (1.5 lt. / envase) )  
= 302,400 envases / mes

Costo del envase de 1.5 lt. durante 28 días = ( 302,400 x 0.0015 ) = \$ 453.6 / mes

Costo total de Envases = \$ 2,494.8 / mes

## TOTAL DE CAPITAL DE TRABAJO

Producto acabado - (Materia prima + Envases)  
= \$ 4536 - ( \$ 1727.141 + \$ 2494.8 )  
= \$ 314.06

## D. IMPREVISTOS

Para fijar el monto aproximado de los imprevistos se toma como base el 10 % de la suma de las inversiones fijas más el capital de trabajo.

= 0.1 ( 561,291 + 314.06 )  
= \$ 87,535.1

## E. INVERSIONES TOTALES

E = A + B + C + D

( 561,291 + 28,063 + 314.06 + 87,535.1 )

E = \$ 990.94



## VI.2 COSTO DE OPERACION Y RENTABILIDAD ( COSTO DE PRODUCCION )

Estos son los estados de pérdidas y ganancias para analisis histórico y de proyecciones, y estan definidos por siete puntos que a continuacion se desarrollan.

### A. INGRESOS TOTALES

Envases de 0.5 lt.

Cantidad de agua envasada en un año en envases de 0.5 lt.: 16'281,000 lt. / año

$$\begin{aligned}\text{Costo del agua envasada de 0.5 lt. durante un año} &= ( \$ 0.002 / 0.5 \text{ lt.} \times 16'281,000 \text{ lt. / año} ) \\ &= \$ 65,124 / \text{año}\end{aligned}$$

Envases de 1.5 lt.

Cantidad de agua envasada en un año en envases de 1.5 lt.: 5'427,000 lt. / año

$$\begin{aligned}\text{Costo del agua envasada de 1.5 lt. durante un año} &= ( \$ 0.004 / 1.5 \text{ lt.} \times 5'427,000 \text{ lt. / año} ) \\ &= \$ 14,472 / \text{año}\end{aligned}$$

### TOTAL DE VENTAS BRUTAS

$$A = \$ 65,124 + \$ 14,472$$

$$A = \$ 79,596$$

### B. COSTO DE LO PRODUCIDO Y VENDIDO

#### o INVENTARIO INICIAL

##### 1) Materias Primas

Almacenamiento de 15 dias, tanto de materias primas como de producto terminado.



Cantidad almacenada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en 15 dias: 866,898 kg / 15 dias

$$\begin{aligned}\text{Costo de } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ al 5 \% durante 15 dias} &= ( 866,898 \times ( \$ 3.4 \times 10^{-4} / \text{kg} ) ) \\ &= \$ 294.74 / 15 \text{ dias}\end{aligned}$$

### Ca(OH)<sub>2</sub>

Cantidad almacenada de Ca(OH)<sub>2</sub> en 15 días: 4'697,679.6 kg / 15 días

$$\begin{aligned}\text{Costo de Ca(OH)}_2 \text{ al } 2.5 \% \text{ durante } 15 \text{ días} &= (4'697,679.6 \times (\$ 2.5 \times 10^{-5} / \text{kg})) \\ &= \$ 117.44 / 15 \text{ días}\end{aligned}$$

### NaClO

Cantidad almacenada de NaClO en 15 días: 21,571.2 kg / 15 días

$$\begin{aligned}\text{Costo de NaClO al } 1.4 \% \text{ durante } 15 \text{ días} &= (21,571.2 \times (\$ 0.0196 / \text{kg})) \\ &= \$ 422.8 / 15 \text{ días}\end{aligned}$$

### Agua Municipal

Cantidad almacenada de agua municipal en 15 días: 972 m<sup>3</sup> / 15 días

$$\begin{aligned}\text{Costo de agua municipal durante } 15 \text{ días} &= (972 \times (\$ 0.005 / \text{m}^3)) \\ &= \$ 4.86 / 15 \text{ días}\end{aligned}$$

### Resina Anionica

Cantidad almacenada de resina anionica en 15 días: 32.631 m<sup>3</sup> / 15 días

$$\begin{aligned}\text{Costo de resina anionica durante } 15 \text{ días} &= (32.631 \times (\$ 1.7 / \text{m}^3)) \\ &= \$ 55.4727 / 15 \text{ días}\end{aligned}$$

### Resina Cationica

Cantidad almacenada de resina cationica en 15 días: 19.965 m<sup>3</sup> / 15 días

$$\begin{aligned}\text{Costo de resina cationica durante } 15 \text{ días} &= (19.965 \times (\$ 1.5 / \text{m}^3)) \\ &= \$ 29.9475 / 15 \text{ días}\end{aligned}$$

$$\text{Costo total de Materia Prima} = \$ 925.2582 / 15 \text{ días}$$

## 2) Envases

### Envases para 0.5 lt

Cantidad de agua envasada en 15 días en envases de 0.5 lt.: 729,000 lt / 15 días

Cantidad de envases de 0.5 lt. durante 15 días = ( 729,000 / (0.5 lt./ envase) )  
= 1'458,000 envases

Costo del envase de 0.5 lt. durante 15 días = ( 1'458,000 envases x (\$ 0.00075 / envase) )  
= \$ 1093.5 / 15 días

### Envases para 1.5 lt.

Cantidad de agua envasada en 15 días en envases de 1.5 lt.: 486,000 lt / 15 días

Cantidad de envases de 1.5 lt. durante 15 días = ( 486,000 / (1.5 lt / envase) )  
= 324,000 envases

Costo del envase de 1.5 lt. durante 15 días = ( 324,000 envases x (\$ 0.0015 / envase) )  
= \$ 486 / 15 días

Costo total de Envases = \$ 1579.5 / 15 días

## 3) Producto Terminado

### Envases para 0.5 lt.

Costo del agua envasada de 0.5 lt. durante 15 días = ( 729,000 lt. / 15 días x (\$0.002 / 0.5lt.))  
= \$ 1458 / 15 días

### Envases para 1.5 lt.

Costo del agua envasada de 1.5 lt. durante 15 días = ( 486,000 lt / 15 días x (\$ 0.004 / 1.5 lt) )  
= \$ 1944 / 15 días

Costo total de Producto Terminado = \$ 3402 / 15 días

#### 4) Suma del Inventario Inicial

$$\begin{aligned} & \text{Materia Prima} + \text{Envases} + \text{Producto Terminado} \\ & = \$ 925,2582 + \$ 1579,5 + \$ 3402 \\ & = \$ 5,906,75 \end{aligned}$$

#### 5) Compra de Materias Primas y Materiales para un año.

##### a) Materias Primas



Cantidad requerida de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en un año: 19'360,722 kg / año

$$\begin{aligned} \text{Costo de } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ al } 5 \% \text{ durante un año} &= ( 19'360,722 \times (\$ 3,4 \times 10^{-4} / \text{kg}) ) \\ &= \$ 6,582,64 / \text{año} \end{aligned}$$



Cantidad requerida de  $\text{Ca(OH)}_2$  en un año: 104'914,844.4 kg / año

$$\begin{aligned} \text{Costo de } \text{Ca(OH)}_2 \text{ al } 2,5 \% \text{ durante un año} &= ( 104'914,844,4 \times (\$ 2,5 \times 10^{-5} / \text{kg}) ) \\ &= \$ 2,622,87 / \text{año} \end{aligned}$$



Cantidad requerida de NaClO en un año: 481,756.8 kg / año

$$\begin{aligned} \text{Costo de NaClO al } 1,4 \% \text{ durante un año} &= ( 481,756,8 \times (\$ 0,0196 / \text{kg}) ) \\ &= \$ 9,442,43 / \text{año} \end{aligned}$$

##### Agua Municipal

Cantidad requerida de agua municipal en un año: 21,708 m<sup>3</sup> / año

$$\begin{aligned} \text{Costo de agua municipal durante un año} &= ( 21,708 \times (\$ 0,005 / \text{m}^3) ) \\ &= \$ 108,54 / \text{año} \end{aligned}$$

### Resina Anionica

Cantidad requerida de resina aniónica en un año:  $728.759 \text{ m}^3/\text{año}$

$$\begin{aligned}\text{Costo de resina anionica durante un año} &= ( 728.759 \times (\$ 1.7 / \text{m}^3) ) \\ &= \$ 1238.88 / \text{año}\end{aligned}$$

### Resina Cationica

Cantidad requerida de resina catiónica en un año:  $445.885 \text{ m}^3 / \text{año}$

$$\begin{aligned}\text{Costo de resina cationica durante un año} &= ( 445.885 \times (\$ 1.5 / \text{m}^3) ) \\ &= \$ 668.83 / \text{año}\end{aligned}$$

$$\text{Costo total de Materia Prima} = \$ 20,664.19 / \text{año}$$

### b) Envases

Envases para 0.5 lt.

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de envases de 0.5 lt. durante un año} &= ( 16'281,000 \text{ lt.} / \text{año} / (0.5 \text{ lt} / \text{envase}) ) \\ &= 32'562,000 \text{ envases}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo del envase de 0.5 lt. durante un año} &= ( 32'562,000 \text{ envases} \times (\$ 0.00075 / \text{envase}) ) \\ &= \$ 24,421.5 / \text{año}\end{aligned}$$

Envases para 1.5 lt

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de envases de 1.5 lt durante un año} &= ( 5'427,000 \text{ lt} / \text{año} / (1.5 \text{ lt} / \text{envase}) ) \\ &= 3'618,000 \text{ envases}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo del envase de 1.5 lt. durante un año} &= ( 3'618,000 \text{ envases} \times (\$ 0.0015 / \text{envase}) ) \\ &= \$ 5,427 / \text{año}\end{aligned}$$

$$\text{Costo total de Envases} = \$ 29,848.5 / \text{año}$$

$$\text{Total de Compras de Materias Primas y Materiales para 1 año} = \$ 50,512.69$$

**6) Bienes Disponibles**

Corresponde a la suma del inventario inicial con la compra de materias primas y materiales para 1 año.

Total de Bienes Disponibles = \$ 56,419.44

**o INVENTARIO FINAL**

**7) Materias Primas**

Total de Materias Primas = \$ 925,2582

**8) Envases**

Total de Envases = \$ 1579.5

**9) Producto Terminado**

Total de Producto Terminado = \$ 3402

**10) Suma de Inventario Final**

Materias Primas + Envases + Producto Terminado  
= (\$ 925,2582 + \$ 1579.5 + \$ 3402 )  
= \$ 5,906.75

**B. CONSUMO**

Bienes Disponibles - Inventario Final  
= \$ 56,419.44 - \$ 5,906.75  
= \$ 50,512.69

**C. GASTOS DE PRODUCCION**

**11) Mano de Obra Directa (Incluyendo Prestaciones)**

Se le denomina mano de obra directa a todo personal encargado de la operacion y el control directo de todos los equipos involucrados en el proceso.

a) Tanques de Materia Prima

Dado que la recepción y el cuidado del almacenamiento de la materia prima es una operación sencilla, se requiere de 3 personas para ello.

b) Reactores

El control de operación de los reactores es un trabajo sencillo pero delicado.

No. Personas / Turno = 3

c) Regeneradores

La regeneración de las resinas es una operación sencilla.

No. Personas / Turno = 1

d) Envasado

El trabajo de envasado de agua potable es pesado pero sencillo.

No. Personas / Turno = 3

e) Almacén

Los envases son acomodados en tarimas, con la ayuda de un montacarga. Este es un trabajo sencillo.

No. Personas / Turno = 1

Para los tres turnos que se manejan en un día de operación de la planta los datos son tabulados en la Tabla VI.1.

TABLA VI.1  
SALARIOS MÍNIMOS PAGADOS AL PERSONAL DE MANO DE OBRA DIRECTA

EQUIPO	TRABAJADORES	No. DE SALARIOS MÍN. POR PERSONA	SALARIO MÍN.
Tanques de Materia	3	3	9
Reactores	6	4	24
Regeneración	3	3	9
Envasado	6	3	18
Almacén	3	3	9
	21		69

El costo total del personal que constituye a la mano de obra directa se evalua en base a la siguiente fórmula.

MANO DE OBRA DIRECTA ( M.O.D.)

M.O.D. = ( No. Salarios ) ( Salario Min. ) ( Prestaciones ) ( 335 Dias )

Salario Min. = \$ 0.017 ( En el D.F. )

Prestaciones. Las prestaciones corresponden a un 39% de capital adicional e incluyen los siguientes conceptos .

I.M.S.S.	25 %
I.N.F.O.N.A.V.I.T.	5 %
S.A.R.	2 %
SOBRE NOMINA	2 %
VACACIONES	5 %
SON 7 DIAS FESTIVOS Y 6 DIAS DE VACACIONES	

M.O.D. = 69 Sal. Mín. ( \$ 0.017 ) ( 1.39 ) ( 335 Dias )

M.O.D. = \$ 546.20

12) Mano de Obra Indirecta ( Incluyendo Prestaciones )

Incluye todo el personal encargado de la supervision y el mantenimiento de todos los equipos involucrados en el proceso. Ademas de personal para controlar la calidad del producto terminado.

- o El trabajo de los obreros debe ser supervisado por un Jefe de Turno.
- o Requerimos de los servicios de un laboratorista, para realizar las pruebas de control de calidad tanto de Materia Prima como de Producto Terminado.
- o Para trabajos de limpieza se requiere de trabajadores manuales.

Para los tres turnos que se manejan en un dia de operacion de la planta los datos son tabulados en la Tabla VI.2.



TABLA VI.2  
SALARIOS MINIMOS PAGADOS AL PERSONAL DE MANO DE OBRA INDIRECTA

TIPO DE TRABAJO	TRABAJADORES	No. SALARIO MIN. POR PERSONA	SALARIO MIN
Jefe de Turno	3	4	12
Laboratorista	2	5	10
Trabajador Manual	3	3	9
	8		31

El costo del personal que constituye a la mano de obra indirecta se evalua en forma similar al calculo realizado anteriormente.

MANO DE OBRA INDIRECTA ( M.O.I.)

M.O.I. = 31 Salario Min. ( \$ 0.017 ) ( 1.39 ) ( 335 Dias )

M.O.I. = \$ 245.4

13) Depreciación del Capital Fijo de la Planta

CONCEPTO	INDICE	COSTO	TOTAL
Edificios y Construcción	5 %	\$ 120.6	\$ 6.03
Equipo y Maquinaria	10 %	\$ 24.35	\$ 2.435
Instalacion	10 %	\$ 1,461	\$ 0.1461
Equipo de Oficina	30 %	\$ 10.0	\$ 3.0
Ingenieria de Detalle	10 %	\$ 2.435	\$ 0.2435
Tecnologn	5 %	\$ 2.435	\$ 0.12175

Total de Depreciaciones = \$ 11.976

14) Reparación y Mantenimiento

Tomando en cuenta los índices publicados por el instituto especializados en la industria química, este valor es del 5 % del valor del activo fijo.

Maquinaria y Equipo	\$ 24.35
Instalación	\$ 1.461
Ingeniería de Detalle	\$ 2.435
Total	$(\$ 28,246) \times 0.05 = \$ 1.4123$

15) Energía Eléctrica y Combustible

a) Energía eléctrica

EQUIPO	HP
Bomba (Ac. sulfúrico) al 5 %	0.5
Bomba (Hidroxido de Calcio) al 2.5 %	0.5
Bomba (Agua de Proceso)	1.0
Bomba (Agua Contra incendio)	0.25
Agitadores (2) (0.125)	0.25
Aire de Instrumentos	10.0
	12.5 HP

$$\begin{aligned} \text{Potencia} &= \text{HP} (1 \text{ Kw} / 1.341 \text{ HP}) \\ &= 12.5 \text{ HP} (1 \text{ Kw} / 1.341 \text{ HP}) \\ &= 9.321 \text{ Kw} / \text{Hr.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia Anual} &= (9.321 \text{ Kw} / \text{Hr}) (24 \text{ Hr}) (335 \text{ Dias}) \\ &= 74,940.84 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Factor de potencia} &= 0.85 \\ \text{Inflación} &= 9.6 \% \\ \text{Costo / Kw} &= \$ 0.00028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de Electricidad} &= 74,940.84 \text{ Kw} (\$ 0.00028) (0.85) (1.096) \\ &= \$ 19.548 \end{aligned}$$

b) Combustible

Consumo de Diesel usado para las bombas de relevo durante un año =  $326.21 \text{ m}^3 / \text{año}$

Inflación = 9.6 %  
Costo /  $\text{m}^3$  = \$ 0.965

Costo de Diesel =  $326.21 \text{ m}^3 (\$ 0.965) (1.096)$   
= \$ 345.012

Costo Total de Energía Eléctrica y Combustible = \$ 364.56

16) Seguro de la Planta

Para el estimado del seguro de la planta se toma como base el 2 % del activo fijo menos el terreno.

= 0.02 ( Total de Activo Fijo - Terreno )  
= 0.02 ( \$ 561.291 - \$ 375.0 )

Total del Seguro de la Planta = \$ 186.291

17) Repuestos y Accesorios

Este renglón está formado por las refacciones que requiere la planta para su funcionamiento normal. Estos repuestos se utilizan cuando ocurre descomposición o falla en algunas piezas de los equipos, y es necesario reemplazarlas de manera inmediata para evitar el parar la producción.

En la industria química se requiere además de bombas, reguladores, medidores de flujo y de nivel, entre otras cosas. Así mismo este porcentaje puede ser aproximadamente del 5 % del activo fijo al igual que en el caso de Reparación y Mantenimiento.

Maquinaria y Equipo \$ 24.35  
Instalación \$ 1.461  
Ingeniería de Detalle \$ 2.435  
Total  $(\$ 28.246) \times 0.05 = \$ 1.4123$

C. COSTO TOTAL DE GASTOS DE PRODUCCION

\$ 1357,2516

## UTILIDAD BRUTA EN VENTAS

$$\begin{aligned} & A - ( B + C ) \\ & = \$ 79,596 - ( \$ 50,512.69 + \$ 1357.2516 ) \\ & = \$ 27,726 \end{aligned}$$

La Utilidad Bruta en Ventas es del 34.83 %, sobre las ventas brutas; este valor es bueno ya que normalmente se espera a un valor cercano al 50 % como Utilidad Bruta en Ventas. ( Ref. 14).

## D. GASTOS DE VENTA Y DISTRIBUCION

Comisiones: Las comisiones corresponden aproximadamente al 5% de las ventas brutas.

$$\begin{aligned} D &= 0.05 \times ( \$ 79,596 ) \\ D &= \$ 3,979.8 \end{aligned}$$

## E. GASTOS FINANCIEROS

Se cuenta con \$ 1000.00, y la inversión total es de \$ 990.94. por lo tanto no es necesario pedir financiamiento.

## F. UTILIDAD DE OPERACION

$$\begin{aligned} F &= A - ( B + C + D ) \\ F &= 79,596 - ( 50,512.69 + 1,357.2516 + 3,979.8 ) \\ F &= \$ 23,746.258 \end{aligned}$$

## G. IMPUESTOS

El impuesto sobre la renta corresponde aproximadamente al 44% de las utilidades de operación.

$$G = \$ 23,746.258 \times ( 0.44 )$$

$$G = \$ 10,448.35$$

## H. UTILIDAD NETA

Es el 56% de la utilidad de operación.

$$H = \$ 23,746.258 \times ( 0.56 )$$

$$H = \$ 13,297.90$$

La utilidad neta es de un año. Para recuperar la inversión total se necesitará como máximo un año.

La idea de indicar un proyecto para la obtención de un nuevo producto en el mercado, surge de la necesidad de este, para después hacer un estudio económico del mismo y conocer que tan viable es.

El trabajo reúne un análisis económico básico para la planeación de un proyecto a largo plazo.

De acuerdo a los resultados que se obtienen en el proyecto, tiene buenas perspectivas. Ya que como se puede apreciar en la utilidad neta a un año, se necesita como máximo un año para recuperar la inversión total, por lo que esto da al proyecto una buena rentabilidad, que una vez puesta en operación la planta, deberá mantenerse en ese nivel, para poder así conservar todos los flujos de capital y con esto lograr una estabilidad económica.

## **CAPITULO VII CONCLUSIONES**

**En base a la investigación que se realizó se pudo constatar la necesidad del agua potable que existe en el Municipio de Acapulco Juárez es por eso que se piensa establecer un proyecto como éste, para coadyuvar con una tarea ardua pero indispensable.**

**Gracias a los datos, gráficas e información en general que se logró recabar en la zona, se establece un panorama real para elaborar un diseño de planta de potabilización tipo y un estudio de mercado, así como también la capacidad de la misma para poder competir.**

**Debido a que existen muchas enfermedades ocasionadas, por la falta de formalidad y ética de parte de las industrias ya sean pequeñas, medianas o grandes, el proyecto elaborado representa un prototipo de una planta capaz de abastecer una pequeña parte de la demanda, pero de manera segura y eficiente.**

**Lo anterior se debe a que este proyecto abarca y fundamenta la ingeniería básica de una planta de potabilización, y que en un determinado momento resultará de gran utilidad para inversionistas en esta misma rama industrial o incluso servir de ayuda para plantas ya establecidas.**

**En cuanto a las fuentes de abastecimiento para la planta, estas pueden variar, ya que existen diversas maneras de obtener la materia prima, en este proyecto se decidió partir de agua municipal.**

**También de una manera relativa, pero consistente en procedimiento, se elabora un estimado de costos y se concluye que es rentable para poder desarrollarse con un riesgo común.**

## A N E X O

### MEMORIA DE CALCULO

En este apartado se presentan los prototipos para los cálculos necesarios para dimensionar los equipos involucrados en el proceso.

#### I. CALCULO DEL CUERPO DE RECIPIENTES A PRESION

I. 1. Se calcula la altura del lecho de la resina, la cual es igual al diámetro del recipiente; se obtiene con la siguiente formula:

$$h = \sqrt[3]{\frac{4 \times V}{\pi}}$$

h = altura del lecho de la resina  
V = volumen del flujo

I. 2. Se calcula el área del lecho de la resina con la siguiente formula:

$$A = (\pi \times h^2) / 4$$

A = área del lecho de la resina  
h = altura del lecho de la resina

Con esta área se calcula la razón de flujo de la siguiente forma:

$$\text{Razon de flujo} = \frac{\text{caudal del flujo}}{\text{área del lecho}}$$

I. 3. Se calcula la altura del recipiente considerando la altura del lecho de la resina, mas el espacio necesario para la limpieza conocido como porcentaje de expansión y mas el espacio para el material que sirve de soporte del lecho, que en este caso es Antracita.

I. 3. 1. Para obtener el porcentaje de expansión de la resina es necesario usar la Fig. A.3 (Apéndice) en el caso de Resina Amberlita IRA-68, y se usa la Fig. A.4 (Apéndice) en el caso de Resina Amberlita IRC-84.  
Con la razón de flujo y la temperatura del flujo de agua se encuentra el porcentaje de expansión.

I. 3. 2. Para obtener la altura del material de soporte de la resina se consideran 30 cm. de altura para la Antracita.

I. 3. 3. Por último se suman las alturas calculadas anteriormente para obtener la altura del recipiente, de la siguiente forma:

$$H = h + h_{\text{exp}} + h_s$$

H = altura del recipiente

h = altura del lecho de la resina

$h_{exp} = \text{porcentaje de expansion} = (h \times \% \text{exp})$

$h_s = \text{altura del material de soporte}$

## II. CALCULO DEL ESPESOR DEL ENVOLVENTE PARA RECIPIENTES A PRESION

II. 1. Para el calculo del espesor del envoltente es necesario calcular la presión de diseño y la temperatura de diseño, las cuales se obtienen de la siguiente manera (Ref. 20):

$$Pd = Pop \times \text{factor (1.1)}$$

o

$$Pd = Pop + \text{factor (30)}$$

$$Td = Top + \text{factor (55)}$$

o

$$Td = Top \times \text{factor (1.2)}$$

Pd = presión de diseño

Pop = presión de operación

Td = temperatura de diseño

Top = temperatura de operación

Para continuar con los demás cálculos se escoje la Td y Pd con el valor mas alto que den en los calculos anteriores.

II. 1. 1. Para encontrar el espesor del envoltente cilindrico en condiciones internas se calcula de la siguiente ecuacion ASME de la Seccion S, Division 1 del Codigo ASME:

$$\tau_{env} = \frac{P R}{S E - 0.6 P} - C$$

$\tau_{env}$  = espesor del envoltente

P = presión de diseño

R = radio interno del recipiente

S = esfuerzo maximo permisible = 17 500 lb-plg<sup>2</sup> para un material de Acero al Carbon con una composicion C-Mn-Si y especificacion de SA - 516 - 70. Estos datos se toman de las normas del Codigo ASME Seccion II y VIII.

E = eficiencia = 100% = 1.0 totalmente radiografiado

C = tolerancia a la corrosion = 1/8 plg

II. 2. Se calcula la presión maxima permitida para el envoltente con la siguiente ec. ASME:

$$P_{max} = \frac{S E \tau_{env}}{R + 0.6 \tau_{env}}$$

P<sub>max</sub> = presión maxima permisible



### III. CALCULO DEL TIPO DE TAPA PARA RECIPIENTES A PRESION

III. 1. Para la seleccion del tipo de tapa se deben tomar en cuenta los siguientes puntos para cada tipo de tapa y asi escojerla segun sean las condiciones de operacion (Ref. 20):

- a) Para Tapas Esfericas y Hemisfericas  
 $P_d > 450$  psi  
 Diametro tanque  $< 15$  pie
- b) Para Tapas Elipticas y Semi-elipticas  
 $100 < P_d < 450$  psi  
 Diametro tanque  $< 15$  pie
- c) Para Tapa Toriesferica o Tipo ASME  
 $P_d = 100$  psi  
 Diametro tanque  $< 15$  pie

III. 2. Se dimensiona el tipo de tapa seleccionada segun sea el caso (Ref. 20):

- a) Para Tapa Esferica y Hemisferica

$$\tau_{\text{esf}} = \frac{P R}{2 S E - 0.2 P} + C$$

$\tau_{\text{esf}}$  = espesor de la tapa esferica

- b) Para Tapa Eliptica y Semi-eliptica

$$\tau_{\text{elip}} = \frac{P D}{2 S E - 0.2 P} + C$$

$\tau_{\text{elip}}$  = espesor de la tapa eliptica  
 $D$  = diametro interno del recipiente

III. 3. Se calcula la presion maxima permisible para la tapa seleccionada de la siguiente manera (Ref. 20):

- a) Para Tapa Esferica y Hemisferica

$$P_{\text{max}} = \frac{2 S E \tau_{\text{esf}}}{R + 0.2 \tau_{\text{esf}}}$$

- b) Para Tapa Eliptica y Semi-eliptica

$$P_{\text{max}} = \frac{2 S E \tau_{\text{elip}}}{D + 0.2 \tau_{\text{elip}}}$$

#### IV. CALCULO DEL EQUIPO DE ALMACENAMIENTO

IV. 1. Conforme al método de Friedman - Murtha para el dimensionamiento de recipientes se calcula el equipo de la siguiente manera (Ref. 21):

IV. 1. 1. Se calcula el volumen de almacenamiento con la siguiente fórmula:

$$V_a = Tr Q$$

$V_a$  = volumen de almacenamiento

$Tr$  = tiempo de residencia

$Q$  = caudal del flujo

El tiempo de residencia se obtiene según la Tabla A.2 (Apéndice).

IV. 1. 2. Se calcula el diámetro del equipo con la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 V_a}{r}}$$

$D$  = diámetro del equipo

$r$  = relación económica = 3.0 para tanques en flujo vertical de una sola fase líquida

IV. 1. 3. Se calcula la altura del equipo de la siguiente manera:

$$h = \frac{4 V_a}{\pi d^2}$$

$h$  = altura del equipo

#### V. CALCULO DEL DIAMETRO DE TUBERIA

V. 1. Para el dimensionamiento de la tubería que lleva como flujo agua, se calcula con la siguiente fórmula (Ref. 12):

$$d = \left[ \frac{Q}{0.442 C \left( \frac{\Delta P}{L} \right)^{0.54}} \right]^{1/2.63}$$

$d$  = diámetro de la tubería

$Q$  = caudal de flujo

$\Delta P$  = caída de presión (Ref. 12)

$L$  = longitud de tubería

$C$  = constante de corrosión = 140 para tubería nueva

**FALTA PAGINA**

**No.**

102

VI. 1. 1. Las pérdidas por fricción son las pérdidas de velocidad por causa de los diferentes accesorios que hay en el trayecto que lleva el flujo. Por ejemplo: codos, válvulas, entradas y salidas de tubería, medidores de flujo, etc.

Estos accesorios tienen un valor llamada coeficiente de fricción el cual se obtiene en la Ref. 12.

VI. 2. Se calcula la potencia hidráulica de la bomba con la siguiente fórmula:

$$P_{hid} = H Q \rho$$

$P_{hid}$  = potencia hidráulica de la bomba

VI. 3. Se calcula la potencia al freno con la siguiente fórmula:

$$BHP = \frac{P_{hid}}{\eta}$$

BHP = potencia al freno de la bomba

$\eta$  = eficiencia de la bomba

VI. 4. Se calcula la presión de succión de la bomba con la siguiente fórmula:

$$P_s = \left[ \frac{P_1}{\rho} + Z_1 (g/g_c) - h_{L_s} \right] \rho$$

$P_s$  = presión de succión

$P_1$  = presión en el primer punto

$Z_1$  = altura en el primer punto

$h_{L_s}$  = pérdidas por fricción en la succión

VI. 5. Se calcula la presión de descarga con la siguiente fórmula:

$$P_d = \left[ \frac{P_2}{\rho} + Z_2 (g/g_c) - h_{L_d} \right] \rho$$

$P_d$  = presión de descarga

$P_2$  = presión en el segundo punto

$Z_2$  = altura en el segundo punto

$h_{L_d}$  = pérdidas por fricción en la descarga

VI. 6. Se calcula la cabeza neta positiva de succión de la bomba de la siguiente manera:

$$NPSH_{disp} = \frac{(P_s - P_v)}{\rho} + Z_1 (g/g_c) - h_{L_s}$$

$NPSH_{disp}$  = cabeza neta positiva disponible

$P_v$  = presión de vapor del fluido

## G L O S A R I O

**COLIFORMES:** Bacteria que se parecen a la Escheria Coli en su morfología y algunos otros caracteres. (por ejemplo fermentación de lactosa).

**ENFERMEDAD AGUDA:** Se denomina aguda la enfermedad caracterizada por la rapidez de acción de su causa morbigena, la vivacidad (a veces violencia y tumultuosidad) de los fenómenos patológicos por los que se manifiesta ampliamente generalizada.

**ÍNDICE NMP:** El numero más probable de microorganismos Coliformes que hay en 100 mililitros de muestra.

**UNIDADES UTN:** Unidades de turbiedad Nefelométricas.

**UNIDADES UTJ:** Unidades de turbiedad Jackson.

**ADENOVIRUS:** (Del griego: adenos, glándula). Virus que tiene tamaño intermedio son resistentes al éter, su estructura es de icosaedro uniforme, guarda relación inmunológica (esto es, química) y se encuentra en el mono, hombre y otras especies de animal.

**ECHOVIRUS:** (Iniciales Inglesas de Enteric, Cytopathogenic, Human, Orphan esto es, virus humanos huérfanos estéricos citopatogénicos) y se les conoció por sus efectos destructores (citopatogenicidad) en cultivos que producían enfermedad.

**REOVIRUS:** Se encuentran en los aparatos respiratorios e intestinal de animales y del hombre. Son virus los cuales no se habían demostrado que produjeran enfermedad.

## BIBLIOGRAFÍA

1.  
POWELL T. SHEPPARD;  
ACONDICIONAMIENTO DE AGUAS PARA LA INDUSTRIA,  
QUINTA EDICIÓN  
EDITORIAL LIMUSA;  
MÉXICO, D.F. (1993)
2.  
WATER TREIMENT PLANT DESIGN;  
AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEER,  
AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION;  
SEGUNDA EDICION.  
LONDRES, (1992).
3.  
L. GERMAIN,  
L. COLAS,  
J. ROUGUET;  
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS, REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLES  
E INDUSTRIALES,  
ALIMENTACIÓN DE CALDERAS DE VAPOR Y CIRCUTOS DE REFRIGERACIÓN;  
EDITORIAL OMEGA;  
BARCELONA, (1982)
4.  
WILLIAM J. RYAN, M.E.;  
WATER TREATMENT AND PURIFICATION;  
Mc. GRAW-WILL;  
NEW YORK, (1937)
5.  
POWELL T. SHEPPARD;  
MANUEL DE AGUAS PARA USOS INDUSTRIALES;  
EDITORIAL CIENCIA Y TÉCNICA;  
MÉXICO, D.F. (1987)

6.  
PERRY H. ROBERT;  
MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO, VOL. I Y II:  
QUINTA EDICION,  
EDITORIAL Mc. GRAW-HILL;  
MÉXICO, D.F. (1990).
7.  
RASE HOWARD F.  
M. H. BARROW  
INGENIERÍA DE PROYECTO PARA PLANTAS DE PROCESO  
CIA. EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V.  
MÉXICO, D.F. (1984)
8.  
OCÓN GARCÍA JOAQUÍN,  
GABRIEL TOJO BARREIRO ;  
PROBLEMAS DE INGENIERÍA QUÍMICA,  
OPERACIONES BÁSICAS,  
TOMO I Y II;  
EDITORIAL AGUILAR.  
MÉXICO, D.F. (1981)
9.  
WILLARD HOBART H.,  
MÉTODOS INSTRUMENTALES Y ANÁLISIS;  
EDITORIAL IBEROAMERICANA;  
MÉXICO, D.F. (1991)
- 10  
LEVENSPIEL OCTAVE;  
INGENIERÍA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS;  
SEGUNDA EDICION  
EDITORIAL REPELA. S.A.  
MÉXICO, D.F. (1987)
11.  
BOLETÍN INFORMATIVO AMBERLITE ION EXCHANGE RESOMS  
DISTRIBUIDO POR PROSAG, S.A.  
EDITADO POR ROHM AND HAAS.  
MEXICO, D.F. 1996

12.  
CRANE;  
FLUJO DE FLUIDOS EN VÁLVULAS, ACCESORIOS Y TUBERÍAS,  
EDITORIAL Mc. GRAW-HILL;  
MÉXICO, D.F. (1989)
13.  
PETERS AND TIMMERHAUS;  
PLANTA DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS;  
EDITORIAL Mc. GRAW-HILL,  
CHEMICAL ENGINEERING SERIES;  
ANGELES CALIFORNIA, (1983)
14.  
DECELIS CONTRERAS RAFAEL;  
EVALUACIÓN DE PROYECTOS;  
EDITORIAL COSTA-AMIC EDITORES, S.A.;  
MÉXICO, D.F. (1995)
15.  
INSTITUTO NACIONAL ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA E INFORMÁTICA DEL H.  
AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE ACAPULCO DE JUÁREZ;  
CUADERNO ESTADÍSTICO MUNICIPAL DE ACAPULCO DE JUÁREZ, GOBIERNO  
DEL ESTADO DE GUERRERO  
EDICION RECIENTE 1994;  
IMPRESO EN ACAPULCO, GRO. (1995).
16.  
TARSICIO BERNARSO ARGUERO LICEO;  
CATÁLISIS CON RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO;  
TESIS UNAM  
CUAUTITLÁN IZCALLI, (1981)
17.  
ALBERTO CHOREÑO TAPIE Y JOSÉ MARÍA CUEVAS PÉREZ;  
INVESTIGACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BIOCIDA DOMESTICO;  
TESIS UNAM  
CUAUTITLÁN IZCALLI, (1990)



19.  
COORDINADOR LIC. RAÚL H. GONZÁLEZ VILLALVA;  
PROGRAMA DE DESARROLLO MUNICIPAL  
COMISIÓN DE TRABAJO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.  
ACAPULCO DE JUÁREZ, (1993-1996)

20.  
LUDWIG, ERNEST E.  
APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND PLANTS  
GULF PUBLISH Co.  
VOL. 1 A VOL. 3  
U.S.A. 1980.

21.  
SIGALES, B.  
DISEÑO DE RECIPIENTES DE PROCESO PARA LA INDUSTRIA  
PARTE V.  
ING.QUIMICA. 1978

## A P E N D I C E

TABLA A.1 FACTORES DE CONVERSION PARA CALCULOS DE INTERCAMBIO IONICO

CONVERSION DE	A	MULTIPLICAR POR
<b>Capacidad</b>		
Kg / pie <sup>3</sup> ( como CaCO <sub>3</sub> )	g CaO / lt.	1.280
Kg / pie <sup>3</sup> ( como CaCO <sub>3</sub> )	g CaCO <sub>3</sub> / lt.	2.290
Kg / pie <sup>3</sup> ( como CaCO <sub>3</sub> )	eq / lt.	0.046
g CaCO <sub>3</sub> / lt.	Kg / pie <sup>3</sup> ( como CaCO <sub>3</sub> )	0.436
g CaO / lt.	Kg / pie <sup>3</sup> ( como CaCO <sub>3</sub> )	0.780
g CaCO <sub>3</sub> / lt.	eq / lt.	0.020
<b>Densidad</b>		
lb / pie <sup>3</sup>	g / lt.	16.0
<b>Concentracion de regenerante</b>		
lb / pie <sup>3</sup>	g / lt.	16.0

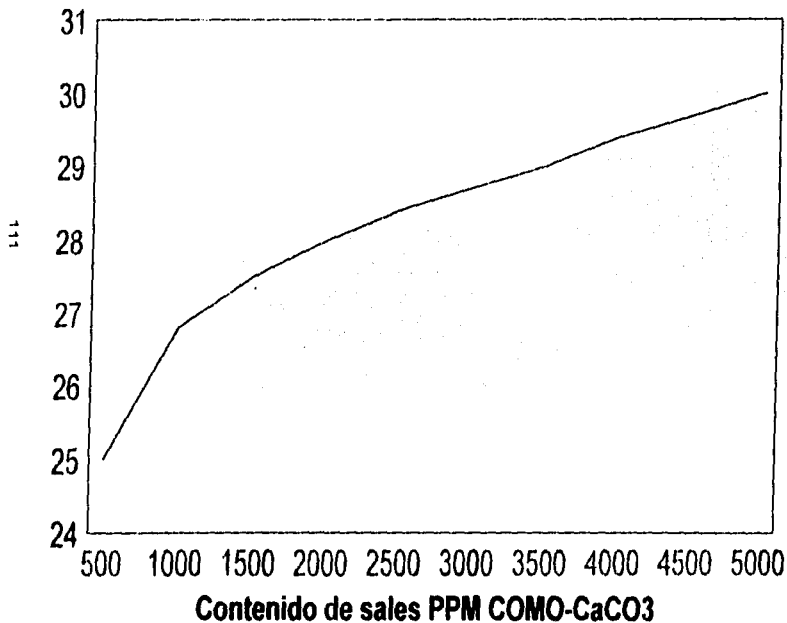
TABLA A. 2 TIEMPO DE RESIDENCIA PARA LIQUIDOS ENTRE EL NIVEL MAXIMO Y EL NIVEL MINIMO

SERVICIO	DESTINO DE LA CORRIENTE	Tr (min)
Tanque de balance	- Unidad de proceso	15 a 20
	- Torre de destilación	8 a 12
	- Tanques fuera de la planta o directamente a un tanque de alimentación para otra unidad ( flujo por gravedad )	3
	- Igual al anterior, pero el liq. es bombeado desde el tanque de balance	5
	- Horno	10
	- Reactor	25
Acumulador de Reflujo	- Reflujo	5
	- Intercambiador Termico	5
	- Horno	10
	- Torre	5 a 10
	- Almacenamiento ( Producto )	2
Fondo de la Torre	- Otra torre	5
	- Intercambiador Termico	2
	- Horno	7
Platos Chimeneas ( bandeja de acum. )	- Procesos con diferencia de presión	2
	- Igual al anterior pero con regulación de flujo	3 a 5
	- Proceso con bomba de arranque manual	3
	- Proceso con bomba de arranque automatico	1
	- Otra unidad con otro panel de control	5 a 7
Separadores de Arrastre	- Succion de compresor ( en base a la velocidad del liquido de la mayor unidad productora de liq. antes del compresor )	10 a 20
	- Tiempo de residencia adicional o de emergencia para tanque separador de arrastre entre etapas	10
Rebervidor Calderin ( Tipo Kettle )	- Los mismos que en el fondo de la torre	De 1/5 a 1/10

# Figura A.1

## Capacidad de la Amberlita IRA- 68.

Capacidad en kg como  $\text{CaCO}_3$ /pie 3.

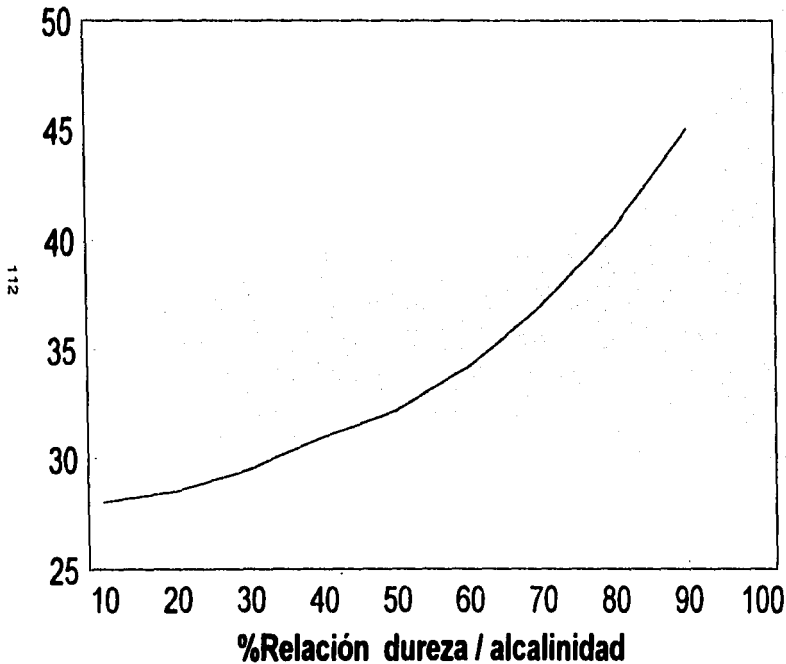


Boletín informativo distribuido por PROSAG S.A. y editado por Rohm and Haas.

Este tipo de gráfica se proporciona por el distribuidor de la resina Amberlita IRA- 68

## Figura A.2 Capacidad de la Amberlita IRC-84.

Capacidad en kg como  $\text{CaCO}_3$ /pie 3.

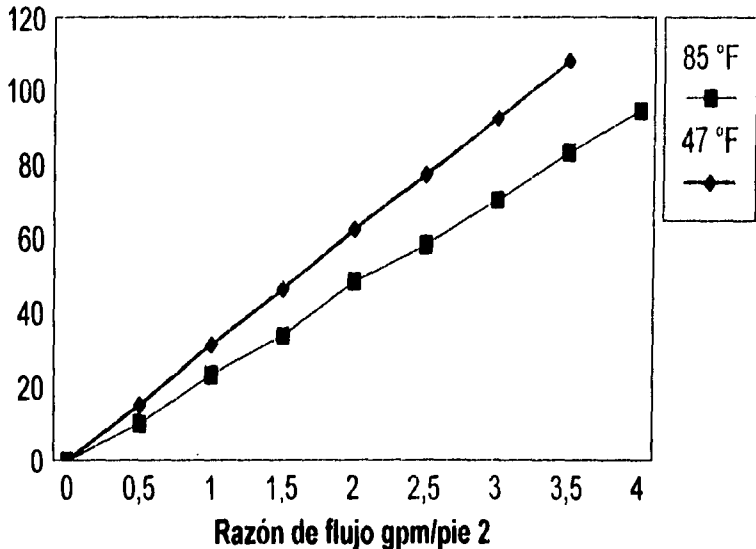


Boletín informativo distribuido por PROSAG S.A. y editado por Rohm and Haas.  
Este tipo de gráfica se proporciona por el distribuidor de la resina Amberlita IRC-84

**Figura A.3**

**Expansión hidráulica de Amberlita IRA-68 en función de la temperatura**

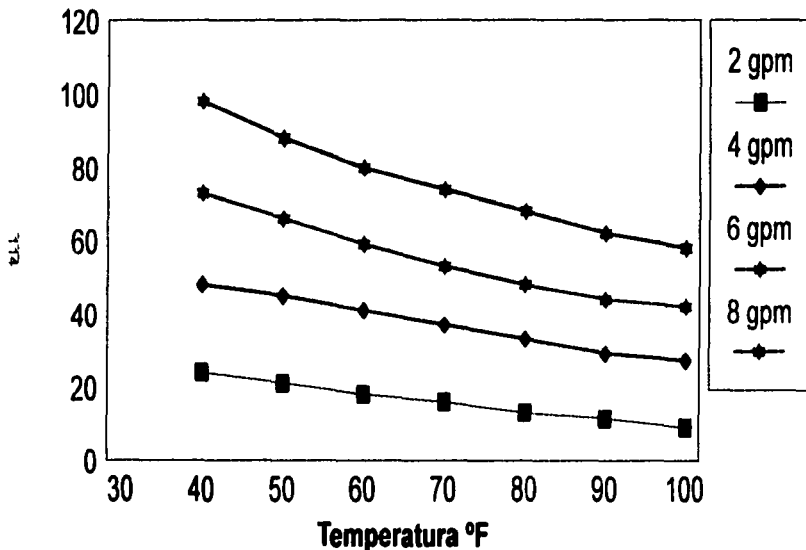
**% de Expansión**



Boletín informativo distribuido por PROSAG, S.A. y editado por Rohm and Has  
ese tipo de gráfica se proporciona por el distribuidor de la resina Amberlita

**Figura A.4**  
**Expansión hidráulica de Amberlita IRC-84**

**% De expansión hidráulica**



Boletín informativo distribuido por PROSAG, S.A. y editado por Rohm and Has  
ese tipo de gráfica se proporciona por el distribuidor de la resina Amberlita