



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CUAUTITLAN - IZCALLI

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

MARTHA MARTINEZ MARTINEZ

1 9 8 0





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 AUTONOMA DE MEXICO.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CUAUTTLAN-IZCALLI.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO QUIMICO

PRESENIA :

MARIHA MARTINEZ MARTINEZ

DIRECTOR DE TESIS : ANTONIO FELIAS MENDOZA (I.Q.)

1 9 8 0

JURADO ASIGNADO

P R E S I D E N T E	ANTONIO FRIAS MENDOZA	(I.Q.)
VOCAL	HECTOR ENRIQUE CAMPBELL R.	(I.Q.)
SECRETARIO	DAVID PAREDES HOYUELA	(I.Q.)
1er. SUPLENTE	RAMON MORALES TORRES	(I.Q.)
2° SUPLENTE	JOSE MANUEL PEÑA ROMO	(I.Q.)

I N D I C E

1.0	OBJETIVO
1.1	INTRODUCCION
2.0	GENERALIDADES
3.0	BASES PRELIMINARES PARA EFECTUAR LA SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y LA INGENIERIA BASICA DE PROCESO.
3.1	LOCALIZACION DE LA PLANTA
3.2	CAPACIDAD DE LA PLANTA
3.3	FACTOR DE SERVICIO
3.4	FLEXIBILIDAD
3.5	ANALISIS DEL AGUA CRUDA Y CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS REQUERIDAS.
3.6	SERVICIOS AUXILIARES.
3.6.1	VAPOR
3.6.2	CONDENSADO
3.6.3	ACIDO SULFURICO
3.6.4	HIDROXIDO DE AMONIO
3.6.5.	HIDROXIDO DE SODIO
4.0	DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE PROCESO
4.1	SELECCION DE ALTERNATIVAS
4.2	DESCRIPCION DEL PROCESO
4.3	DIAGRAMA DE FLUJO
4.4	CONSUMO Y ESPECIFICACIONES DE LOS REACTIVOS Y REGENERANTES.
4.5	HOJAS DE DATOS DEL EQUIPO
4.6	ANALISIS DEL AGUA CRUDA OBTENIDA EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO.
5.0	GUIA DE OPERACION
6.0	MEMORIA DE CALCULOS DEL SISTEMA PROPUESTO.
7.0	CONCLUSIONES
8.0	APENDICE
9.0	BIBLIOGRAFIA.

1.0 OBJETIVO : Selección de un sistema de tratamiento de aguas y desarrollo de su Ingeniería de proceso, para utilizar el agua del río Coatzacoalcos en una planta de ácido nítrico, localizada en Minatitlán, Ver.

1.1 INTRODUCCION

Debido a que la industria requiere de grandes volúmenes de agua para usarla en diferentes servicios como son : Generación de vapor, agua para proceso, agua de enfriamiento, usos sanitarios y servicios generales; los cuales requieren de diferentes niveles de calidad de agua, es necesario darle determinados tratamientos, los que dependen principalmente de los siguientes factores :

- a) Origen del suministro de agua cruda (ríos, lagos, lagunas, pozos, aguas subterráneas, etc.)
- b) Características del agua de suministro.
- c) Grado de purificación que se requiere.
- d) Limitaciones de los desechos de descarga.

En este trabajo se observan los pasos a seguir para la selección de un sistema de tratamiento de aguas, para su uso en una planta industrial específica, la que una vez tratada debe cumplir con :

- a) Ser suficiente para cubrir los requerimientos presentes y futuros.
- b) Ser de calidad apropiada para los usos finales.

c) Tener un bajo costo de tratamiento.

Además se puede encontrar el desarrollo de la ingeniería de proceso del sistema propuesto.

2.0 GENERALIDADES.

Cualquiera que sea la fuente de abastecimiento de agua, ésta contiene en mayor ó menor grado impurezas, siendo las más comunes las que se enlistan en la tabla 1*; así como las dificultades causadas por éstas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los múltiples experimentos hechos hasta la fecha, se puede decir de una manera general, que el tratamiento que se le da a un agua para uso industrial consta de cuatro unidades que són :

- 1.- Cloración
- 2.- Pretratamiento de clarificación.
- 3.- Remoción parcial de sólidos disueltos.
- 4.- Remoción total de sólidos disueltos.

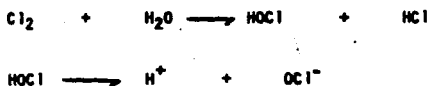
Para obtener de esta manera, las diferentes calidades requeridas para un determinado proceso.

CLORACION.- Consiste en la inyección de cloro al agua, el cual sirve como agente biocida sobre varios microorganismos, bacterias patógenas y no patógenas, algas.

También sirve para oxidar la materia orgánica y el color.

* Todas las tablas mencionadas se encuentran en el Apéndice.

El cloro en el agua se hidroliza de acuerdo a la siguiente reacción :



El cloro debe permanecer en el agua el tiempo suficiente para que el HOCl realice su acción como oxidante y desinfectante.

CLARIFICACION.- Consiste en la remoción de partículas en suspensión y partículas coloidales que pueden causar turbidez, así como la remoción de aceite.

REMOCIÓN PARCIAL DE SÓLIDOS DISUELTOS.- Consiste en la eliminación de calcio y magnesio, causantes de la dureza de aguas, que es la fuente principal de incrustaciones de equipo de intercambio de calor, calderas, tuberías, etc.

REMOCIÓN TOTAL DE SÓLIDOS DISUELTOS.- Es la remoción total de sólidos disueltos tales como cloruros, sulfatos, sodio, nitratos, que son objetables por interferencias a diferentes procesos.

En cada una de estas unidades existen métodos de tratamiento, los cuales se seleccionan de acuerdo al análisis del agua cruda, a la calidad de agua deseada y costos.

Estos métodos de tratamiento de cada unidad se pueden observar en los diagramas I y II.

En la actualidad todos estos métodos se han probado en diferentes calidades de agua, por lo que se han establecido algunos lineamientos generales para su selección; los cuales se encuentran en la tabla II.

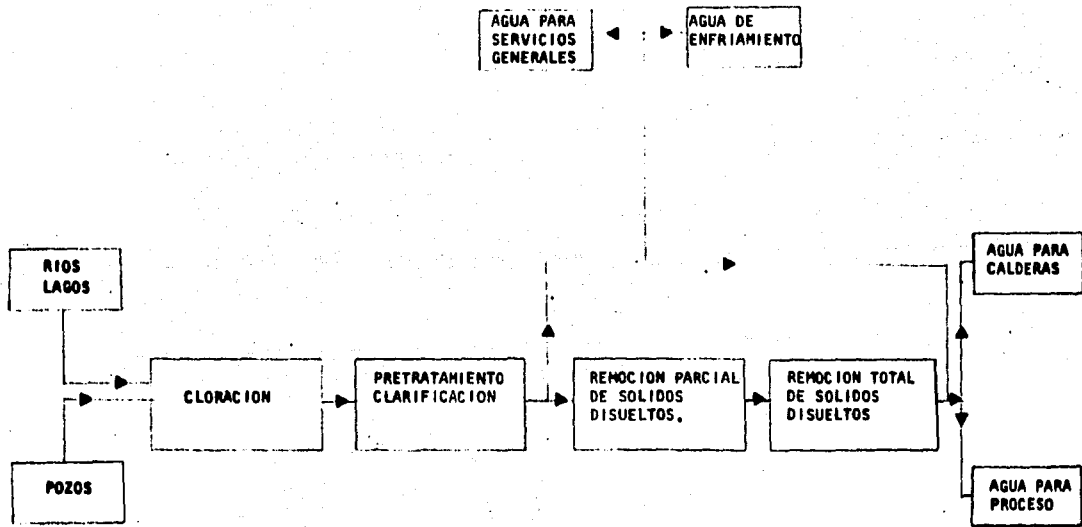
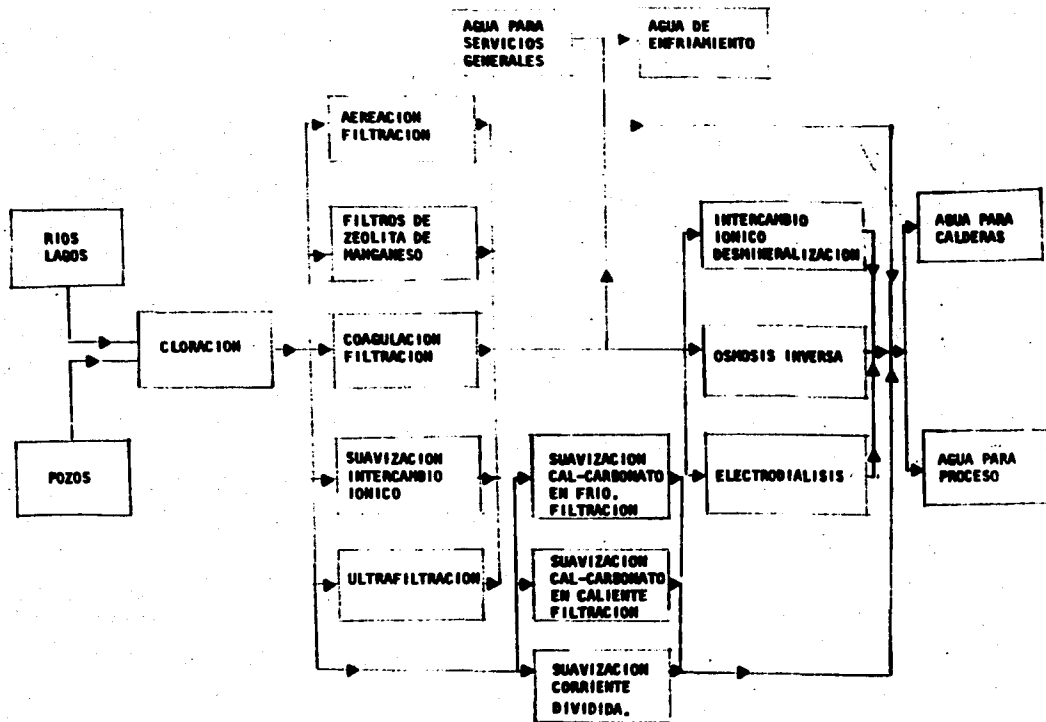


DIAGRAMA 1

UNIDADES REQUERIDAS PARA PURIFICAR UN AGUA CRUDA DE UNA PLANTA QUIMICA.



6

DIAGRAMA 11 DIFERENTES TRATAMIENTOS QUE SE PUEDEN LLEVAR A CABO DENTRO DE CADA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

COAGULACION.- La coagulación es un proceso mediante el cual las partículas que causan la turbidez y cuyo tamaño es tan pequeño que necesitarían un tiempo de sedimentación muy grande, son agrupadas en partículas mayores que precipitan.

Al agregar un agente coagulante a un agua que contenga materia suspendida y coloidal se desarrollan cambios físicos y químicos que producen sustancias gelatinosas llamadas flocúlos, los cuales se agrupan entre sí ocluyendo sólidos y formando cuerpos mayores que sedimentan.

Por lo general se usan coagulantes compuestos de sales de fierro y aluminio -- que producen iones positivos trivalentes.

El pH influye muchísimo en la formación de coágulos y depende de las características minerales del agua a tratar.

Para lograr una buena coagulación es necesario :

- a) La presencia de la mínima cantidad posible de iones positivos que formen los flocúlos.
- b) Presencia de un anión fuerte como SO_4^{2-} , Cl^- .
- c) Un buen control de pH.

CONDICIONES DE OPERACION.- Al agregar un coagulante al agua cruda se disminuye la alcalinidad de la misma y si el pH disminuye del óptimo hay que agregar también algún agente alcalinizante. Se suele añadir también alguna substancia que ayude al coagulante a que su acción sea más efectiva.

Para poder calcular en una forma más precisa la cantidad de reactivos a dosificar es necesario tomar en cuenta el cambio de análisis del agua al agregar algún coagulante.

Para la selección del equipo de coagulación, se hace en base a dos criterios :

- a) Servicio.
- b) Economía.

Para la selección de éste equipo, se puede consultar la tabla III del apéndice.

FILTRACION.- La filtración es un proceso por medio del cual se eliminan sólidos suspendidos en agua al hacerla pasar por un medio poroso. Esta operación se usa para eliminar completamente turbidez y sólidos remanentes después de procesos de coagulación.

Se puede decir que los tipos de filtros para agua tienen gran variedad, pero que normalmente se emplean como medios filtrantes partículas de arena ó de antracita.

El tamaño de las partículas del lecho filtrante se define mediante dos conceptos : El tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad.

Tamaño efectivo.- Corresponde a aquél tamaño donde el 10 % de las partículas son menores y el 90 % mayores.

Coeficiente de uniformidad.- Corresponde a la relación del tamaño donde el 60 % son menores y el 40 % mayores al tamaño efectivo.

Existen varias clases de filtros :

- | | | |
|----------------------------|---|-----------------|
| 1) Mecánicos | } | a) Por gravedad |
| | | b) A presión. |
| 2) De placas. | | |
| 3) De carbón. | | |
| 4) De tierras diatomáceas. | | |

La selección del sistema de filtración usado, abarca dos aspectos :

- 1) Selección del tipo de filtro.
- 2) Selección del medio filtrante.

Para la selección del tipo de filtro se deben tomar en cuenta los siguientes -- factores :

A) Flujo de agua a tratar.- Los gravimétricos se usan para grandes volúmenes, mientras que los de presión para medianas y pequeñas cargas. En la tabla VII del apéndice, se dan los rangos de capacidades de cada uno de los tipos de filtros comerciales.

B) Calidad del influente y el agua filtrada.- En filtros gravimétricos, regularmente se obtiene una calidad mejor y más uniforme.

C) Disponibilidad de terreno.- Los gravimétricos ocupan más espacio que los de presión.

En lo que respecta a filtros a presión verticales y horizontales, la tendencia -- actual es de usar verticales, ya que los horizontales tienen un área inactiva durante la filtración y lavado.

Otro aspecto de suma importancia es el económico.- Los filtros a presión ocupan mayores costos de operación y mantenimiento, mientras que los gravimétricos regularmente su inversión es más alta.

El material filtrante usado, abarca a su vez dos aspectos: La selección del material en sí y la selección del tamaño adecuado.

Para la selección del material, se consulta la tabla VIII del apéndice, en donde vienen los principales materiales filtrantes y su aplicación.

Una vez seleccionado el material, se puede determinar su tamaño con la ayuda de la tabla IX.

Los filtros tienen tiempo de operación útil, ya que a medida que van trabajando, los poros del medio filtrante se van taponando ó atascando con materia flotante y, una vez que el filtro ha llegado a cierto nivel de atascamiento hay que limpiarlo con una operación de retrolavado.

DETERMINACION DEL NUMERO DE CICLOS DE CONCENTRACION.

El número de ciclos de concentración necesarios para una operación óptima en una torre de enfriamiento, envuelve un análisis cuidadoso de un número de factores:

- A) Diseño total del sistema de enfriamiento.
- B) Máxima temperatura.
- C) Análisis del agua de reposición.
- D) Disponibilidad del agua.
- E) Contaminantes del medio ambiente.
- F) Tiempo de retención.
- G) Limitaciones del efluente.

La composición química del agua de reposición alimentada, determina el número de ciclos de concentración, especialmente cuando relaciona ó controla la escala.

Los constituyentes químicos que son controlados en una torre son : calcio, magnesio, bicarbonatos, carbonatos y sulfatos. Los niveles de alcalinidad son regulados por la adición de un ácido ó un álcali, para alcanzar el pH deseado en la recirculación. El calcio es controlado por los ciclos de concentración. Si un tratamiento dado establece que la máxima concentración de calcio sea de 1000 ppm por ejemplo, el número de ciclos máximo será $1000/\text{contenido de calcio en el agua de reposición}$.

DESMINERALIZACION

Para la selección de un sistema de desmineralización, se debe hacer una -- evaluación completa de la composición del agua cruda, cantidad, calidad y tipo de regenerantes usados, condiciones de operación y costos, así como la calidad del agua requerida.

Los siguientes arreglos son los más usados comercialmente :

ARREGLO I.

Resina catiónica débil + Resina aniónica débil

Este sistema es usado cuando no se requiere una reducción de sílice y cuando no se requiere eliminar dióxido de carbono, además cuando el pH no importe man tenerlo alto. El efluente puede contener hasta 5 ppm de sólidos disueltos como carbonato de calcio.

ARREGLO II.

Resina catiónica débil + Desgasificador + Resina aniónica débil.

Se usa cuando se requiere remover el dióxido de carbono existente, la resina aniónica se regenera con sosa. El agua del efluente es similar a la obtenida en el arreglo I, a excepción de que el contenido de dióxido de carbono se reduce - hasta 10 - 5 ppm y el pH es alto.

ARREGLO III.

Resina catiónica fuerte + Resina aniónica fuerte.

En este arreglo, esencialmente todos los iones son renovados, el agua tratada generalmente contiene menos de 2 ppm de sólidos disueltos como carbonato de calcio, incluyendo sílice. Aquí el contenido de dióxido de carbono puede ser -- reducido esencialmente a cero y el nivel de sílice a 0.1 ppm. Cuando el agua -- cruda tiene una alta alcalinidad, prefiere colocarse un desgasificador antes de la resina aniónica, por economía.

ARREGLO IV.

Resina catiónica fuerte + Desgasificador + Resina aniónica fuerte.

Este sistema da una calidad de agua tratada igual al arreglo III, la única diferencia es que se elimina el contenido de dióxido de carbono en un desgasificador colocado antes de la resina aniónica. Se usa éste arreglo generalmente -- cuando se tiene un agua con una gran alcalinidad y se requiere eliminar sílice.

ARREGLO V

Resina catiónica + Resina aniónica débil + Desgasificador + Resina aniónica fuerte.

Es altamente eficiente cuando se tienen grandes cantidades de iones como -- sulfatos, cloruros, etc., incluyendo sílice.

La calidad del agua es casi la misma que la obtenida en el arreglo III, pero los costos de operación son más bajos.

La sosa cáustica utilizada para regenerar la resina aniónica fuerte puede -- ser utilizada para regenerar la resina aniónica débil, de aquí que la unidad sea más económica.

ARREGLO VI

Sistema de lecho mezclado.

Este sistema es usado para aguas de baja alcalinidad ó que contengan un mínimo de sólidos disueltos, se utiliza cuando se requiere un agua muy pura. Este sistema tiene un bajo costo inicial, pero los costos de operación són muy altos.

ARREGLO VII

Resina catiónica + Desgasificador + lecho mezclado.

Se usa cuando la alcalinidad del agua cruda es alta; el desgasificador es usado para reducir la carga de bióxido de carbono y así disminuir el costo y tamaño del lecho mezclado. Este sistema es muy empleado cuando se requiere un agua muy pura sin bióxido de carbono ni sílice.

ARREGLO VIII

Resina catiónica + Desgasificador + Lecho mezclado + Resina aniónica fuerte.

Este sistema es útil cuando se tiene un agua que tiene un alto contenido de sílice, sólidos y alcalinidad.

La resina aniónica de base fuerte se utiliza como una unidad pulidora del agua.

DESAERADORES.

CONDICIONES DE OPERACION.

CAPACIDAD.- Es la cantidad de agua a desaeerarse; en general todos los tipos de desaeeradores, ofrecen en sus distintos modelos un amplio rango de capacidades.

En general se puede decir que los desaeeradores de tipo espumas, cubren un rango de 4,000 Kg/hr a 440,000 Kg/hr. y los tipos de charolas de 8,000 Kg/hr a 370,000 Kg/hr

PRESION DE VAPOR Y TEMPERATURA. Estas variables dependen de la calidad de vapor disponible para efectuar la desaeeración, en general se puede decir que dependen del proceso y del sistema de recuperación de calor, de las purgas de la caldera.

RETORNOS DEL CONDENSADO.- La cantidad de condensado es una fracción de la cantidad evaporada en la caldera; o varía, según el proceso y forma parte de la cantidad total.

Es sumamente importante la temperatura de éste, pues de ésta manera dependerá la forma de alimentación al desaeerador.

CALIDAD REQUERIDA EN EL EFLUENTE.- Todos los desaeeradores deben cumplir con la calidad establecida por el "Heat Exchange Institute"

La concentración de oxígeno en el efluente no debe exceder de 0,005 ml/lt.

CRITERIOS DE SELECCION ENTRE DESAEREADORES DE ESPREAS Y CHAROLAS.

Para tomar una decisión entre cualquiera de éstos dos equipos de desaereadores se pueden tomar en cuenta los siguientes factores.

	ESPRESAS	CHAROLAS
TAMARO	MAS PEQUEÑO	MAS GRANDE
PESO	MAS LIGERO	MAS PESADO
MATERIALES	ACERO AL CARBON	ACERO AL CARBON, LAS CHAROLAS DE ACERO -- INOXIDABLE.
SOBRECARGA	GRAN MARGEN	PEQUEÑO MARGEN
ΔP H ₂ O	3 - 5 PSI	1 - 2 PSI
ΔP VAPOR	1/10 a 1 PSI	1/10 PSI.
INCRUSTACIONES	ACEPTABLE	MEMOS ACEPTABLE
COSTO	MAS BARATO	APROX. 50 % MAS CARO.

a) Desde el punto de vista de eliminación de oxígeno, tanto el desaereador de espresas como el de charolas llenan una garantía en el efluente de 0.005 ml/lt.

b) Desde el punto de vista de operación y balance térmico, el de espresas utiliza cierta caída de presión para crear la energía y alta velocidad de atomización necesaria.

Desde luego esta caída de presión necesaria en el de espresas resulta en una temperatura menor en el agua desaereada para la misma alimentación de vapor, compa

redo con un sistema de charolas. Por lo tanto si hay una caída de presión de -- aproximadamente 1 libra a través del atomizador, la reducción ó diferencia en temperatura entre el agua procedente de un sistema de charolas y uno de espreas, -- serán 2 ó 3 °F, por lo tanto un sistema de charolas tiene una ventaja termodinámica definitiva en la operación en contra del de espreas, debido a que prácticamente no hay caída de presión.

Desde el punto de vista de un balance térmico, ya que hay menos pérdida de temperatura en un sistema de charolas, esto reporta directamente un ahorro de combustible al determinar la temperatura de agua de alimentación. Se considera que se recupera 1% de combustible por cada 11 °F, y los porcentos intermedios pueden estimarse en una relación directa.

c) Los fabricantes recomiendan una ΔT = temperatura de salida del agua -- menos temperatura de entrada del agua de 50 °F mínimo para desaeradores de charolas, si hay menos hay que usar el tipo de espreas.

DESAERACION DEL AGUA FRIA AL VACIO'.

Puesto que la solubilidad del oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono son cero al punto de ebullición del agua, el agua fría puede desaerarse si se reduce la -- presión hasta que hierva. Esto se lleva a efecto pasándola a través de un desaerador al vacío. No es económica la desaeración completa, aún cuando es posible.

**3. BASES PRELIMINARES PARA EFECTUAR LA SELECCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO Y
LA INGENIERIA BASICA DE PROCESO.**

3.1 LOCALIZACION DE LA PLANTA : MINATITLAN, VER.

3.2 CAPACIDAD DE LA PLANTA :

La planta opera para una capacidad de 154 GPM, de agua tratada, de las cuales :

126.5 GPM como agua de enfriamiento

17.7 GPM como agua para proceso

4.4 GPM como agua para calderas

5.4 GPM como agua para servicios generales.

Además la planta debe tener una reserva de agua cruda para utilizarla como agua contra incendio.

3.3 FACTOR DE SERVICIO:

0.82 (300 días operando al año)

3.4 FLEXIBILIDAD

La planta no seguirá operando cuando exista falla de energía eléctrica, o no exista la regeneración del lecho filtrante ó resinas.

No se prevén futuras expansiones.

3.5 ANALISIS DEL AGUA CRUDA Y CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS , REQUERIDAS.

COMPONENTE	ANALISIS DE AGUA CRUDA	AGUA PARA CALDERAS	AGUA DE ENFRIAMIENTO	AGUA PARA PROCESO	AGUA PARA USOS GENERALES
	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃
CALCIO	19.00			0 - 1	
MAGNESIO	30.00			0 - 1	
DUREZA TOTAL	49.00	0 - 2		0 - 1	
SODIO	576.28			200.00	
TOTAL DE CATIONES	625.28				
CLORUROS	42.00		100 - 300	100 - 300	Menos de 100,0
SULFATOS	500.00		Menos de 600,0		
NITRATOS	3.28	10 - 20	10 - 20	10 - 20	10 - 20
ACIDEZ MINERAL	545.28				
BICARBONATOS	80.00				
TOTAL DE ANIONES	625.28				
pH	7.9	7.0 - 8.0	6.0 - 7.0	6.0 - 7.0	6.0 - 7.0
BIOXIDO DE CARBONO LIBRE mg/lt. CO ₂	1.73	2.0 - 3.0			

C O N T I N U A C I O N

ANALISIS DEL AGUA CRUDA Y CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS, REQUERIDAS.

COMPONENTE	ANALISIS DE AGUA CRUDA	AGUA PARA CALDERAS	AGUA DE ENFRIAMIENTO	AGUA PARA PROCESO	AGUA PARA USOS GENERALES
	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃	ppm CaCO ₃
SOLIDOS TOTALES mg/lit.	516.00	3,500.0			
SOLIDOS DISUELTOS mg/lit.	28.00				
SOLIDOS SUSPENDIDOS mg/lit.	488.00	300.00			
TURBIDEZ (UTJ)	100.00	Menos de 5.0	Menos de 5.0	Menos de 5.0	Menos de 5.0
COLOR Unid. Pt-Co.	22.00	Menos de 10.0	Menos de 10.0	Menos de 10.0	Menos de 20.0
ACEITES Y GRASAS mg/lit.	40.00	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0	0.5 - 1.0
OXIGENO DISUELTO mg/lit. O ₂	8.80	Menos de 0.005			
TEMPERATURA °F	77.00	77.0	77.0	77.0	77.0

3.6 SERVICIOS AUXILIARES

3.6.1 VAPOR

No se generará dentro de los límites de batería, será proporcionado por la planta de ácido nítrico.

VAPOR REQUERIDO:

Presión : 199 Lb/in²
Temperatura : 382 °F
Consumo : Filtro FD-101 ó FD - 101A : 10.75 lb/min durante 60 min.
para precalentar la solución de sosa al 10 %, cada vez que se requiera regenerar el filtro, también sirve para agitar la solución

Presión : 50 lb/in²
Temperatura : 280 °F
Consumo : DESAERADOR : 2.14 Lb/min

RETORNO DE CONDENSADO:

Se cuenta con un sólo nivel de condensado dentro del límite de baterías, y éste es proporcionado por la planta de ácido nítrico, bajo las siguientes condiciones :

Presión : 21 Lb/in²
Temperatura : 150 °F

El condensado es retornado al desaerador de espesas, junto con el agua de reposición.

3.6.3 ACIDO SULFURICO.

Se requiere de solución de ácido sulfúrico al 2 % de concentración, a temperatura ambiente.

CONSUMO : 103.54 ft³ / regeneración.

Se harán tres regeneraciones por día, de la resina catiónica ciclo hidrógeno.

3.6.4 HIDROXIDO DE AMONIO

Se requiere de solución de hidróxido de amonio al 4 % de concentración, a temperatura ambiente.

CONSUMO : 7.39 ft³ / regeneración.

Se hará una regeneración por día, de la resina aniónica de base débil IRA-45.

3.6.5 HIDROXIDO DE SODIO

Se requiere de solución de hidróxido de sodio al 10 % de concentración, a temperatura ambiente.

CONSUMO : 219.5 ft³ / retrolavado.

Se harán los retrolavados necesarios, cada vez que exista una caída de presión de 5 Psia en los filtros.

4.0 DESARROLLO DE LA INGENIERIA DE PROCESO.

4.1 SELECCION DE ALTERNATIVAS.

Las alternativas viables para ésto tratamiento són :

1a. ALTERNATIVA :

COLORACION + COAGULACION + FILTRACION + OSMOSIS INVERSA + DESAERACION

2a. ALTERNATIVA :

COLORACION + COAGULACION + FILTRACION + ELECTRODIALISIS + DESAERACION

3a. ALTERNATIVA :

COLORACION + COAGULACION + FILTRACION + DESMINERALIZACION + DESAERACION

Se observa que con las alternativas propuestas, primero se oxida la materia orgánica con el cloro, además se flocula el aceite y partículas coloidales del agua que posteriormente se eliminan con una filtración. Con ésta parte del tratamiento se obtiene agua de enfriamiento y para servicios generales.

Para obtener agua para proceso y para calderas, se puede hacer uso de cualquiera de los tratamientos, ya que cumplen con obtener un agua libre en su totalidad de sólidos disueltos.

A) Una ósmosis inversa, con la cual se eliminan de un 90 a un 99 % de los sólidos disueltos, por medio de una presión suficiente a través de una membrana semipermeable.

B) Una electrodiálisis, que se basa en el paso de una corriente eléctrica a través de una celda, y con la cual se elimina casi en su totalidad los sólidos disueltos.

C) Una desmineralización, que consiste en el intercambio iónico entre los iones del agua y los iones de la resina, aquí se pueden seleccionar diversos arreglos, dependiendo de la calidad del influente y de la calidad requerida del efluente.

Por lo tanto, como los tres tratamientos propuestos cumplen con las calidades requeridas, se selecciona la alternativa de acuerdo al costo total de tratamiento, resultando ser más económica una desmineralización, ya que la cantidad de agua a tratar es muy pequeña.

Por lo que se selecciona para su desarrollo la 3a. alternativa.

4.2 DESCRIPCION DEL PROCESO.

En esta planta, el tratamiento de aguas se utiliza para obtener diversas calidades de agua como s3n : Agua para servicios generales, agua de enfriamiento, agua para proceso, agua para calderas y agua contra incendio para una planta de ácido nfrtrico.

El agua cruda proveniente del l3mite de baterfas, a trav3s de ductos, se almacena en el tanque atmosf3rico FB-101, con capacidad de 6 hrs. de consumo.

De 3ste tanque se envfan 154 GPM a un tanque clarificador[#], por medio de la bomba GA-101, pero previamente a la salida del tanque, se le inyectan 5 ppm/min de cloro (1) (provenientes del FA-101, que es un cilindro con cloro gaseoso), al agua.

Una vez que el agua llega al clarificador, se le agrega manualmente sulfato de -- aluminio, el cual precipita algunos de los minerales disueltos en el agua, as3 como la materia en suspensi3n y aceite; adem3s existe la disminuci3n de color y turbidez.

El agua que sale del clarificador, se manda por medio de la bomba GA-102 a una ba terfa de filtros, a una velocidad de filtraci3n de 2.5 GPM/ft². Los filtros operan a una presi3n de 72 Psia. Los filtros usan como medio filtrante una cama de Antrafilth que consiste de dos capas, una de las cuales es arena y la otra antracita.

Cabe mencionar, que uno de los filtros s3lo opera al 100 %, mientras el otro se - regenera. (FD-101-A)

Posteriormente el agua se pasa con la misma velocidad de filtraci3n a un fil tro con carb3n activador[#] FD-102, que opera a una presi3n de 72 Psia. En 3ste filtro - se remueve el posible exceso de cloro y disminuye el color. De aqu3 ya se obtiene un agua clara, libre de s3lidos suspendidos, turbidez, color y materia org3nica, por lo - que 5.40 GPM se utilizan para diversos servicios de lavado fuera del l3mite de baterfas.

126.5 GPM, antes de ser mandados fuera del límite de baterías como agua de enfriamiento, se cloran nuevamente, con cloro proveniente del FA-102, además se le inyecta un inhibidor a la corrosión manualmente, ya que existe un aumento de temperatura y por lo tanto una mayor difusión del oxígeno disuelto.

Los 22.1 GPM restantes, se mandan a una batería desmineralizadora que consta de: dos tanques con resina catiónica ciclo hidrógeno TA-101/A, de los cuales uno trabaja al 100 %, mientras el otro se regenera.

Dos tanques con resina aniónica de base débil TA-102/A, conectados en serie, -- operando al 100 %. Estos tanques a la vez se conectan con otros dos tanques iguales TA-103/A en paralelo, de tal manera que cuando se requiera regenerar un sistema de dos tanques con resina aniónica de base débil, los otros tanques operen al 100 %.

Este sistema de tanques con resina, opera a una presión de 72 Psfa cada uno.

El agua que sale del sistema desmineralizador, se divide de la siguiente manera:

17.7 GPM como agua para proceso, la cual tiene un $\text{pH}=6.3$ y se manda fuera del límite de baterías.

4.4 GPM como agua para calderas. Para poder utilizar ésta agua, debe primero -- eliminarse la cantidad de dióxido de carbono producido en la resina catiónica; por lo que el agua se pasa a través de un desaerador de espumas, que tiene un tanque de almacenamiento de 360 Gal; aquí también se reduce la cantidad de oxígeno disuelto.

Se le inyecta al desaerador 2.14 lb/min de vapor de 50 lb/in² y una temperatura de 280 °F, el cual se obtiene al pasar el vapor que manda la planta de ácido nítrico a través de una válvula.

Después de haber utilizado el agua en las calderas, se retornan 28.53 GPM de condensados a una temperatura de 150 °F y 21 lb/in².

Del desaerador se mandan 32.93 GPM de agua a las calderas, a una temperatura de 260 °F y 30 lb/in².

Los 4.4 GPM inyectados al desaerador, es el agua de reposición, debido al 13.6% de pérdidas existentes por evaporación y purgas en las calderas.

El agua de reposición entra al desaerador a una temperatura de 77 °F.

(1) todos los datos y tiempos de residencia son recomendados y se encuentran en la literatura que se menciona al final de éste trabajo.

* El filtro de carbón activado tiene una duración de aproximadamente un año, por lo que no es conveniente poner otro como relevo y sólo se debe tener cuidado de regenerarlo cuando exista un mantenimiento general a la planta cada año.

Clarificador CD-101.

FALLA DE ORIGEN

SERVICIOS DE MICROFILMIA

4.4 CONSUMO Y ESPECIFICACION DE REACTIVOS Y REGENERANTES.

EQUIPO	REACTIVO	CONSUMO	ESPECIFICACION
Tubería de descarga del FB-101	Cloro	5 ppm/min	Cloro gaseoso, proveniente del FA-101.
CD-101	Sulfato de Aluminio	2.02 Kgs/ 90 min.	Polvo con 17% de Al_2O_3 , además -- contiene 18 moléculas de agua. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$.
FD-101 ó FD-101A	Agua	1,432 Gal/ lavado.	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
	Solución de sosa al 10 %	1,642 Gal/ Retrolavado	Solución de sosa a temperatura -- ambiente, debe calentarse hasta - 122 °F dentro del filtro.
	Agua	954.5 Gal/ enjuague	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
FD-102	Agua	1,145 Gal/ lavado	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
	Agua	3,817 Gal/ Retrolavado	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
Tubería de descarga de agua de enfriamiento fuera de límite de baterías.	Cloro	5 ppm durante una hora, cada ocho horas.	Cloro gaseoso, proveniente del FA-102.

C O N T I N U A C I O N .

EQUIPO	REACTIVO	CONSUMO	ESPECIFICACION
Iden.	Inhibidor "AQUA-MEX"	1.44 Kgs/48 hrs. y 4.74 y posterior mente 4.74 lbs/día	Mezcla sinérgica de orgánicos e inorgánicos. (2)
TD-101 ó TD-101R	Agua	636.3 Gal/ lavado	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
	Solución de Acido Sulfú rico al 2 % de concen- tración.	774.72 Gal/ Regeneración	Se utilizará ácido sulfúrico de -- 66 °Bé para preparar la solución.
	Agua	1,096 Gal/ Enjuague	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
TA-102,A ó TA-103,A	Agua	212.1 Gal/ Lavado	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)
	Solución de hidróxido de amoníaco al 4% de concen- tración.	55.27 Gal/ regeneración	Solución : 129.1 lbs de hidróxido de amoníaco con 322.75 lbs de agua, libre de materia orgánica y sólidos.
	Agua	2,582 Gal/ Enjuague	Agua libre de materia orgánica y sólidos en suspensión. (1)

(1) Agua proveniente de la planta de ácido nítrico, y es agua tratada para utilizarse en diversos servicios de lavado ó usos generales.

(2) Para mayores datos de especificaciones, como propiedades ó modo de usarse remitirse al apéndice.

PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 1

CLAVE : FB - 101

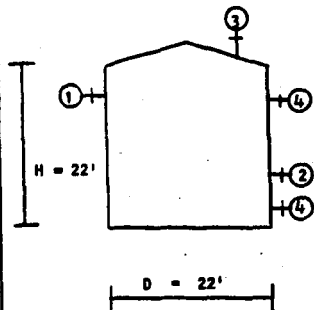
RECIPIENTES
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : ALMACENAMIENTO DE AGUA CRUDA Y DISTRIBUCION AL PROCESO.
TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : AGUA DE RIO. POSICION DEL TANQUE : HORIZONTAL.
FLUJO DE ENTRADA : NORMAL : 154 GPH ; MAXIMO : 168 GPH
FLUJO DE SALIDA : NORMAL : 154 GPH ; MAXIMO : 168 GPH
TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C.
PRESION : OPERACION : 14,7 lb/in² ; DISEÑO : 14,7 lb/in²
CAPACIDAD : 55,049. GAL
NIVEL : NORMAL : ---- ; MAXIMO : 19,5 ft. ; MINIMO : 0,5 ft.
CASCARON : CILINDRO CON FONDO PLANO ; TIPO DE TAPAS : DOS AGUAS.
MATERIALES DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO AL CARBON ; TAPAS: A.C.
RECUBRIMIENTO INTERNO : NO ; AISLAMIENTO : NO.

BOQUILLAS

No. No.req. Dto.nominal, Servicio

1	1	3,5'	Entrada de agua
2	1	3,5'	Salida de agua
3	1	1,0'	Venteo
4	2	2,0'	Vidrio de nivel.



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 1

CLAVE : CD-101

CLARIFICADOR
(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : ELIMINAR COLOR, TURBIDEZ Y SOLIDOS SUSPENDIDOS DEL AGUA CON LA AYUDA DE UN COAGULANTE.

COAGULANTE EMPLEADO : SULFATO DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)

POSICION DEL CLARIFICADOR : HORIZONTAL

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : AGUA CRUDA

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C

PRESION : OPERACION : 14.7 lb/in² ; DISEÑO : 14.7 lb/in²

FLUJO DE AGUA AL CLARIFICADOR : NORMAL : 154 GPM ; MAXIMA = 168 GPM

TIEMPO DE RESIDENCIA : 90 MIN. CAPACIDAD DEL CLARIFICADOR : 13,860 GAL.

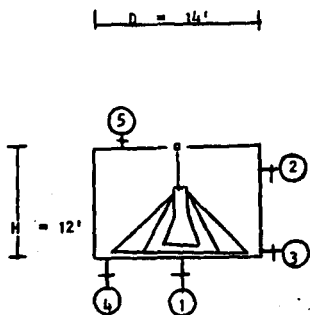
FLUJO DE AGUA DE RECIRCULACION : NORMAL : 15 GPM ; MAXIMA : 24 GPM

PRESION DE RECIRCULACION : 15 lb/in²

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO : AGITADOR OPERADO CON AGUA DE RECIRCULACION.

BOQUILLAS

No.	No.req.	Dto.nominal	Servicio
1	1	3.5"	Entrada de agua
2	1	3.5"	Salida de agua
3	1	1.0'	Entrada de agua de recirculación
4	1	1.0'	Drenaje
5	1	18.0'	Entrada de hombre.



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : UNA

CLAVE : FD-102

F I L T R O S

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : REDUCCION DE COLOR, OXIDACION DE MATERIA ORGANICA Y ELIMINACION DE EXCESO DE CLORO.

POSICION : VERTICAL TIPO DE FILTRO : A PRESION

FLUJO : NORMAL : 154 GPM MAXIMO : 154 GPM

TIPO DE FLUIDO : AGUA PROVENIENTE DE UNO DE LOS FILTROS CON ANTRACITA

VELOCIDAD DE FILTRACION : 4 GPM/ft²

AREA DE FILTRACION : 63.62 ft²

PRESION : OPERACION : 72 lb/in²; DISEÑO : 80 lb/in²

VOLUMEN : 147.5 ft³ , 1,102.5 GAL.

TIPO DE TANQUE : CILINDRICO TIPO DE TAPAS : TORIESFERICAS.

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO AL CARBON

TAPAS : ACERO AL CARBON

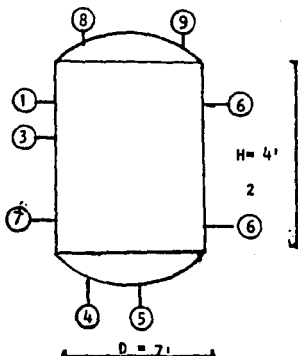
RECUBRIMIENTO INTERNO : NO

CARACTERISTICAS : EL FILTRO CUENTA CON TODAS LAS CONEXIONES NECESARIAS PARA SU REGENERACION.

MEDIO FILTRANTE	ESPESOR	TAMAÑO EFECTIVO	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
ARENA	4"	0.25 - 0.125"	1.75
CARBON ACTIVADO	30"	0.014 - 0.019in	1.50

BOQUILLAS

No.	No.req.	Dto.nominal.	Servicio
1	1	3.0'	Entrada de agua
2	1	3.0'	Salida de agua
3	1	5.5"	Entrada de agua de lavado y retro lavado del filtro
4	1	1.0'	Drenaje
5	1	6.0'	Vaciado
6	2	2.0'	Vidrio de nivel
7	1	18.0'	Entrada de hombre
8	1	6.0'	Agujero de mano
9	1	2.0'	Venteo



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 1

CLAVE : FB - 102

RECIPIENTES

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : ALMACENAMIENTO DE SOLUCION DE SOSA AL 10 % PARA RETROLAVAR EL FILTRO FD-101 ó FD-101A.

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : SOLUCION DE SOSA AL 10 %.

FLUJO : NORMAL : 27 GPM

CAPACIDAD : 5,665 GAL.

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C. ; DISEÑO : 25 °C

PRESION : OPERACION : 14.7 lb/in² ; DISEÑO : 14.7 lb/in²

NIVEL : NORMAL : - - - ; MAXIMO : 8 ft. ; MINIMO : 1.5 ft

TIPO DE CASCARON : CILINDRO CON FONDO PLANO

TIPO DE TAPAS : DOS AGUAS

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO INOXIDABLE - 304

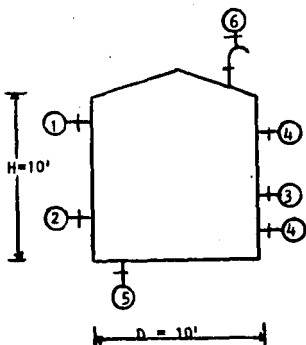
TAPAS : ACERO INOXIDABLE - 304

AISLAMIENTO : NO

RECUBRIMIENTO INTERNO : NO

BOQUILLAS

No.	No.req.	Dto.nominal.	Servicio
1	1	6"	Entrada de sol. sosa al 10 %
2	1	2"	Conexión de servicio.
3	1	6"	Salida de sol. sosa al 10%.
4	2	2"	Vidrio de nivel
5	1	1"	Drenaje
6	1	3/4"	Venteo y cuello de ganso.



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 2

CLAVE : FD-101-101A/R

F I L T R O S

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO: ELIMINAR FLOCULOS DE ACEITE Y MATERIA EN SUSPENSION

TIPO DE FLUIDO : AGUA PROVENIENTE DEL CLARIFICADOR CD-101

POSICION : VERTICAL. TIPO DE FILTRO: A PRESION

FLUJO : NORMAL : 154 GPM ; MAXIMO : 154 GPM

VELOCIDAD DE FILTRACION : 2.5 GPM/ft²

AREA DEL FILTRO : 63.62 ft²

PRESION : OPERACION : 72 PSIA ; DISEÑO : 80 PSIA.

VOLUMEN : 254.5 ft³ = 1,903 GAL

TIPO DE TANQUE: CILINDRICO

TIPO DE TAPAS : TORIESFERICAS.

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO AL CARBON

TAPAS : ACERO AL CARBON

RECUBRIMIENTO : SI TIPO DE RECUBRIMIENTO : NEOPRENO.

CARACTERISTICAS: EL FILTRO CUENTA CON TODAS LAS CONEXIONES NECESARIAS PARA SU

REGENERACION DEL MEDIO FILTRANTE.

MEDIO FILTRANTE

ESPESOR

TAMAÑO EFECTIVO

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

ARENA

12"

0.45 - 0.50mm

1.75 Máxima.

ANTRACITA No. 1

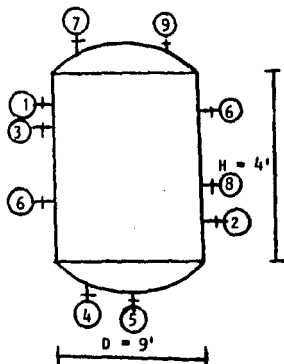
18"

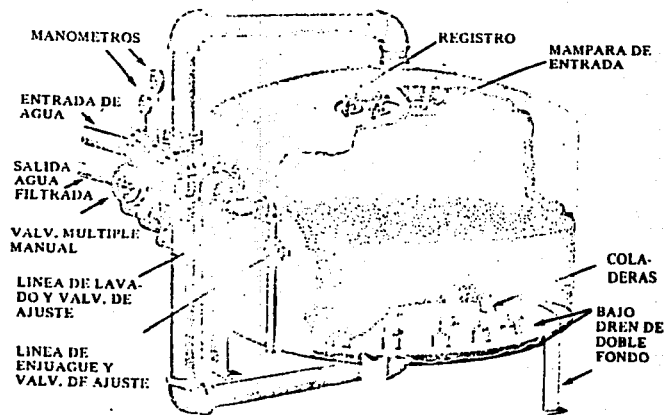
0.60 - 0.80mm

1.75

BOQUILLAS

No.	req.	Dto.nominal.	Servicio
1	1	3.0'	Entrada de agua - cruda de proceso
2	1	3.0'	Salida de agua de proceso
3	1	6.0'	Entrada de agua de lavado, enjuague y solución de sosa.
4	1	1.0'	Drenaje
5	1	6.0'	Vaciado
6	2	2.0'	Vidrio de nivel
7	1	18.0'	Entrada de hombre
8	1	6.0'	Agujero de mano.
9	1	2.0'	Ventoe





Filtro con válvula múltiple manual, mostrando internos.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO

LOCALIZACION : HINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 2

CLAVE : TD - 101-A

RECIPIENTES

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

**SERVICIO : TANQUE CON RESINA CATIONICA, PARA DESCATIONIZAR EL AGUA PARA PRO-
CESO Y PARA CALDERAS.**

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : AGUA CLARA

FLUJO : NORMAL : 22.1 GPM

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C

PRESION : OPERACION : 72 lb/in²; DISEÑO : 80 lb/in²

CAPACIDAD :

TIPO DE TANQUE : CILINDRICO ; TAPAS : TORIESFERICAS

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON: ACERO AL CARBON

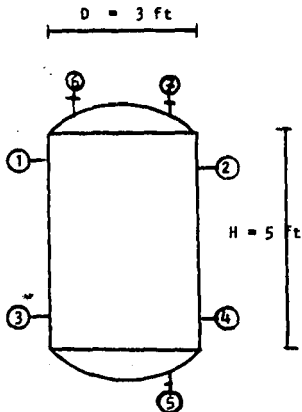
TAPAS : ACERO AL CARBON

RECUBRIMIENTO INTERNO : SI

TIPO DE RECUBRIMIENTO : NEOPRENO

BOQUILLAS

No.	No. req.	Dto. nominal	Servicio
1	1	1.5"	Entrada de agua
2	1	2.25"	Entrada de ácido sulfúrico al 2% y agua para lavado, y enjuague
3	1	2.25"	Salida de ácido sulfúrico al 2% y agua para lavado y enjuague
4	1	5.0"	Salida de resina
5	1	1.0"	Drenaje
6	1	18.0"	Entrada de hombro
7	1	3/4"	Ventoe



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 1

CLAVE : FB - 103

RECIPIENTES

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : ALMACENAMIENTO DE ACIDO SULFURICO AL 2 % DE CONCENTRACION, PARA
REGENERAR LAS RESINAS CATIONICAS CICLO HIDROGENO.

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : SOLUCION DE ACIDO SULFURICO AL 2 %

FLUJO : 18.26 GPM

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C.

PRESION : OPERACION : 14.7 lb/in² ; DISEÑO : 14.7 lb/in²

NIVEL : NORMAL : ---- ; MAXIMO : 7.0 ft. ; MINIMO : 1 ft.

TIPO DE CASCARON : CILINDRO CON FONDO PLANO. TIPO DE TAPAS : PLANAS

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO INOXIDABLE - 304

TAPAS : ACERO INOXIDABLE - 304

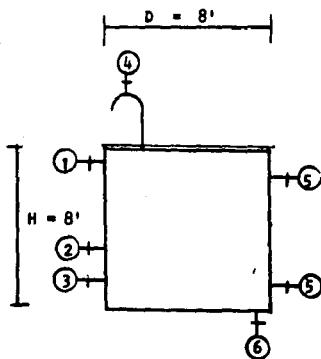
RECUBRIMIENTO INTERNO : SI

TIPO DE RECUBRIMIENTO : HULE TRIFLEX.

CAPACIDAD DEL TANQUE : 2,325 GAL.

BOQUILLAS

No.	No.req.	Dto.nominal.	Servicio
1	1	1.5"	Entrada de ácido
2	1	2.0"	Conexión de servicio.
3	1	1.5"	Salida de ácido
4	1	3/4"	Venteo y cuello de ganso
5	2	2.0"	Vidrio de nivel.
6	1	1.0"	Drenaje.



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 4

CLAVE : TD - 102 - A ; 103 - A

RECIPIENTES

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : TANQUE CON RESINA ANIONICA DE BASE DEBIL, PARA DES-IONIZAR EL AGUA

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : AGUA DESCATIONIZADA

FLUJO : NORMAL : 22,10 GPM

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C

PRESION : OPERACION : 72 PSIA DISEÑO : 80 PSIA.

CAPACIDAD : 291 GAL.

TIPO DE TANQUE : CILINDRICO TAPAS : TORIESFERICAS.

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO AL CARBON

TAPAS : ACERO AL CARBON

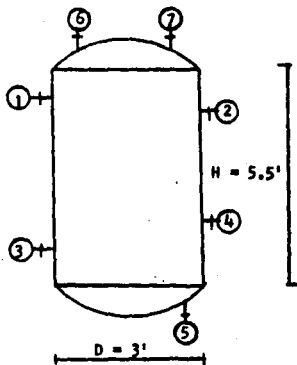
RECUBRIMIENTO INTERNO : SI

TIPO DE RECUBRIMIENTO : NEOPRENO.

BOQUILLAS

No. No.req. Dto.nominal Servicio

1	1	1,5"	Entrada de agua
2	1	2,25"	Entrada de NH ₄ OH y agua.
3	1	2,25"	Salida de NH ₄ OH y agua
4	1	5,0"	Salida de resina
5	1	1,0"	Drenaje
6	1	18,0"	Entrada de hombre
7	1	3/4"	Venteo



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO.

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : 1

CLAVE : FB - 104.

RECIPIENTES

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : ALMACENAMIENTO DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 % PARA REGENERAR LA RESINA ANIONICA DE BASE DEBIL

TIPO DE FLUIDO : LIQUIDO : SOLUCION DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 %

FLUJO : NORMAL : 21.5 GPM

CAPACIDAD : 159 GALONES.

TEMPERATURA : OPERACION : 25 °C ; DISEÑO : 25 °C

PRESION : OPERACION : 14.7 lb/in² DISEÑO : 14.7 lb/in²

NIVEL : NORMAL - - - ; MAXIMO : 2.6 ft. ; MINIMO : 1.5 ft.

TIPO DE CASCARON : CILINDRO CON FONDO PLANO

TIPO DE TAPAS : DOS AGUAS

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO INOXIDABLE - 304

TAPAS : ACERO INOXIDABLE - 304

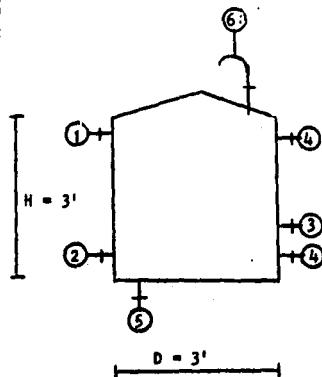
AISLAMIENTO : NO

RECUBRIMIENTO INTERNO : NO.

BOQUILLAS

No. No, req. Dto, nominal. Servicio

1	1	1.5'	Entrada de solución de hidróxido de amonio.
2	1	2.0'	Conexión de servicio.
3	1	1.5'	Salida de solución de hidróxido de amonio.
4	2	2.0'	Vidrio de nivel.
5	1	1.0'	Drenaje.
6	1	3/4"	Ventoe y cuello de ganso.



PLANTA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS PARA UNA PLANTA DE ACIDO NITRICO

LOCALIZACION : MINATITLAN, VER.

No. DE UNIDADES : UNA

CLAVE : DA - 101

DESAERADOR

(HOJA DE DATOS DE PROCESO)

SERVICIO : DISMINUIR EL CONTENIDO DE BIXIDO DE CARBONO Y OXIGENO EN LOS CONDEN
SADOS Y EN EL AGUA DE REPOSICION DEL DESAERADOR, ASI COMO PRECALEN
TAR EL AGUA PARA CALDERAS.

FLUJO DE ENTRADA AL DESAERADOR : 32.93 GPM

TEMPERATURA DE ENTRADA AL DESAERADOR : 140 °F

PRESION DE ENTRADA AL DESAERADOR : 21.0 lb /in².

FLUJO DE ENTRADA DE VAPOR : 2.14 lb/min.

PRESION DE ENTRADA AL DESAERADOR DEL VAPOR : 50 lb/in²

TEMPERATURA DE ENTRADA DE VAPOR AL DESAERADOR : 280 °F

FLUJO DE SALIDA DEL AGUA PARA CALDERAS : 32.93 GPM

TEMPERATURA DE SALIDA : 260 °F

CAPACIDAD DEL DESAERADOR : 3,000 lbs; 360 GAL.

ANALISIS DEL INFLUENTE:

CO₂ ----- 187.0 ppm CO₂

O₂ ----- 8.8 ppm O₂

ANALISIS OBTENIDO DEL EFLUENTE

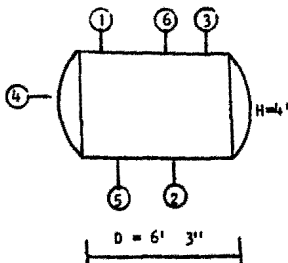
CO₂ ----- 1.94 ppm CO₂

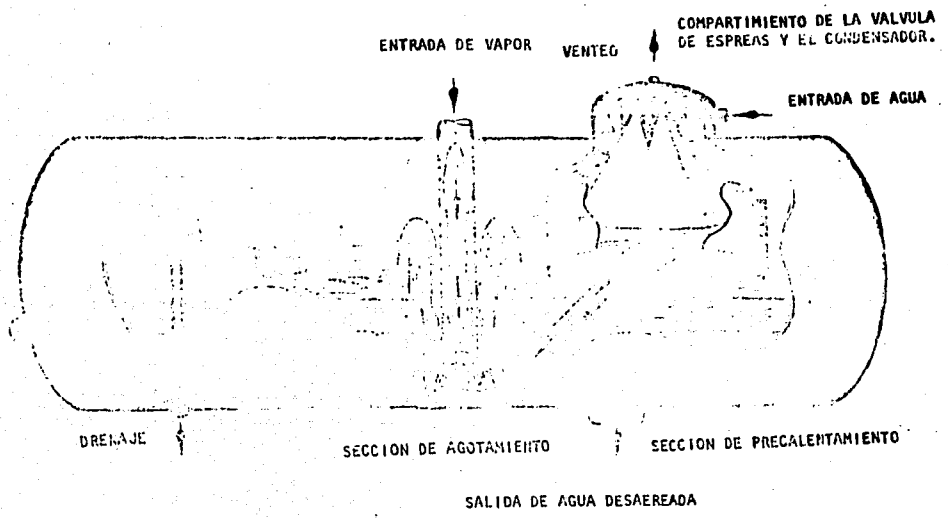
O₂ ----- 0.005 mg/lit O₂

CARACTERISTICAS DEL DESAERADOR: PROVISTO DE UN ATOMIZADOR , CONDENSADOR INTERNO
VENTEO Y DUCTOS PARA MANTENER EN CONTACTO EL VAPOR CON EL AGUA A DESAEREAR.

BOQUILLAS

No.	No.req.	Dto.nominal.	Servicio
1	1	6.0"	Entrada de vapor
2	1	1.5"	Agua desaeurada a calderas.
3	1	2.0"	Entrada de condensados y agua de re posición al desae reador.
4	1	18.0"	Entrada de hombre
5	1	2.0"	Drenaje
6	1	2.0"	Venteo





4.6 ANALISIS DEL AGUA OBTENIDO EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO

ELEMENTO	AGUA CRUDA ppm CaCO ₃	AGUA CLORADA ppm CaCO ₃	AGUA FILTRADA ppm CaCO ₃ (1)	AGUA FILTRADA ppm CaCO ₃ (2)
CALCIO	19.00	19.00	19.00	19.00
MAGNESIO	30.00	30.00	30.00	30.00
DUREZA TOTAL	49.00	49.00	49.00	49.00
SODIO	576.28	576.28	576.28	576.28
TOTAL DE CATIONES	625.28	625.28	625.28	625.28
CLORUROS	42.00	48.00	48.00	48.00
SULFATOS	500.00	500.00	517.32	517.32
NITRATOS	3.28	3.28	3.28	3.28
ACIDEZ MINERAL	545.28	551.28	568.61	568.61
BICARBONATOS	80.00	74.00	56.68	56.68
HIDROXIDO	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL DE ANIONES	625.28	625.28	625.28	625.28
pH	7.90	7.80	6.80	6.80
SOLIDOS TOTALES mg/lit	516.00	516.00	48.00	48.00
SOLIDOS DISUELTOS mg/lit	28.00	28.00	28.00	28.00
SOLIDOS SUSPENDIDOS mg/lit	488.00	488.00	20.00	20.00
TURBIDEZ (UTJ)	100.00	100.00	20.00	20.00
COLOR Unid.Pt-Co.	22.00	14.30	14.30	5.0
ACEITES Y GRASAS mg/lit.	40.00	---	---	---
OXIGENO DISUELTO mg/lit O ₂	8.8	8.80	8.80	8.80

C O N T I N U A C I O N .

ELEMENTO	AGUA DESMINERALIZADA ppm CaCO ₃	AGUA DESAERADA ppm CaCO ₃
CALCIO	0,437	0,437
MAGNESIO	0,390	0,390
DUREZA TOTAL	0,827	0,827
SODIO	193,00	193,00
TOTAL DE CATIONES	193,827	193,827
CLORURDS	0,00	0,00
SULFATOS	0,00	0,00
NITRATOS	0,00	0,00
ACIDEZ MINERAL	0,00	0,00
BICARBONATOS	193,827	1,94
HIDROXIDO	0,00	191,887
TOTAL DE ANIONES	193,827	193,827
pH	6,3	8,2
SOLIDOS TOTALES	-----	-----
SOLIDOS DISUELTOS	-----	-----
SOLIDOS SUSPENDIDOS	-----	-----
TURBIDEZ (UT _J)	Menos de 2,0	Menos de 2,0
COLOR (UNID. Pt-Co.)	Menos de 5,0	Menos de 5,0
ACEITES Y GRASAS	-----	-----
OXIGENO DISUELTO ppm O ₂	8,8	0,005

- (1) Agua filtrada a través del filtro con Antrafilth
- (2) Agua filtrada a través del filtro con carbón activado.

5.0 GUIA DE OPERACION

Del tanque de almacenamiento, se envían 154 GPM de agua cruda a un clarificador CD-101, pero previamente a la succión de la bomba GA-101, se inyectan 5 ppm/min de cloro gaseoso (provenientes del FA-101), el cual debe estar en contacto con el agua durante 10 minutos.

Por cada parte por millón de cloro agregado, disminuye la alcalinidad 1.2 ppm, - por lo tanto el pH se ve modificado, en éste caso en especial la variación es casi -- nula.

Una vez que el agua se encuentra en el clarificador (CD-101) se le adiciona manualmente 2.02 Kg. cada 90 min. de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$).

Al agregar el sulfato de aluminio, se forma hidróxido de aluminio como precipitado, que junto con los sólidos sedimentables son separados dentro del mismo tanque clarificador.

Se debe mantener el pH del agua igual a 6.8 para obtener la máxima precipitación del sulfato de aluminio y esto se regula únicamente con la adición del coagulante.

El agua clarificada pasa a través de un filtro operando a una presión de 72 Psfa, utilizando como medio filtrante arena y antracita, en éste filtro se eliminan los posibles flóculos de aceite existentes en el agua y materia en suspensión.

El agua, posteriormente pasa a través de un filtro con carbón activado, que se -- usa para eliminar el residuo de cloro existente y disminuir el color.

Este filtro también opera a una presión de 72 Psfa. Cuando se registra en éstos filtros una caída de presión de 5 Psfa, se tienen que retrolavar, por lo que los filtros cuentan con las conexiones necesarias para llevar a cabo su regeneración.

El sistema es contínuo, por lo que cuando uno de los filtros está en regeneración, se utiliza el de relevo.

El agua pasa a través de los filtros mencionados a una velocidad de 2.5 GPM/ft² y un flujo de 154 GPM.

Los filtros con entrecita, se regeneran con un lavado de agua (Con una velocidad de 7.5 GPM/ft²) durante 3 min., utilizándose 1,342 Gal.

Posteriormente se le inyecta al filtro 1,642 gal. de solución de hidróxido de sodio al 10 %, por medio de la bomba GA- 103 , dicha solución permanece en contacto con el medio filtrante durante 1 hr. En éste lapso de tiempo, se le inyecta al filtro vapor de 199 lb/in² a una velocidad másica de 10.7 lb/min durante 60 min., el cual sirve como un medio de agitación y a la vez para precalentar la solución de hidróxido de sodio hasta 122 °F, para de ésta manera poder eliminar el aceite incrustado en el medio filtrante.

El vapor utilizado, proviene de la planta de ácido nítrico, que está fuera del límite de baterías.

Finalmente se enjuaga el filtro con agua, con un flujo de 15 GPM/ft², durante 1 - min., se utilizan 955 gal. de agua y el flujo, tanto para el lavado como para el enjuague es en sentido contrario al flujo del agua a tratar.

El filtro con carbón activado, se regenera con un lavado de agua, con un flujo de 6 GPM/ft² durante 15 min., utilizándose 4,962 gal de agua.

El agua que se utiliza para lavar, retrolavar y enjuagar los filtros, proviene -- del tanque de almacenamiento que contiene agua para diversos servicios de lavado y que está fuera del límite de baterías.

El agua que se utiliza como agua de reposición para la torre de enfriamiento, después de haber mandado 31,555 gal, se le inyecta un inhibidor a la corrosión "AQUA-MEX" (que es una mezcla de orgánicos e inorgánicos).

Durante las primeras 48 hrs. se le inyecta en forma manual 1.44 Kgs. y después -- 2.16 Kgs./día.

El agua que se manda fuera de límite de baterías, para utilizarse como agua de enfriamiento, previamente se le inyectan 55 ppm de cloro durante una hora, cada ocho horas, provenientes del FA-102.

Los 22.1 GPM restantes, se mandan al tanque TA-101 con resina catiónica de ciclo hidrógeno IRA-120 Plus, en la que se lleva a cabo el intercambio de cationes como el calcio, magnesio y sodio con el catión hidrógeno de la resina.

Existe un tanque de relevo con TA-102, con la misma resina y éste se utiliza cuando existe una caída de presión de 5 Psfa en el tanque TA-101, ya que éste se tiene que regenerar.

Los tanques TA-101,2, operan a una presión de 72 Psfa cada uno.

Los aniones como sulfatos, cloruros y nitratos, se intercambian al pasar el agua que sale de cualquiera de los tanques con resina catiónica, a través de un sistema de dos tanques que contienen resina aniónica de base débil (IRA-45); aquí también existen otros dos tanques que sirven de relevo, cuando los primeros se tengan que regenerar.

Los tanques TA-102/A, TA-103/A, operan a una presión de 72 Psfa cada sistema de tanques y se regeneran cuando existe una caída de presión de 5 Psfa.

La resina catiónica de cualquiera de los tanques (TA-101, TA-102), se regenera de la siguiente manera:

1.- Un lavado con agua proveniente del tanque de almacenamiento que contiene el agua para servicios generales y que está fuera del límite de baterías.

Se utilizan 636.3 gal de agua, los cuales fluyen en sentido contrario a la dirección del flujo de agua a tratar, con una velocidad de 9 GPM/ft^2 , durante 10 min.

- 2.- Una regeneración con solución de ácido sulfúrico al 2 % de concentración - con un flujo de 1 GPM/ft³ durante 42,42 min. Se ocupan 774.72 Gal. de solución de ácido sulfúrico al 2 % de concentración.
- 3.- Enjuague con agua (agua proveniente fuera del límite de baterías y es la que se usa para diversos servicios de lavado ó usos generales) con un flujo en sentido contrario a la dirección del flujo de agua a tratar.
Se utilizan 1,096 gal de agua, con un flujo de 1.5 GPM/ft³ durante 40 min.

La resina aniónica de base débil (IRA-45) del sistema de tanques TA-102/A, TA-103/A se regenera de la siguiente manera :

- 1.- Un lavado con agua (proveniente fuera del límite de baterías y es la que se usa para diversos servicios de lavado ó usos generales) con un flujo contrario a la dirección del flujo de agua a tratar.
Se utilizan 212.1 GAL de agua, los cuales fluyen a una velocidad de 0,5 GPM/ft³, durante 10 min.
- 2.- Una regeneración con solución de hidróxido de amonio al 4 % de concentración con un flujo de 0,5 GPM/ft³ durante 2,57 min. Se ocupan 55,27 gal de la solución de hidróxido de amonio al 4 %.
- 3.- Enjuague con agua (agua proveniente fuera del límite de baterías y es la que se usa para diversos servicios de lavado ó usos generales) con un flujo de 1,5 GPM/ft³, durante 40 min. Se utilizan 2,582 gal.

17.7 GPM del agua que sale de los tanques con resina aniónica, se mandan fuera del límite de baterías como agua de proceso y los 4.4 GPM restantes se pasan a través de un desaerador de espumas, ya que el contenido de dióxido de carbono aumentó al pasar el agua a través de los tanques con resina catiónica.

El desaerador de espumas DE-101, utiliza una corriente de vapor de 9.75 lb/min — provenientes de la planta de ácido nítrico. El agua desaerada a una temperatura de — 107 °F, pasa al tanque de almacenamiento del desaerador, que tiene una capacidad de — 360 GAL; de aquí se mandan 32.93 GPM a las calderas que están fuera del límite de bate rías, existiendo un 13.6 % de pérdidas, debido a purgas, los cuales se reponen con el agua de reposición, que precisamente es de 4.4 GPM.

Se retornan 28.53 GPM de condensados a una temperatura de 150 °F entre el desaaera dor y el agua de reposición.

5.0 MEMORIA DE CALCULOS DEL SISTEMA PROPUESTO.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Se selecciona un tanque de almacenamiento atmosférico, cilíndrico de fondo plano y tapas de dos aguas, que es el más usado para éste propósito.

Se considera un tiempo de residencia de 6 hrs., en el tanque de almacenamiento con el fin de poder utilizar el agua almacenada en dicho tanque, en caso de incendio ó falla de suministro de agua del río al tanque.

Para el caso de incendio, debe hacerse notar que se puede en caso necesario, - suspender el servicio, y tomar el agua necesaria de cualquiera de los equipos de la planta.

Por lo tanto :

$$\text{Volumen de agua} = 154 \text{ GPM} \times 60 \frac{\text{Min.}}{\text{Hr.}} \times 6 \text{ Hrs.} = 55,440.3 \text{ Gal.}$$

Se considera que el agua ocupa un 85 % del volumen total del tanque de almacenamiento, ya que el agua no es volátil, por lo tanto :

$$\text{Volumen del tanque} = 55,440.3 \text{ Gal} \times 1.15 = 63,757 \text{ Gal} = 8,524 \text{ ft}^3$$

Para determinar el diámetro del tanque, debe suponerse una L/D, de acuerdo al ancho de las placas comerciales con que se cuenta para la construcción de dichos -- tanques y disposición de terreno.

En éste caso se tomará en cuenta principalmente el ancho de las placas comerciales con las que se cuentan.

Suponiendo una L/D = 1.0

$$V = \frac{3.14 D^3}{4} \quad \text{--- (1)}$$

Despejando el diámetro de la ecuación (1)

$$D = \left(\frac{4 \times V}{3.14} \right)^{1/3} \text{ ----- (2)}$$

Sustituyendo en la ecuación (2), se obtiene :

$$D = 22,2 \text{ ft}$$

$$H = 22,2 \text{ ft.}$$

$$D \text{ real} = 22 \text{ ft.}$$

$$H \text{ real} = 22 \text{ ft.}$$

$$\text{Volúmen real del tanqué} = 8,363 \text{ ft}^3.$$

$$\% \text{ de volúmen del tanqué ocupado por el agua} = 7,412 \text{ ft}^3 / 8,363 \text{ ft}^3 = 88,0$$

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS.

ENTRADA Y SALIDA DE AGUA.

$$Q = V A \text{ ----- (3)}$$

$$Q = \text{flujo volumétrico: } \text{ft}^3/\text{seg.}$$

$$V = \text{Velocidad del fluido : ft/seg.}$$

$$A = \text{Area de la boquilla } \text{ft}^2$$

$$\text{Velocidad recomendable del agua : } 3 - 8 \text{ ft/seg.}$$

$$Q = 154 \text{ GPM} = 0,343 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Despejando el área de la ecuación (3)

selecciona una velocidad de 6 ft/seg.

$$A = Q / V \quad \text{----- (4)}$$

¡ustituyendo en (4)

$$A = 0.343 \text{ ft}^3 / 6 \text{ ft/seg.} = 0.0572 \text{ ft}^2$$

$$A = 3.14 D^2 / 4 \quad \text{----- (5)}$$

Despejando el diámetro de la ecuación 5 :

$$D = (4 A / 3.14)^{1/2} \quad \text{----- (6)}$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.2698 \text{ ft} = 3.24 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 3.5 \text{ in.}$$

$$A \text{ real} = 0.0668 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.2 \text{ ft/seg.}$$

BOQUILLA DE VENTEO :

Las dimensiones de las boquillas de venteo, dependen en términos generales de la capacidad volumétrica del tanque, por lo tanto para una capacidad de 55,440,3 GAL, se recomienda un diámetro de 1"

BOQUILLAS DE VIDRIO DE NIVEL.

Normalmente se instalan dos boquillas en tanques. En el caso de recipientes horizontales, las boquillas de control de nivel están localizadas en la parte superior e inferior del recipiente, utilizándose conexiones de 2" para tal fin.

**DOSIS DE CLORO SUMINISTRADA AL AGUA CRUDA SOBRE LA TUBERIA DE DISTRIBUCION
AL CLARIFICADOR.**

DOSIS RECOMENDADA DE CLORO : 5 ppm / min.

TIEMPO DE RESIDENCIA : 10 Min.

CONSUMO DE CLORO / DIA : 4.2 Kg.

El cloro se vende en cilindros de 68 Kgs., por lo tanto se utilizará un cilindro cada 16 días.

El cilindro de 68 Kgs. presenta las siguientes dimensiones :

D = 10.5 in

H = 52.5 in.

El cloro se inyecta a la tubería de descarga del tanque de almacenamiento, antes de la succión de la bomba.

El que ejerce realmente la acción biocida es el HOCl que se obtiene al poner el cloro en solución acuosa y la cantidad en que se encuentre es función del pH, por lo tanto de la fig. 1 del Apéndice se encuentra que a un pH = 7.9 existe el 23 % del cloro suministrado al agua.

HOCl existente : 5 ppm/min. X 0.23 = 1.15 ppm /min.

En diversas aguas tratadas experimentalmente, se ha encontrado que el residuo de cloro para las condiciones de pH y temperatura, es de 0.4 ppm./min., el cual se elimina al pasar el agua a través del filtro de carbón activado.

CLARIFICADOR.

De la tabla III del Apéndice, se selecciona un tanque de clarificación tipo Spauldin de acuerdo a la capacidad requerida.

De acuerdo a los datos proporcionados de los clarificadores comerciales por los diferentes proveedores, se selecciona el siguiente :

CLARIFICADOR	PERMUJET
DIAMETRO	14 Ft.
ALTURA	12 ft.
FLUJO	154 GPM
TIEMPO DE RESIDENCIA	90 MINUTOS.
CAPACIDAD	13,860 GAL.
VELOCIDAD	1 GPM/ft ²
AGUA DE RECIRCULACION	15 GPM
PRESION DEL AGUA DE RECIRCULACION	15 PSIA
MATERIAL DE CONSTRUCCION	ACERO AL CARBON.
CARACTERISTICAS	AGITADOR OPERANDO POR MEDIO DE AGUA DE RECIRCULACION A PRESION.

De la tabla IV del Apéndice se selecciona el agente coagulante.

AGENTE COAGULANTE	SULFATO DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)
pH óptimo de operacion	6.8
DOSIS RECOMENDADA	15 - 100 grs/lt, según turbidez.

De la fig. 1 del Powell, se encuentra que para una turbidez de 100 UTJ, se requieren 258 lbs. de sulfato de aluminio por cada 10⁶ GAL de agua para una buena coagulación, por lo tanto :

Para 154.0 GAL de agua cruda, se necesitan 0.0397 lbs de sulfato de aluminio.

SULFATO DE ALUMINIO REQUERIDO POR DIA = 57.17 lbs = 25.95 Kgs.

De la fig. 8 del Powell, se observa que se requieren 0.31 lbs. de sulfato de aluminio por cada lb de aceite removida sobre filtros precalentados, en nuestro caso se requieren 0.016 lbs de sulfato de aluminio /min.

Tomando en cuenta estas figuras, se encuentra que la dosis requerida de sulfato de aluminio es de 0.016 lbs., o sea 4.22×10^{-3} ppm, que es una cantidad demasiado pequeña, por lo que no se le hace caso y se toma mejor en cuenta el cambio de análisis del agua con la coagulación, éste cambio se sintetiza en la tabla VI.

CALCULO DE SULFATO DE ALUMINIO REQUERIDO TOMANDO EN CUENTA EL CAMBIO DE ANALISIS DEL AGUA, PARA UNA BUENA FLOCULACION.

- A_o = Alcalinidad del agua cruda
- B_o = Concentración de bióxido de carbono en el agua cruda.
- C_o = Concentración de sulfatos en el agua cruda.
- A = Alcalinidad en el agua tratada.

- B = Concentración de bióxido de carbono en el agua tratada.
- C = Concentración de sulfatos en el agua tratada.
- a = Fracción en que disminuye la alcalinidad
- b = Fracción en que aumenta la concentración de bióxido de carbono
- c = Fracción en que aumenta la concentración de sulfatos.
- X_m = Dosis de coagulante

B A L A N C E :

$$A = A_0 - X_m a$$

$$B = B_0 + X_m b$$

$$C = C_0 + X_m c$$

$$A = 74 \text{ ppm CaCO}_3$$

$$B = 1.73 \text{ ppm CO}_2$$

De la tabla VI :

Se supone $X_m = 31$ ppm de sulfato de aluminio.

$$a = 0.45$$

$$b = 0.40$$

$$c = 0.45$$

Por lo tanto :

$$A = 74 - 31(0.45) = 60.05 \text{ ppm CaCO}_3$$

$$B = 1.73 + 31(0.40) = 14.13 \text{ ppm CO}_2$$

$$C = 500 + 31(0.45) = 531.45 \text{ ppm CaCO}_3$$

$$R = \frac{A}{B} = \frac{60.05}{14.13} = 4.25$$

Por lo tanto, se puede agregar un ácido como el sulfúrico ó el clorhídrico, - para disminuir el pH a 6.8 que es el pH óptimo de operación, pero ésto no es económico, por lo tanto es más conveniente agregar un poco más del coagulante.

$$X_m = 38.5 \text{ ppm de sulfato de aluminio.}$$

$$A = 74 - 38.5(0.45) = 56.68 \text{ ppm CaCO}_3$$

$$B = 1.73 + 38.5(0.40) = 17.13 \text{ ppm CO}_2$$

$$C = 500 + 38.5(0.45) = 517.32 \text{ ppm CaCO}_3$$

$$R = \frac{56.68}{17.13} = 3.3 \text{ que corresponde a un pH} = 6.8$$

CALCULO DE LA REDUCCION DEL COLOR CON LA CANTIDAD DE COAGULANTE SUMINISTRADA:

De la fig. 2 del Powell, se encuentra que con 3 gpg (granos por galón) de - sulfato de aluminio, existe una reducción de color del 35 %, por lo tanto :

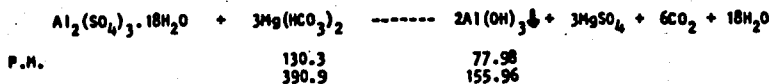
$$\text{Color final : } 22 \text{ Unid. Pt-Co} - 22(0.35) = 14.3 \text{ Unid. Pt-Co.}$$

$$\text{Sulfato de aluminio requerida : } 38.5 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \times 3.785 \frac{\text{lbs}}{\text{gal}} \times 154 \frac{\text{Gal}}{\text{min.}} \times 1 \frac{\text{gr}}{1000 \text{ mg}}$$

$$\text{Sulfato de aluminio requerida : } 22.5 \text{ grs./min} = 32.32 \text{ Kgs./dfa.}$$

2.02 Kgs. de sulfato de aluminio se suministrarán en forma manual al clarificador cada 90 min.

(2)



Del análisis del agua cruda, se tiene de $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

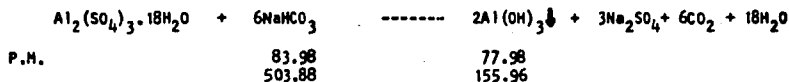
$$30 \text{ ppm CaCO}_3 = 43.8 \text{ ppm Mg}(\text{HCO}_3)_2$$

Por lo tanto, para 154 GPM se tiene 25.53 grs./min $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

De acuerdo a la estequiometría de la reacción y el reactivo limitante, se obtiene :

$$\begin{array}{r} 390.9 \text{ grs Mg}(\text{HCO}_3)_2 \text{ ----- } 155.96 \text{ grs Al}(\text{OH})_3 \\ 25.53 \qquad \qquad \qquad \text{"} \text{ ----- } \qquad \qquad \qquad \text{X} \\ \hline \text{X} = 10.18 \text{ grs./min Al}(\text{OH})_3 \end{array}$$

(3)



Del análisis de agua cruda, se tiene de NaHCO_3 :

$$576.28 \text{ ppm CaCO}_3 = 968.15 \text{ ppm NaHCO}_3$$

Por lo tanto, para 154 GPM se tiene 564.3 grs./min NaHCO_3

De acuerdo a la estequiometría de la reacción y el reactivo limitante, se obtiene :

$$\begin{array}{r} 503.88 \text{ grs NaHCO}_3 \text{ ----- } 155.96 \text{ grs Al}(\text{OH})_3 \\ 564.3 \qquad \qquad \qquad \text{"} \text{ ----- } \qquad \qquad \qquad \text{X} \\ \hline \text{X} = 174.67 \text{ grs./min Al}(\text{OH})_3 \end{array}$$

CANTIDAD DE LODOS PRODUCIDOS POR LAS REACCIONES 1,2 Y 3 (CLP)

$$\text{CLP} = 5.76 + 10.18 + 174.67 = 190.61 \text{ grs./min}$$

CANTIDAD DE LODOS TOTALES = CLP + SÓLIDOS SEDIMENTABLES

CANTIDAD DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES = 1 ml/lt.

La densidad del agua a 77 °F = 62.4 lb/ft³ = 1.0 gr/lt.

Por lo tanto existen 0.001 grs. de sólidos suspendidos por litro.

En 154 Gal. existen 0.5829 grs. de sólidos suspendidos, por lo tanto :

CANTIDAD DE LODOS TOTALES = 190.61 + 0.5829 = 191.19 grs./min.

Como el clarificador tiene un tiempo de retención de 90 min. se calcula la cantidad de lodos totales en éste tiempo :

CANTIDAD DE LODOS TOTALES EN 90 MIN = 17,207.36 grs. = 17.207 Kgrs.

CANTIDAD DE LODOS TOTALES = CLP + SÓLIDOS SEDIMENTABLES

CANTIDAD DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES = 1 ml/lt.

La densidad del agua a 77 °F = 62.4 lb/ft³ = 1.0 gr/lt.

Por lo tanto existen 0.001 grs. de sólidos suspendidos por litro.

En 154 Gal. existen 0.5829 grs. de sólidos suspendidos, por lo tanto :

CANTIDAD DE LODOS TOTALES = 190.61 + 0.5829 = 191.19 grs./min.

Como el clarificador tiene un tiempo de retención de 90 min. se calcula la cantidad de lodos totales en éste tiempo :

CANTIDAD DE LODOS TOTALES EN 90 MIN = 17,207.36 grs. = 17.207 Kgrs.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS DEL CLARIFICADOR.

ENTRADA DE AGUA :

$$Q = 154 \text{ GPM} = 0.343 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Velocidad recomendada = 6 ft/seg.

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.1083 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 3.26 \text{ in} = 0.2716 \text{ ft}$$

$$D \text{ real} = 3.5 \text{ in} = 0.29 \text{ ft}$$

$$A \text{ real} = 0.066 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.2 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DEL AGUA DE RECIRCULACION :

$$Q = 15 \text{ GPM} = 0.030 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Velocidad recomendada = 6 ft/seg.

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.059 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.2742 \text{ ft} = 1.01 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1.0 \text{ in} = 0.08 \text{ ft}$$

$$A \text{ real} = 0.01 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.97 \text{ ft/seg.}$$

SALIDA DEL AGUA DEL CLARIFICADOR.

$$Q = 169 \text{ GPM} = 0.3543 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Velocidad recomendada : 6 ft/seg.

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.059 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.2742 \text{ ft} = 3.29 \text{ in.}$$

$$D \text{ real} = 3.5 \text{ " } = 0.2916 \text{ ft.}$$

$$A \text{ real} = 0.0668 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.3 \text{ ft/seg.}$$

DRENAJE

Se recomienda un diámetro de 1 in.

ENTRADA DE HOMBRE

Se recomienda un diámetro de 18 in.

F I L T R O S

De la tabla VII se observa que los filtros más adecuados de acuerdo al flujo, són los filtros a presión vertical.

Con ayuda de la tabla VIII se seleccionan las dimensiones de los filtros y velocidad de filtración, de acuerdo al flujo con el que se trabaja :

FLUJO NORMAL	154 GPM
FLUJO MAXIMO	159 GPM
VELOCIDAD DE FILTRACION	2.5 Gal/ft ²
DIAMETRO	108 in = 9 ft.
ALTURA	48 in = 4 ft.
PRESION DE DISEÑO	80 PSIG.
PRESION DE OPERACION	72 PSIG.
VOLUMEN TOTAL	254.5 ft ³ = 1,903 GAL.
AREA TOTAL	63.62 ft ²

La altura total del filtro es igual a :

H ₁	<u>espacio</u>	3"		
H ₂	<u>expansión</u>	12"		
H ₃	<u>Espesor de Antracita No. 1</u>	18"	H _{total} = 48 in.	
H ₄	<u>Espesor de Arena</u>	12"		
H ₅	<u>Espacio</u>	3"		

Un filtro opera al 100 %, mientras el otro se regenera.

MEDIO FILTRANTE

Con ayuda de las tablas VIII y IX del Apéndice se selecciona el medio filtrante :

CAPA	ESPESOR	TAMAÑO EFECTIVO	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.
Arena	12"	0.45 - 0.50 mm	1.75 máximo.
Antracita No. 1	18"	0.60 - 0.80 mm	1.75

REGENERACION DE LA UNIDAD

Caída de presión permisible para regenerar la unidad : 5.0 Psi.

Se requiere eliminar los flóculos de aceites y grasas formados con sulfato de aluminio, por lo tanto es necesario dar alguna forma de agitación al lecho filtrante para lavar la unidad, en éste caso se utiliza vapor, que además sirve para precalentar el filtro a una temperatura tal que los flóculos se separen.

El vapor es suministrado por la planta de ácido nítrico en cantidad suficiente a una presión de 199 psf.

LAVADO DEL FILTRO

Se utiliza agua

Velocidad de lavado : 7.5 GPM/ft²

Tiempo de lavado : 3.0 min.

Volúmen de agua para lavado : 1,432 GAL.

Porcentaje de expansión del medio filtrante : 40

(1)

RETROLAVADO:

Se utiliza sosa cáustica al 10 %

Tiempo de retrolavado : 1 hr.

Volúmen de sosa al 10 % : 219.5 ft³ (aplicando la ecuacion 1)

Peso de sosa : 606.6 grs.

Peso de la solución : 6,066 grs.

ENJUAGUE DEL FILTRO:

Se utiliza agua

Velocidad de enjuague : 7.5 GPM/ft²

Tiempo de enjuague : 2 minutos.

Volúmen de agua de enjuague : 954.5 GAL.

(1) El filtro se agita con vapor, para desincrustar los flocúlos de aceite, además para precalentar el filtro hasta una temperatura de 122 °F.

Tiempo de regeneración/unidad = tiempo de lavado + tiempo de regeneración + tiempo de enjuague.

Tiempo de regeneración/unidad = 3 min + 60 min + 2 min = 65 min.

VOLUMEN DE HIDROXIDO DE SODIO AL 10 % QUE SE PRECALIENTA HASTA 122 °F.

$$V = 219.5 \text{ ft}^3 = 1,642 \text{ GAL.}$$

Densidad de la solución de sosa al 10 % = 66.144 lb/ft³

$$\text{Densidad} = \text{Masa} / \text{Volumen} \text{ --- (7)}$$

Despejando la masa de la ecuación 7 y sustituyendo los valores da :

$$\text{Masa} = 14,519 \text{ lbs.}$$

$$Q = m C_p T \text{ --- (8)}$$

$$C_p = 1.5 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en la ecuación 8 .

$$Q = 544,462.5 \text{ BTU}$$

$$Q = m \text{ --- (9)}$$

Se utiliza vapor de 199 lb/in² de la planta de ácido nítrico, por lo tanto :

$$= 844 \text{ BTU/Lb.}$$

Despejando la masa de vapor de la ecuación 9 y sustituyendo da :

$$M_v = 645.10 \text{ lb}$$

Se requiere agitar el filtro durante 1 hr., por lo tanto

$$\text{Velocidad de vapor} = \text{Masa} / \text{tiempo} = 645.10/60 = 10.75 \text{ lb/min.}$$

VOLUMEN DE HIDROXIDO DE SODIO AL 10 % QUE SE PRECALIENTA HASTA 122 °F.

$$V = 219.5 \text{ ft}^3 = 1,642 \text{ GAL.}$$

Densidad de la solución de sosa al 10 % = 66.144 lb/ft³

$$\text{Densidad} = \text{Masa} / \text{Volumen} \text{ --- (7)}$$

Despejando la masa de la ecuación 7 y sustituyendo los valores de :

$$\text{Masa} = 14,519 \text{ lbs.}$$

$$Q = m C_p T \text{ --- (8)}$$

$$C_p = 1.5 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en la ecuación 8 :

$$Q = 544,462.5 \text{ BTU}$$

$$Q = m \text{ --- (9)}$$

Se utiliza vapor de 199 lb/in² de la planta de ácido nítrico, por lo tanto :

$$= 844 \text{ BTU/Lb.}$$

Despejando la masa de vapor de la ecuación 9 y sustituyendo de :

$$M_v = 645.10 \text{ lb}$$

Se requiere agitar el filtro durante 1 hr., por lo tanto

$$\text{Velocidad de vapor} = \text{Masa} / \text{tiempo} = 645.10/60 = 10.75 \text{ lb/min.}$$

TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA LA SOLUCION DE SOSA AL 10 %

Se tendrá un tanque de almacenamiento, con una capacidad suficiente para efectuar tres regeneraciones, por lo tanto :

$$V_{\text{sosa al 10 \% / reg.}} = 1,642 \text{ GAL}$$

$$V_{\text{sosa 10 \% total}} = 1,642 \times 3 = 4,926 \text{ GAL} = 658,61 \text{ ft}^3.$$

Se considera que la solución de sosa al 10 % ocupa el 85 % del volumen del tanque, por lo tanto :

$$V_{\text{tanque}} = 4,926 \times 1.15 = 758 \text{ ft}^3$$

Suponiendo una $L / D = 1$

Sustituyendo en la ecuación 2, se obtiene

$$D = 9.88 \text{ ft.}$$

$$H = 9.88 \text{ ft.}$$

$$D_{\text{real}} = 10 \text{ ft.}$$

$$H_{\text{real}} = 10 \text{ ft.}$$

$$V_{\text{volumen real}} = 785 \text{ ft}^3$$

% real de almacenamiento en el tanque : 84

MATERIAL DE CONSTRUCCION : ACERO INOXIDABLE - 304.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS DEL FILTRO CON ANTRACITA.

ENTRADA DE AGUA A TRATAR : SALIDA DE AGUA DEL FILTRO.

$$Q = 154 \text{ GPM} = 0.343 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.059 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 3.29 \text{ ''} = 0.274 \text{ ft}$$

$$D \text{ real} = 3 \text{ ''}$$

$$A \text{ real} = 0.049 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 7 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE AGUA DE LAVADO, ENJUAGUE Y SOLUCION DE SOSA AL 10 %

$$Q = 477.15 \text{ GPM} = 1.063 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.1772 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 5.69 \text{ in} = 0.475 \text{ ft}$$

$$D \text{ real} = 6 \text{ ''}$$

$$A \text{ real} = 0.196 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.4 \text{ ft/seg.}$$

DRENAJE :

Se recomienda un diámetro de 1 "

VACIADO :

Se recomienda un diámetro de 6"

VIDRIO DE NIVEL.

Se recomienda un diámetro de 2 "

ENTRADA DE HOMBRE

Se recomienda un diámetro de 18 "

AGUJERO DE MANO.

Se recomienda un diámetro de 6 "

VENTEO.

Se recomienda un diámetro de 2"

FILTRO CON CARBON ACTIVADO.

Con ayuda de la tabla VIII del apéndice, se seleccionan las dimensiones del filtro, y velocidad de filtración de acuerdo al flujo con el que se trabaja.

1 Filtro a presión vertical

Presión de diseño	:	80 Psfa.
Diámetro	:	84 in
Altura	:	46 in = 3,83 ft
Volúmen total	:	147.5 ft ³ = 1,102.5 GAL.
Area total	:	63,62 ft ²
Flujo normal/mínimo	:	154GPM / 148,5 GPM
Velocidad de filtración	:	4 GPM/ft ²

MEDIO FILTRANTE:

Carbón activado	:	espesor : 30"; Tamaño efectivo:0,014-0,019" Coeficiente de uniformidad : 1,50
Arena	:	espesor : 4" ; Tamaño efectivo :0,25-0,125" Coeficiente de uniformidad: 1,75
Remoción de color	:	14.3 - 5 Unid. de Pt.-Co.
Remoción de cloro	:	0.4 - despreciable ppm de Cl ₂
Tiempo de servicio	:	1 año.

REGENERACION DE LA UNIDAD.

Se utiliza agua.

LAVADO DEL FILTRO

Se utiliza agua

Velocidad de lavado	:	6 GPM/ft ²
Tiempo de lavado	:	3 minutos.
Volumen de agua para lavado	:	1,145 GAL.

RETROLAVADO DEL FILTRO

Se utiliza agua.

Velocidad de lavado	:	6 GPM/ft ²
Tiempo de retrolavado	:	10 minutos.
Volumen de agua para retrolavado	:	3,817 GAL.

Nota : Aquí no es necesario hacer un enjuague, ya que sería con agua también y el tiempo dado para el lavado y el retrolavado es suficiente, por otro lado los flujos deben ser ascendentes.

Tiempo de regeneración/unidad = tiempo de lavado + tiempo de retrolavado..

Tiempo de regeneración/unidad = 3 min + 10 min = 13 min.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS DEL FILTRO CON CARBON ACTIVADO.

ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA A TRATAR:

$$Q = 154.0 \text{ GPM} = 0.343 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.059 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 3.29 \text{ in} = 0.274 \text{ ft}$$

$$D \text{ real} = 3''$$

$$A \text{ real} = 0.049 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 7 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE AGUA DE LAVADO Y RETROLAVADO.

$$Q = 381.72 \text{ GPM} = 0.86 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} : 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.14 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.43 \text{ ft} = 5.12 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 5.5'' = 0.46 \text{ ft.}$$

$$A \text{ real} = 0.17 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.4 \text{ ft/seg.}$$

DRENAJE

Se recomienda un diámetro de 1 "

VACIADO

Se recomienda un diámetro de 6"

VIDRIO DE NIVEL

Se recomienda un diámetro de 2 "

ENTRADA DE HOMBRE

Se recomienda un diámetro de 18 "

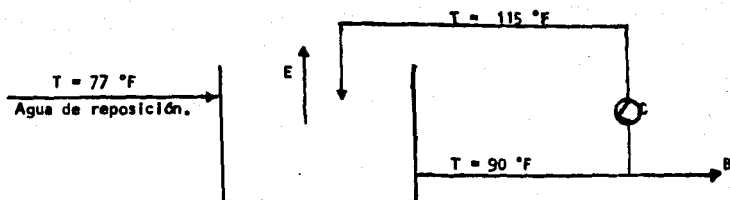
AGUJERO DE MANO

Se recomienda un diámetro de 6"

VENTEO

Se recomienda un diámetro de 2 "

AGUA PARA LA TORRE DE ENFRIAMIENTO



Agua de reposición. = 126,5 GPM

C = 6,311 GPM

B = 0,34 GPM

E = 126,22 GPM

E = Se considera un 2 % por pérdidas por arrastre de viento del agua de recirculación.

Agua de recirculación = E → B

B = Purgas.

C = Agua de recirculación

CICLOS DE CONCENTRACION

ELEMENTO	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X
Ca ⁺²	19.0	38	57	76	95	114	133	152
Mg ⁺²	56.68	113.36	170.04	226.72	283.4	340.08	396.76	453.44
CO ₂	17.13	34.26	51.39	68.52	85.65	102.78	119.91	137.04
Sólidos disueltos	28.0	56.0	84.0	112.00	140.00	168.00	196.00	224.00
Sólidos Suspendidos	20.0	40.0	60.0	80.00	100.0	120.00	140.00	160.00
Cl ⁻	48.0	96.0	144.0	192.00	240.0	288.00	336.00	384.00
SO ₄ ²⁻	517.32	1034.64	1552	2069.00	2586	3104.00	3621.00	4138.56
pH	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
B	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
C	0.9	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8
D	1.8	2.1	2.2	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7

CONTINUACION

CICLOS DE CONCENTRACION

ELEMENTO	1X	2X	3X	4X	5X	6X	7X	8X
pHs	8.3	7.7	7.4	7.1	6.9	6.8	6.7	6.5
Indice de Langelier	- 1.5	- 0.9	- 0.6	- 0.3	- 0.1	0.0	0.1	0.3
Indice de Saturación	9.8	8.6	8.0	7.4	7.0	6.8	6.6	6.2

A = Factor de corrección de acuerdo a la cantidad de sólidos totales.

B = Factor de corrección de acuerdo a la temperatura existente.

C = Factor de corrección de acuerdo a la dureza

D = Factor de corrección de acuerdo a la alcalinidad

$$\text{pHs} = (9.3 + A + B) - (C + D)$$

$$\text{Indice de Langelier} = \text{pH} - \text{pHs}$$

$$\text{Indice de saturación} = 2\text{pHs} - \text{pH}$$

Si el Índice de Langelier = 0 implica que es un agua químicamente balanceada.

**Si el índice de Langellier es negativo, implica que se trata de un agua --
corrosiva.**

**Si el índice de Langellier es positivo, implica que se trata de un agua --
incrustante.**

DOSIS DEL INHIBIDOR PARA EL MAKE-UP.

Inhibidor : Aqua-Mex-446

I = Dosis de inhibidor necesaria.

$$I = \frac{\text{Dosis}}{120 \times 8}$$

$$I = \frac{100}{120 \times 8} = \frac{0.1041 \text{ lbs}}{1000 \text{ Gal.}}$$

Make - up = 126.5 GPM

$$I' = \frac{0.1041 \text{ lbs}}{1000 \text{ Gal}} \cdot \frac{126.5 \text{ Gal}}{\text{Min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{\text{Hr}} \cdot \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{Dfa}} \cdot \frac{2 \text{ dfas}}{1}$$

$$I' = 3.16 \text{ Lbs} / 48 \text{ hrs.} = 1.44 \text{ Kgs.} / 48 \text{ hrs.}$$

Después de 48 hrs.

$$I = \frac{25}{120 \times 8} = 0.026 \text{ lbs}/1000 \text{ Gal.}$$

$$I' = \frac{0.026 \text{ lbs}}{1000 \text{ gal}} \cdot \frac{126.5 \text{ Gal}}{\text{Min}} \cdot \frac{60 \text{ min}}{\text{Hr}} \cdot \frac{24 \text{ hrs.}}{\text{Dfa}} = 4.74 \text{ lbs}/\text{dfa}$$

$$I' = 2.16 \text{ Kgs}/\text{dfa}$$

Cálculo del cloro :

Dosis de cloro : 5 ppm de cloro durante una hora, cada ocho horas

$$Cl_2 = 5 \text{ ppm} \times 126.5 \times 5 = 0.95 \text{ lbs}/\text{dfa} = 432 \text{ grs}/\text{dfa}$$

NOTA : La dosis del inhibidor, es en forma manual y se requiere un cilindro de cloro para alimentar la dosis adecuada (FA-102)

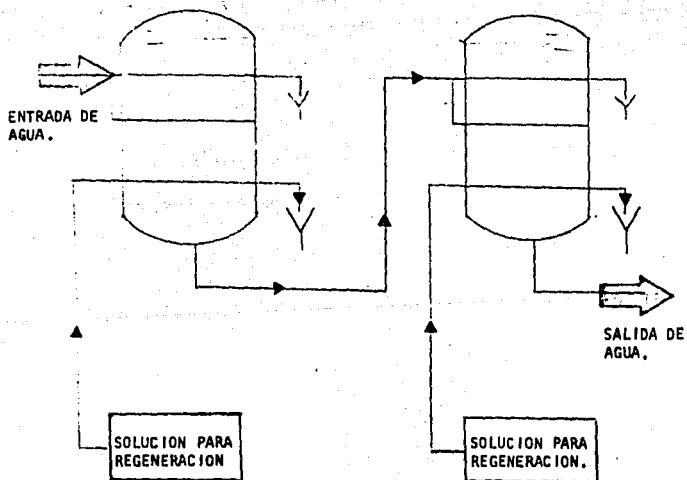
Se tendrá un cilindro de 68 Kgs, con las siguientes dimensiones :

D = 10,5 in

H = 52,5 in

SISTEMA DE DESMINERALIZACION PROPUESTO : ARREGLO No. 1

TANQUE CON RESINA CATIONICA DEBIL + TANQUE CON RESINA ANIONICA DEBIL.



RESINA CATIONICA CICLO HIDROGENO.

Q = 22.1 GPM

Análisis del influente :

Cationes	ppm CaCO ₃	% de cationes
Calcio	19.0	3.05
Magnesio	30.0	4.75
Sodio	576.28	92.16
Total de cationes	625.28	100.00

Calidad requerida del efluente :

Alcalinidad	:	700 ppm CaCO ₃
Sodio	:	150 - 200 ppm CaCO ₃
Dureza total	:	2 ppm CaCO ₃

Ciclo de regeneración

Tiempo de operación	:	8 hrs.
Sistema	:	Dos tanques con resina catiónica, conectados en paralelo, uno trabajando al 100 %, mientras el otro se regenera.
Resina catiónica	:	Amberlite 120 - Plus.
% de fugas	:	31
Isocapacidad	:	21

Factor de corrección : 1.01
 Capacidad : 21.21 kgs/ft³
 Nivel de regeneración : 7.0 lbs/ft³ con ácido sulfúrico 66 °Bé.

Fugas totales = 625.28 X 0.31 = 193.84 ppm CaCO₃

% de fugas de calcio : 2.3

% de fugas de magnesio : 1.3

Fugas de calcio = 19 ppm CaCO₃ X 0.023 = 0.437 ppm CaCO₃

Fugas de magnesio = 30 ppm CaCO₃ X 0.013 = 0.39 ppm CaCO₃

Fugas de sodio = 193.84 - 0.437 - 0.390 = 193.013 ppm CaCO₃

$$\text{ft}^3 \text{ de resina} = \frac{3.51 \times 10^{-3} \times Q \times \text{Total de cationes} \times \text{tiempo de operación}}{\text{Capacidad de la resina.}} \quad (7)$$

Sustituyendo en la ecuación 7 :

$$\text{ft}^3 \text{ de resina} = 18.26$$

Para un flujo de 4 GPM/ft², se tiene un tanque con las siguientes dimensiones:

$$\text{Diámetro} = 36 \text{ in} = 3 \text{ ft.}$$

$$\text{Area} = 7.07 \text{ ft}^2.$$

$$\text{Profundidad del lecho} = \frac{\text{ft}^3 \text{ de resina}}{\text{Area}} = \frac{18.26 \text{ ft}^3}{7.07 \text{ ft}^2} = 2.58 \text{ ft.}$$

% de expansión de la resina : 75

$$\text{Altura del tanque} = \text{Profundidad del lecho} \times (1 + 0.75)$$

$$\text{Altura del tanque} = 2.58 \text{ ft} (1.75) = 4.52 \text{ ft.}$$

Altura real del tanque : 5,0 ft.
Velocidad de flujo de retrolavado. : 9 GPM/ft²
Caída de presión/ft. : 0,65 Psf.
Caída de presión = 0,65 X 5,0 ft. = 3,25 Psia.

LAVADO:

Se utiliza agua.

Tiempo de lavado : 10 minutos.
Agua de lavado : 636,3 GAL.

REGENERACION

Se efectúa con ácido sulfúrico 66 °Bé.

Acido sulfúrico necesario para la regeneración = 7 lbs/ft³ X 18,26 ft³

Acido sulfúrico necesario para la regeneración = 128 lbs.

El ácido sulfúrico debe alimentarse a la resina en una solución del 2 % para evitar la formación del precipitado de sulfato de calcio en el tanque.

SOLUCION DE ACIDO SULFURICO AL 2 %

Peso del ácido sulfúrico 66 °Bé. : 128 lbs.

Peso de agua necesaria : : 128 lbs/0,02 = 6,400 lbs.

Peso total = peso del agua + peso del ácido sulfúrico.

Peso total = 6,400 lbs + 128 lbs = 6,528 lbs.

Densidad de la solución de ácido sulfúrico al 2 % = 63,049 lbs/ft³

Volúmen de la solución de ácido sulfúrico al 2 % = Masa total/densidad sol.

Volúmen de la solución de ácido sulfúrico al 2% = 103,54 ft³ = 774,72 GAL.

Velocidad del regenerante : 1 GAL/ft³.min.

Tiempo de regeneración = $\frac{\text{Volumen de solución de ácido sulfúrico al 2 \%}}{\text{Vel. del regenerante} \times \text{Profundidad lecho de resina}}$

Tiempo de regeneración = $\frac{774.72 \text{ GAL}}{1 \text{ gal/ft}^3 \cdot \text{min} \times 18.26 \text{ ft}^3} = 42.42 \text{ minutos.}$

ENJUAGUE

Se utiliza agua

Tiempo de enjuague : 40 minutos.

Velocidad de flujo de enjuague : 1.5 GAL/MIN.Ft³.

Agua de enjuague : 1,096 GAL.

Tiempo total de regeneración = tiempo de lavado + tiempo de regeneración
+ tiempo de enjuague.

Tiempo total de regeneración = 10 min. + 42.42 min. + 40 min. = 91.93 min.

Tiempo total de regeneración = 1 hr. - 31.93 min.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO SULFURICO AL 2 %

Se tendrá un tanque de almacenamiento, con una capacidad suficiente para efectuar tres regeneraciones, por lo tanto :

$$V_{\text{ácido sulfúrico al 2 \%}} = 103.54 \text{ ft}^3 \\ \text{por regeneración.}$$

$$V_{\text{ácido sulfúrico total}} = 311 \text{ ft}^3$$

Se considera que el ácido sulfúrico al 2 % ocupa el 85 % del volumen del tanque, por lo tanto :

$$V_{\text{tanque}} = 311 \times 1.15 = 357.7 \text{ ft}^3$$

Se considera una $L / D = 1$, por lo tanto :

Sustituyendo en la ecuación 2, se obtiene :

$$D = 7.69 \text{ ft.}$$

$$H = 7.69 \text{ ft.}$$

$$D_{\text{real}} = 8 \text{ ft.}$$

$$H_{\text{real}} = 8 \text{ ft.}$$

$$V_{\text{real}} = 402 \text{ ft}^3$$

Tanque atmosférico.

Tipo de tapas : Planas.

MATERIAL DE CONSTRUCCION : ACERO INOXIDABLE - 304.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS PARA LOS TANQUES CON RESINA CATIONICA

TA - 101,2

ENTRADA Y SALIDA DE AGUA.

$$Q = 22.1 \text{ GPM} = 0.0493 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$D = 0.102 \text{ ft} = 1.2 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 8.53 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.8 \text{ ft/seg.}$$

SALIDA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCION DE ACIDO SULFURICO AL 2 % Y

ENTRADA AL TANQUE TA - 101 ó TA-102.

$$Q = 18.26 \text{ GPM} = 0.0407 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 5 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 8.13 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 1.22 \text{ in} = 0.108 \text{ ft.}$$

$$D \text{ real} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 8.53 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 4.8 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE AGUA DE LAVADO AL TANQUE

$$Q = 9 \text{ GPM/ft}^2 \times 7.07 \text{ ft}^2 = 63.63 \text{ GPM} = 0.1418 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

Velocidad recomendada = 6 ft/seg.

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 0.0236 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.173 \text{ ft} = 2.08 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 2 \text{ ''}$$

$$A \text{ real} = 0.0218 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 6.5 \text{ ft/seg.}$$

DRENAJE

Se recomienda un diámetro de 1''

ENTRADA DE HOMBRE

Se recomienda un diámetro de 18 ''

VACIADO

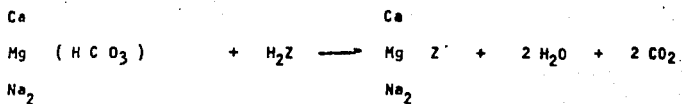
Se recomienda un diámetro de 6 ''

AGUJERO DE MANO

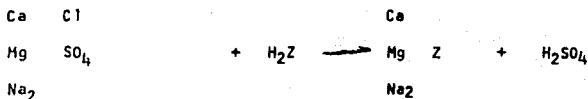
Se recomienda un diámetro de 6 ''

REACCIONES DE INTERCAMBIO

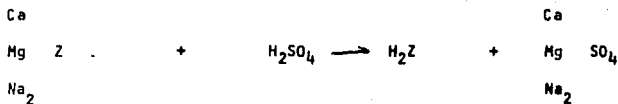
REACCIONES CON BICARBONATOS:



REACCIONES CON SULFATOS O CLORUROS:



REACCIONES DE REGENERACION DE LA RESINA:



H₂Z = Resina catiónica Amberlite 120-Plus.

El ácido carbónico formado, al estar en contacto con el agua, se hidroliza:



La cantidad de bióxido de carbono formado, se calcula por estequiometría de la reacción, en éste caso sólo existen bicarbonatos, por lo tanto :



P.M. 162 grs/gr.mol 44

Existen 0.437 ppm CaCO_3 de calcio, que equivalen a 0.533 mg/lit $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Por lo tanto, en 22.1 GPM existen : 0.044 grs. de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ por minuto.

Por consiguiente :

$$162 \text{ grs } \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \text{ - - - - - } 44 \text{ grs. de } \text{CO}_2$$

$$\frac{0.044 \quad \text{"}}{\text{-----}} \quad \text{X}$$

$$\text{X} = 0.012 \text{ grs. de } \text{CO}_2 \text{ por minuto.}$$



P.M. 146.3 grs./gr.mol 44

Existen 0.390 ppm CaCO_3 de magnesio, que equivalen a 0.57 mg/lit $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

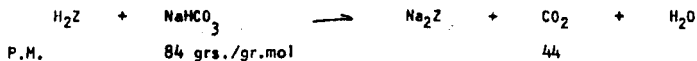
Por lo tanto, en 22.1 GPM existen : 0.05 grs. de $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ por minuto.

Por consiguiente

$$146.3 \text{ grs. } \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2 \text{ - - - - - } 44 \text{ grs. de } \text{CO}_2$$

$$\frac{0.05 \quad \text{"}}{\text{-----}} \quad \text{X}$$

$$\text{X} = 0.015 \text{ grs. } \text{CO}_2 \text{ por minuto.}$$



Existen 193.03 ppm CaCO_3 de sodio, que equivalen a 324.24 mg/lt de NaHCO_3

Por lo tanto, en 22.1 GPM existen : 27.07 grs. de NaHCO_3 por minuto

Por consiguiente :

$$\begin{array}{r}
 84 \text{ grs. NaHCO}_3 \quad \text{---} \quad 44 \text{ grs. de CO}_2 \\
 33.74 \text{ " } \quad \text{---} \quad \text{X} \\
 \hline
 \text{X} = 14.18 \text{ grs. de CO}_2 \text{ por minuto.}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mg/lt de CO}_2 &= 14.18 \text{ grs. de CO}_2 \times 1/22.1 \text{ gal} \times 1 \text{ Gal}/3.785 \text{ lts.} \\
 &\quad \times 1000 \text{ mg/gr.}
 \end{aligned}$$

$$\text{mg/lt de CO}_2 = 169.8$$

$$\text{CO}_2 \text{ total} = \text{CO}_2 (\text{ inicial }) + \text{CO}_2 (\text{ formado })$$

$$\text{CO}_2 \text{ total} = 17.13 \text{ mg/lt} + 169.8 \text{ mg/lt} = 187 \text{ mg/lt}$$

TANQUE CON RESINA ANIONICA.

Q = 22.1 GPM

Análisis del influente :

Aniones	ppm CaCO ₃	% de aniones
Cloruros	48	7.68
Sulfatos	517.32	82.73
Nitratos	3.28	0.53
Total de acidez mineral	568.60	90.94
Alcalinidad	56.68	9.06
Total de aniones	625.28	100.00

Calidad requerida del efluente :

Cloruros	despreciable
Sulfatos	0 - 1 ppm CaCO ₃
Nitratos	10 - 20 ppm CaCO ₃
Bicarbonatos	despreciable.

Ciclo de regeneración :

Tiempo de operación	:	24 hrs.
Sistema	:	Cuatro tanques con resina, dos conectados en serie y dos en paralelo, dos trabajan al 100% mientras los otros se regeneran.

Resina aniónica : IRA - 45
 Capacidad : 27 Kgrs./ft³
 Nivel de regeneración : 3.0 lbs de NH₄OH / ft³

$$\text{ft}^3 \text{ de resina} = \frac{3.51 \times 10^{-3} \times Q \times \text{Total de aniones} \times \text{tiempo de operación}}{\text{Capacidad de la resina.}}$$

Sustituyendo :

$$\text{ft}^3 \text{ de resina} = 43.03$$

Para un flujo de 4 GPM/ft², se tiene un tanque con las siguientes dimensiones:

Diámetro : 36 in
 Area : 7.07 ft²

$$\text{Profundidad del lecho} = \frac{\text{ft}^3 \text{ de resina}}{\text{Area.}}$$

$$\text{Profundidad del lecho} = \frac{43.03 \text{ ft}^3}{7.07 \text{ ft}^2} = 6.1 \text{ ft} = 73.4 \text{ in}$$

% de expansión de la resina : 78

Altura del tanque : Profundidad del lecho X (1 + 0.78)

Altura del tanque : 36.5 X 1.78 = 65 in

Altura real del tanque : 5.5 ft.

Velocidad de flujo de retrolavado : 3.0 Gal/min.ft²

Caída de presión/ft de resina : 0.35 Pst/ft.

Caída de presión = 0.35 X 5.41 X 2* = 3.8 Pst.

* Indica la caída de presión total de los dos tanques de resina aniónica.

LAVADO

Se utiliza agua

Tiempo de lavado : 10 minutos.

Agua de lavado : 212.1 Gal.

REGENERACION

Se efectúa con una solución de hidróxido de amonio al 4 %

Hidróxido de amonio necesario para la regeneración = $3 \text{ lbs/ft}^3 \times 43.03 \text{ ft}^3$

Hidróxido de amonio necesario para la regeneración = 129.1 lbs.

SOLUCION DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 %

Peso de hidróxido de amonio : 129.1 lbs

Peso de agua necesaria : $129.1 \text{ lbs}/0.04 = 322.75 \text{ lbs.}$

Peso total = Peso del hidróxido de amonio + Peso del agua

Peso total = $129.1 \text{ lbs} + 322.75 \text{ lbs} = 451.85 \text{ lbs.}$

Densidad de la solución de hidróxido de amonio al 4 % = 61.15 lbs/ft^3

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio 4 % = Masa total / Densidad sol.

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio 4 % = $451.85/61.15 = 7.39 \text{ ft}^3$

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio 4 % = 55.27 Gal.

Velocidad del regenerante : $0.5 \text{ Gal/ft}^3 \cdot \text{min}$

Tiempo de regeneración = $\frac{\text{Volúmen de la solución de hidróxido de amonio al 4\%}}{\text{Velocidad del regenerante} \times \text{Prof. del lecho de la res.}}$

Tiempo de regeneración = $\frac{55.27 \text{ Gal}}{0.5 \text{ Gal/ft}^3 \cdot \text{min} \times 43.03 \text{ ft}^3} = 2.57 \text{ min}$

ENJUAGUE

Se utiliza agua

Tiempo de enjuague : 40 minutos.

Velocidad de flujo de enjuague : 1.5 Gal/min.ft³

Agua de enjuague = 1.5 Gal/min.ft³ X 43.03 ft³ X 40 minutos = 2,581.8 Galones.

Agua de enjuague /por tanque = 1,290.0 Gal.

Tiempo total de regeneración = Tiempo de lavado + tiempo de regeneración
+ tiempo de enjuague.

Tiempo total de regeneración = 10 min. + 2.57 min + 40 min. = 52.57 min.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS DEL TANQUE CON RESINA ANIONICA.

ENTRADA Y SALIDA DE AGUA DE PROCESO

$$Q = 22.1 \text{ GPM}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 8.2 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.102 \text{ ft} = 1.2 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1.5 \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 0.0123 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 4 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE LA SOLUCION DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 % .

$$Q = 0.5 \text{ GPM/ft}^3 \times 43.03 \text{ ft}^3 = 21.5 \text{ GPM} = 0.0479 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$V \text{ recomendada} = 5 \text{ ft/seg.} - 4 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 9.58 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.1104 \text{ ft} = 1.3 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1.5 \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 0.0123 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 3.9 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE AGUA DE LAVADO:

$$Q = 3 \text{ GPM/ft}^2 \times 7.07 \text{ ft}^2 = 21.21 \text{ GPM} = 0.0472 \text{ ft}^3/\text{seg.}$$

$$V \text{ recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 7.87 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.1 \text{ ft} = 1.2 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1.25 \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 8.53 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.5 \text{ ft/seg.}$$

ENTRADA DE AGUA DE ENJUAGUE:

$$Q = 1.5 \text{ GPM/ft}^3 \times 43.03 \text{ ft}^3 = 64.545 \text{ GPM} = 0.1438 \text{ Ft}^3/\text{seg.}$$

$$V \text{ recomendada} = 6 \text{ ft/seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4

$$A = 0.024 \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.175 \text{ ft} = 2.1 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 2.25 \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 0.027 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 5.2 \text{ ft/seg.}$$

NOTA: Solo existe una boquilla para el agua de lavado y enjuague, por lo tanto se selecciona la más crítica (2.25 in)

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 %.

Cantidad de hidróxido de amonio por regeneración = 129.1 lbs.

Se considera el cálculo del tamaño del tanque de almacenamiento para una semana, por lo tanto :

Cantidad de hidróxido de amonio = 903.7 lbs.

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio al 4 % = Masa total/Densidad

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio al 4 % = $903.7 / 61.15$

Volúmen de la solución de hidróxido de amonio al 4 % = 14.78 ft^3

Se considera que el hidróxido de amonio al 4 %, ocupa el 85 % del volúmen del tanque, por lo tanto :

Volúmen del tanque = $14.78 \times 1.15 = 17 \text{ ft}^3$

Se supone una $L / D = 1$

Sustituyendo en la ecuación 2 :

$D = 3 \text{ ft.}$

$H = 3 \text{ ft.}$

Tipo de tanque : Cilíndrico con fondo plano.

Tipo de tapas : Dos aguas.

MATERIAL DE CONSTRUCCION : CASCARON : ACERO INOXIDABLE - 304

TAPAS : ACERO INOXIDABLE - 304.

CALCULO DEL DIAMETRO DE LAS BOQUILLAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LA SOLUCION DE HIDROXIDO DE AMONIO AL 4 %

ENTRADA Y SALIDA DE LA SOLUCION

$$Q = 0.5 \text{ GPM} / \text{ft}^3 \times 43.03 \text{ ft}^3 = 21.5 \text{ GPM} = 0.0479 \text{ ft}^3 / \text{seg.}$$

$$\text{Velocidad recomendada} = 4 - 5 \text{ ft} / \text{seg.}$$

Sustituyendo en la ecuación 4 :

$$A = 9.58 \times 10^{-3} \text{ ft}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 6 :

$$D = 0.1104 \text{ ft} = 1.3 \text{ in}$$

$$D \text{ real} = 1.5 \text{ in}$$

$$A \text{ real} = 0.0123 \text{ ft}^2$$

$$V \text{ real} = 3.9 \text{ ft/seg.}$$

VIDRIO DE NIVEL

Se recomienda un diámetro de 2.0'

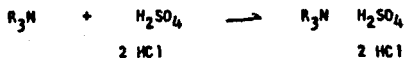
CONEXION DE SERVICIO

Se recomienda un diámetro de 2.0'

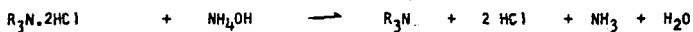
DRENAJE

Se recomienda un diámetro de 1.0'

REACCIONES DE INTERCAMBIO EN LA RESINA ANIONICA IRA-45



REACCIONES DE REGENERACION



CALCULO DEL pH DEL AGUA DESMINERALIZADA

$$R = \frac{\text{Alcalinidad}}{CO_2}$$

$$R = \frac{193.82}{187} = 1.0365$$

De la fig. 3.2 del Nordell.

$$pH = 6.3$$

DESAERADOR

ANALISIS DEL INFLUENTE

CO₂ - - - - - 187.0 ppm CO₂

O₂ - - - - - 8.8 ppm O₂

ANALISIS REQUERIDO DEL EFLUENTE

CO₂ - - - - - 2 - 3 ppm CO₂

O₂ - - - - - 0.005 mg/lit O₂

De la tabla X del Apéndice, se selecciona un desaerador de espumas.

Después de utilizar el vapor producido por las calderas, éste se condensa y se retorna al desaerador a una temperatura de 150 °F, en éste proceso existen pérdidas - del 13.6 % del agua mandada a las calderas, por lo tanto es necesario agregar un agua de reposición al desaerador.

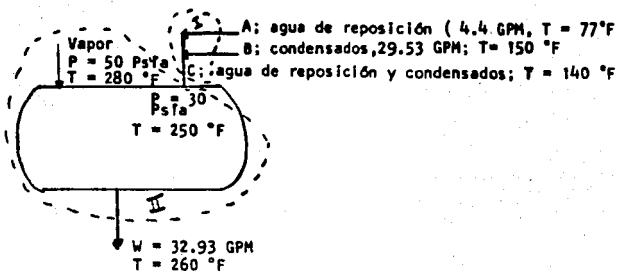
Agua requerida para las calderas = 32.93 GPM = 274.71 lb/min.

% de pérdidas : 13.6

Agua de reposición para las calderas = 4.4 GPM

El área requerida en el desaerador se calcula en función de la cantidad de agua que se quiera tener en su tanque de almacenamiento, por lo que se toma un tiempo de residencia de 10 min., por lo tanto el tanque de almacenamiento del desaerador contendrá un volúmen de agua de 2,747.1 lbs.

Volúmen real del agua : 3,000 lbs
 Temperatura del agua de reposición : 77 °F
 Temperatura de condensados retornados : 150 °F



Balance de energía en I

$$Q_1 = m_{\text{agua}} C_p \text{agua} (T_2 - T_1)$$

$$Q_2 = m_{\text{cond.}} C_p (T_1 - T_2)$$

$$Q_1 = Q_2$$

Se supone una temperatura de 140 °F

$$T_{\text{prom.}} = 77 + 140 = 108,5 \text{ °F}$$

$$\text{Densidad prom} = 59.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$T_{\text{prom.}} = 150 + 140 = 145 \text{ °F}$$

$$\text{Densidad prom} = 57 \text{ lb/ft}^3$$

Igualando los dos calores y sustituyendo los datos, para calcular la temperatura final de la mezcla da :

$T = 140 \text{ }^\circ\text{F}$, que corresponde a la temperatura supuesta.

Según datos recomendados por los fabricantes, el desecador seleccionado, - opera a una presión de 30 lb/in^2 y una temperatura de $250 \text{ }^\circ\text{F}$, manteniéndose el agua en estado líquido, la cual es conducida por medio de ductos internos para estar en contacto con el vapor que entra .

El vapor a utilizar es de 50 lb/in^2 y una temperatura de $280 \text{ }^\circ\text{F}$.

El agua que sale a las calderas debe tener una temperatura muy parecida a la temperatura del vapor, se supone que sea de $260 \text{ }^\circ\text{F}$, ya que éste último dato no se tiene disponible.

Por lo tanto para calcular la cantidad de vapor, se hace un balance de energía en II, considerando que el vapor casi en su totalidad se condensa y se vuelve a utilizar.

Base : 1 min.

$$Q_1 = Q_2$$

$$\text{Temperatura promedio} = 250 + 260 = 255 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Densidad promedio} = 49.6 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Masa de agua} = 32.93 \text{ GPM} \times \text{ft}^3/7.42 \text{ gal} \times 49.6 \text{ lb/ft}^3 = 220 \text{ lb/min}$$

$$Q_1 = m_{\text{agua}} C_p (T_2 - T_1)$$

$$C_p = 0.9 \text{ BTU/lb}$$

$$Q_2 = m_v \times \lambda$$

$$\text{A } P = 50 \text{ lb/in}^2, \text{ existe una } T = 280 \text{ }^\circ\text{F} \text{ y una } = 894.63 \text{ BTU/lb}$$

Sustituyendo en la igualdad de calores y despejando la masa de vapor da :

$$M_v = 2.14 \text{ lb}$$

El condensado retornado como tiene una temperatura de 150 °F, se va calentando a medida que va entrando al desaereador a través de la esprea atomizadora, ya que la presión aumenta de 21 lb/in² a 30 lb/in².

ANALISIS OBTENIDO DEL EFLUENTE

DIMENSIONES DEL DESAEREADOR.

CO₂ - - - - 1.94 ppm CO₂

DIAMETRO = 6' - 3"

O₂ - - - -- 0.005 mg/lit O₂

ALTURA = 4' - 0"

pH = 8.2

C O N C L U S I O N E S

1.- Por economía, en la unidad de clarificación se encontró que era más conveniente agregar una dosis mayor de coagulante para disminuir el pH al óptimo, dado que el intervalo de pH era muy pequeño. (6.9 a 6.8)

2.- El sistema total de tratamiento de aguas, se diseñó con la cantidad de agua de reposición necesaria de calderas, ya que se trabaja con circuitos de recirculación, y la mayor cantidad de condensados son retornados.

3.- En el sistema de desmineralización, el arreglo de los tanques de las resinas, se propuso de acuerdo a la profundidad del lecho de cada una de ellas. Quedando de la siguiente manera : Para la resina catiónica se tienen dos tanques conectados en paralelo y sólo uno de ellos trabaja al 100% en tanto el otro se regenera.

Para la resina aniónica, debido a que se tenía una gran cantidad de aniones se requirió de dos tanques conectados en serie, los cuales trabajan al 100%, pero a la vez estos dos tanques se conectan con otro sistema de tanques en paralelo, el cual se regenera.

4.- En el sistema de desmineralización, para disminuir la cantidad de resina aniónica, se pudo haber conectado un degasificador para eliminar la cantidad de --- bióxido de carbono, pero no se hizo, ya que solamente una tercera parte aproximada-

mente del agua desmineralizada requiere que no tenga bióxido de carbono y oxígeno disuelto, por lo que se encontró más conveniente utilizar el arreglo propuesto y - finalmente un desaerador que elimine la cantidad de bióxido de carbono y oxígeno en el agua para calderas y además de los condensados retornados.

Se encontró muy conveniente que el agua que sale en el desaerador seleccionado precalienta el agua para las calderas.

5.- En el sistema de desmineralización, también se pudo haber utilizado una resina aniónica de base fuerte y así eliminar el bióxido de carbono del agua, pero en este caso no son convenientes, ya que se estaría desperdiciando capacidad de este tipo de resinas, porque se utilizan generalmente cuando se tiene sílice en el agua, para que el tratamiento sea económico, ó cuando no se cumplan los requerimientos de pH - del agua tratada.

6.- Comparando las calidades del agua requerida (Tabla 3.5) y las del agua obtenida (Tabla 4.6), se observa que el agua cumple con lo requerido.

TABLA 1. IMPUREZAS COMUNES ENCONTRADAS EN EL AGUA*

CONSTITUYENTE	FORMULA QUIMICA	DIFICULTADES CAUSADAS	MEDIOS DE TRATAMIENTO
Turbiedad	Ninguna; en los análisis se expresa como SiO_2	Imparte una apariencia desagradable al agua. Origina depósitos en las líneas de agua, -- equipo de proceso, calderas, etc., interfiere con la mayoría de los usos de proceso	Coagulación, asentamiento y filtración.
Color	Ninguna; en los análisis se expresa como unidades de color en alguna escala arbitraria.	Puede causar formación de espumas en calderas Interfiere con métodos de precipitación, tales como los de separación de hierro y ablandamiento en caliente -- con fosfato. Al usarse en proceso puede manchar el producto.	Coagulación y filtración. Cloración. Adsorción por medio de carbón activado.
Dureza	Sales de calcio y magnesio expresadas como : CaCO_3 .	Fuente principal de incrustaciones en equipo de intercambio de calor, calderas, tuberías etc. Forma coágulos -- con el jabón, interfiere en el teñido, etc.	Ablandamiento, destilación. Tratamiento interno de agua de calderas. Agentes tensoactivos.
Alcalinidad	Bicarbonatos, carbonatos e hidratos expresados como: CaCO_3 .	Formación de espuma y acarreo de sólidos con vapor. Fragilización -- del acero de calderas. Con vapor de agua, los bicarbonatos y carbonatos producen CO_2 un compuesto que produce corrosión.	Ablandamiento a la cal y cal-carbonato. Tratamiento ácido. Ablandamiento con zeolitas de hidrógeno. Desmineralización. Desalcalinización por intercambio iónico. Destilación.
Acidos Minerales libres	Acido sulfúrico, clorhídrico, etc., expresados como : CaCO_3 .	Corrosión.	Neutralización con álcalis.

CONSTITUYENTE	FORMULA QUIMICA	DIFICULTADES CAUSADAS	MEDIOS DE TRATAMIENTO
Bióxido de carbono	CO ₂	Corrosión en líneas de agua y especialmente en líneas de vapor y condensado.	Aereación, desaireación, Neutralización con álcalis. Aminas neutralizadoras y formadoras de películas.
pH	Concentración de iones hidrógeno.	El pH varía de acuerdo con la naturaleza ácida o alcalina de los sólidos del agua. La mayoría de las aguas naturales, tienen un pH de 6 a 8.	El pH puede ser incrementado por los álcalis y disminuido por los ácidos.
Sulfato	(SO ₄) ⁻	Se suma al contenido de sólidos del agua, pero por sí mismo este ión generalmente no es significativo. Se combina con el calcio para formar incrustación de sulfato de calcio.	Desmineralización, destilación.
Cloruro	Cl ⁻	Se suma al contenido de sólidos del agua e incrementa las características corrosivas de ella	Desmineralización. Destilación.
Nitrato	(NO ₃) ⁻	Se suma al contenido de sólidos del agua, pero por lo general, no es significativo industrialmente. Altas concentraciones causan metemoglobinemia en los niños. De utilidad para el control de la fragilización metálica en calderas.	Desmineralización. Destilación.
Fluoruro	F ⁻	Mancha el esmalte de los dientes. También se usa para el control de las caries dentales. Por lo general no es industrialmente significativo.	Adsorción con hidróxido de magnesio, fosfato de calcio o negro de humo. Coagulación con alumbre.

CONSTITUYENTE	FORMULA QUIMICA	DIFICULTADES CAUSADAS	MEDIOS DE TRATAMIENTO
Silice	SiO ₂	Incrustación en calderas y sistemas de enfriamiento de agua. Depósitos insolubles en los álabes de las turbinas, debidos a vaporización de la sílice	Eliminación por proceso en caliente con sales de magnesio. Adsorción por resinas de Intercambio iónico fuertemente básicas, junto con desmineralización. Destilación.
Hierro	Fe ⁺⁺ (ferroso) Fe ⁺⁺⁺ (férico)	Al precipitar mancha el agua. Origen de depósitos en líneas de agua, calderas, etc., interfiere con teñido curtido, fabricación de papel, etc.	Aereación, coagulación, y filtración. Ablandamiento con cal. Intercambio catiónico. Filtración -- por contacto. Agentes tensoactivos para retención de hierro.
Manganeso	Mn ⁺⁺	Las mismas que el -- hierro.	Los mismos que el hierro
Aceite	Se expresa como aceite o material extraíble en éter	Incrustaciones, lodos y formación de espumas en calderas. Retarda el intercambio de calor. Indeseable en la mayoría de los procesos.	Separadores de mamparas, Coladores, Coagulación y filtración. Filtración con tierra de diatomáceas.
Oxígeno	O ₂	Corrosión en líneas de agua, equipo de intercambio de calor, calderas, líneas de retorno etc.	Desaereación, sulfito de sodio. Inhibidores de -- corrosión.
Acido Sulfhidrico	H ₂ S	Causa olor a "huevos podridos". Corrosión.	Aereación. Cloración, Intercambio aniónico -- fuertemente básico.
Amoniaco	NH ₃	Corrosión de aleaciones de cobre y zinc, -- por formación de ión -- complejo soluble.	Intercambio catiónico con zeolitas de hidrógeno. Cloración. Desaereación.
Conductividad	Se expresa en micromhos de conductancia específica.	La conductividad es el resultado de sólidos ionizables en solución. Una alta conductividad puede aumentar las características corrosivas de un agua.	Cualquier proceso que disminuye el contenido de sólidos disueltos, -- disminuye la conductividad. Ejemplos de ellos son la desmineralización y ablandamiento con cal.

CONSTITUYENTE	FORMULA QUIMICA	DIFICULTADES CAUSADAS	MEDIOS DE TRATAMIENTO
Sólidos disueltos	Ninguna	Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad total de materia disuelta y se determinan por evaporación. Una concentración elevada de sólidos disueltos es obje- table por interferencias de proceso y como causa de formación de espuma en calderas.	Diversos procesos de -- ablendamiento con cal e intercambio catiónico - con zeolitas de hidróge- no, reducen los sólidos disueltos. Desminerali- zación, Destilación.
Sólidos en Suspensión	Ninguna	Los sólidos en suspen- sión son una medida del material sin disolver y se determinan gravi- métricamente. Los sólidos suspendidos obturan las líneas, causan de- pósitos en equipo de - intercambio de calor, calderas, etc.	Sedimentación, filtra- ción, generalmente pre- cedida por coagulación y asentamiento.
Sólidos totales	Ninguna	Los sólidos totales - son la suma de los sólidos disueltos y en suspensión determinada gravimétricamente.	Véase: Sólidos disueltos y sólidos en suspensión.

* Reimpreso con autorización de Betz Handbook of Industrial Water Conditioning
4th. Ed. Betz, W.H. and L.O. Betz. Chem. Eng. (1953).

TABLA II LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA SELECCION DE METODOS PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

METODO	DESCRIPCION	CONSTITUYENTE TRATADO	CONCENTRACION ESPERADA DEL EFLUENTE (ppm)	EQUIPO
COAGULACION	Consiste en la formación de flóculos de los constituyentes tratados por la adición de reactivos químicos, los cuales pueden ser removidos por asentamiento ó filtración.	Turbidez	10.00	Precipitadores
		Color	10.00	
		Hierro	0.10	
		Manganeso	0.05	
		Aceites y grasas	0.10 ----- 1.00	
		Fluoruros	1.00	
		Silice	2.00 ----- 3.00	
Aluminio	Despreciable			
DESGASIFICACION	Consiste en mezclar aire-agua con el fin de establecer un estado de quillbrio entre los gases presentes en el agua y en el aire.	Dióxido de carbono	5.00 -----10.00	Desgasificador de tiro forzado
		Acido sulfhídrico	Despreciable	
AEREACION	Consiste en establecer el equilibrio entre el agua y las condiciones ambientales. La eliminación se lleva a cabo por la oxidación producida de acuerdo a las siguientes reacciones :	Hierro Manganeso	0.20	Desgasificador de tiro forzado

	$\text{Fe}^{+2} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{+3}$ $\text{Mn}^{+2} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Mn}^{+3}$			
DESAEREACION	El agua que entra se distribuye perfectamente en la parte superior de la torre, de manera que debido a la gran superficie que se logra y su baja presión parcial en el vapor, los gases se liberan y escapan	Oxígeno	Despreciable	Torres desaeeradoras.
		Nitrógeno	Despreciable	
		Dióxido de carbono	Despreciable	

METODO	DESCRIPCION	CONSTITUYENTE TRATADO	CONCENTRACION ESPERADA DEL EFLUENTE (ppm)	EQUIPO
	con el vapor a través de los tubos de desfogue.			
SUAVIZACION CAL-CARBONATO EN CALIENTE	Los iones de calcio y de magnesio son precipitados con cal y carbonato de calcio e hidróxido de magnesio, los cuales se separan luego por sedimentación.	Dureza de calcio y magnesio Silica	6.00 ---- 20.00 5.00	Tanque de Sedimentación
SUAVIZACION CAL-CARBONATO EN FRIO	Lo mismo que en el proceso anterior, sólo que a temperatura ambiente, existe la formación de dióxido de carbono	Dureza de calcio Dureza de magnesio	10.00 35.00	Tanques de Sedimentación
FILTRACION	Consiste en usar un medio granular (una ó más capas) de arena ó grava para remover los sólidos suspendidos, el agua pasa a través del medio filtrante, los contaminantes no.	Turbidez Color Aceite floculada previamente	0.00 ---- 2.00 ---- ----	Filtros a presión gravedad, de placas, carbón activado, de tierras diatomáceas.
SUAVIZACION CON ZEOLITAS	Consiste en el intercambio iónico de cationes de calcio y magnesio con otros iones en el lecho de las resinas. Este proceso es fácil de bajar y de operar.	Calcio Magnesio	0,00 ---- 5,00 ----	Unidades catiónicas, ciclo hidrógeno.
SUAVIZACION EN CORRIENTE DIVIDIDA.	Consiste en el intercambio iónico de los cationes de calcio, magnesio y sodio con los cationes de sodio e hidrógeno de las resinas.	Dureza Alcalidad	0,00 ---- 5,00 0,00 ---- 5,00	Unidades catiónicas, desgasificador de tiro forzado ó a vacío, unidades de lecho mixto.

METODO	DESCRIPCION	CONSTITUYENTE TRATADO	CONCENTRACION ESPERADA DEL EFLUENTE (ppm)	EQUIPO
OSMOSIS INVERSA	Consiste en la separación de los sólidos disueltos en el agua por la aplicación de una presión suficiente en el agua que pasa a través de una membrana semipermeable.	Sólidos disueltos.	Reducción del 90 - 99 %	Membranas semi-permeables.
ELECTRODIALISIS	Una corriente eléctrica a través de la celda hace que los iones positivos y negativos fluyan a un polo o electrodo de carga opuesta.	Sólidos disueltos.	Reducción del 90 - 99 %	Celdas con membranas catiónicas y aniónicas.
DESMINERALIZACION	Consiste en remover las sales minerales del agua por intercambio iónico.	Sólidos disueltos Sílica	Menos de 1.00 0.02 --- 0.10	Unidades catiónicas, aniónicas, - de lecho mixto.
ULTRAFILTRACION	El agua pasa a través de membranas a una presión cercana a 100 Psf.	Partículas coloidales y orgánicas.	Despreciable	Membranas semipermeables.

	Tanques de	Clarificación	Normales
	Cilindro-Cónicos (Flujo Vertical)	De Flujo Sin barrido lodos	Horizontal Con barrido lodos
Flujo Agua Cruda	Pequeño (90G.P.M.)	Muy grandes	Muy grandes
Turbidez del agua cruda	No funciona turbidez alta	No funciona Bien turbidez alta	Turbidez alta y materia pesada que sedimenta rápido
Variaciones en la carga del agua cruda		No	No
Variaciones en la tur- bidez del agua cruda			
Turbidez del efluente			
Eliminación lodos	Continua	Intermitente	Continua
Tiempo de retención	1-1 1/2 horas	Floculador: 20 min. a 1 hora.- Sedimen- tador 4 hrs. aprox.	Floculador: 20 min. a 1 hora.- Sedimenta- dor 4 hrs. aprox.
Velocidad del agua cruda por unidad de Area			
Area de Separación	Al menos dos veces el flujo por hora del agua cruda	1 a 2 veces el flu- jo por hora del agua a tratar	1 a 2 veces el flujo por hora del agua a tratar
Espacio requerido	Pequeño	Grande	Grande
Sistema de Agitación	No	No	Rasquetas o Aspas
Materiales de Construcción	Acero Concreto	Concreto	Concreto

Tanques de Lecho de Lodos	Clarificación	Flujo Recirculación Lodos	Rápido
Tipo Spauldin	Pulsator	Accelerator	Circulator
50-6,940 G.P.M. (Tamaños comerciales)		250-10,000 G.P.M. (Tamaños comerciales)	Pequeña y media Capacidad
Si (unidades 2,080 G.P.M. Máximo 10%)	si	si	si
si	si	si	si
Baja	Baja	Baja (10 p.p.m. si influente 5,000 p.p.m.)	
Continua	Continua	Continua	Continua 45 min. Aprox.
		2.25-2.50 G.P.M. por ft ² de Area de separa- ción	
Pequeño	Pequeño	Pequeño	Pequeño
	Agua en forma intermitente		Eyector de agua
Acero Concreto	Acero Concreto	Acero Concreto	Acero Concreto

T A B L A IV

CANTIDADES RECOMENDABLES Y pH OPTIMO DE OPERACION

COAGULANTE			AGENTE ALCALINIZANTE			OTROS AGENTES		USOS
NOMBRE	pH - Opti mo.	Dosis	Cal-hidrata-da	Sosa cáug tica	Soda - Ash.	A	B	
Alumbre $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	6.8	15-100 gr/m ³ según turbid- dez.	Igual a la tercera parte de dosis de - alumbre	Igual al 36% de - dosis de alumbre	Una dosis de sosa Solvay de 50 a 100% de la de alumbre.			Es el de ma- yor uso de - todos, ya -- sea combina- do o sólo.
Aluminato de Sodio (50% Al_2O_3)	6.8	5-50, gr/m ³ según turbid- dez.				$FeCl_3 \cdot 6H_2O$ Dosis : Igual a la del alumi- nato de so- dio.	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ Dosis : 12.5 % de la del alu- minato de sodio.	Remoción de - color. Aguas corrosivas; - complemento - del cal-carbo- nato.
Alumbre con Aluminato de Sodio (50 %)	5.6	Dosis de Al_2O_3 minato 75 % me- nor que la de Alumbre						Remoción de - color. Reduce el contenido de sílice. Co- plemento Cal- carbonato.
Sulfato Ferroso $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	9.3	5-25 gr/m ³ según turbid- dez.	26 % del sulfato ferroso.			Cloro 12 % del sulfato ferroso	$KMnO_4$ 57 % del - sulfato - ferroso.	Aguas muy tur- bias. Comple- mento del Cal carbonato.

CONTINUACION

T A B L A IV

CANTIDADES RECOMENDABLES Y pH OPTIMO DE OPERACION

COAGULANTE			AGENTE ALCALINIZANTE			OTROS AGENTES		USOS
NOMBRE	pH Optimo	Dosis	Cal-hidratada	Sosa cáustica	Soda Ash	A	B	
Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	9.3	10-50 gr/m ³	40 % de la del sulfato férrico.					Agua muy turbias. Inconveniente; mucha materia orgánica de coloración. Las soluciones son corrosivas.
Sulfato de Cobre $CuSO_4 \cdot 5H_2O$		5 - 20 gr/m ³	30 % de la del sulfato de cobre.					Eliminación - color, olor, sabores vegetales, algas.
Cloruro férrico $FeCl_3 \cdot 6H_2O$	5	5-30 gr/m ³						Agua negra, las soluciones son corrosivas.
Cloruro de Aluminio $AlCl_3 \cdot 6H_2O$		12-40 gr/m ³						
Alumbre de amonio $Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$								Tanques a presión.

TABLA V COAGULANTES COMERCIALES

NOMBRE	FORMULA	CONCENTRACION COMERCIAL	FORMAS DISPONIBLES	PESO lb/ft ³	MATERIALES CON QUE SE MANEJA.
Sulfato de Aluminio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	17 % Al_2O_3	terrón polvo gránulos	Polvo 38-45 otros 37-67	Plomo, hule, - hierro de silicio.
Aluminato de sodio	$Na_2Al_2O_4$	55 % Al_2O_3	Cristales	60	Hierro, acero, hule, plásticos
Alumbre de Amonio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$	11 % Al_2O_3	Terrón	60-68	Plomo, hule, -- hierro al silicio.
Sulfato ferroso	$Fe SO_4 \cdot 7H_2O$	55 % $FeSO_4$	Cristales	63-68	Plomo, estaño, madera
Sulfato férrico	$Fe_2(SO_4)_3$	90 % $Fe_2(SO_4)_3$	Polvo Gránulos.	60-70	Plomo, hule, -- acero inoxidable Plásticos.
Cloruro férrico	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	60 % $FeCl_3$	Cristales.	45-55	Hule, vidrio
Oxido de Magnesio	MgO	95 % MgO	Polvo	25-35	Hierro, acero
Bentonita	----		Polvo	60	Hierro, acero
Silicato de sodio	$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	41be	Sol.	87	Hierro, acero, hule.

TABLA V COAGULANTES COMERCIALES

NOMBRE	FORMULA	CONCENTRACION COMERCIAL	FORMAS DISPONIBLES	PESO lb/ft ³	MATERIALES CON QUE SE MANEJA.
Sulfato de Aluminio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	17 % Al_2O_3	terron polvo granulos	Polvo 38-45 otros 37-67	Plomo, hule, - hierro de silicio.
Aluminato de sodio	$Na_2Al_2O_4$	55 % Al_2O_3	Cristales	60	Hierro, acero, hule, plásticos
Alumbre de Amonio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24H_2O$	11 % Al_2O_3	Terron	60-68	Plomo, hule, -- hierro al silicio.
Sulfato ferroso	$Fe SO_4 \cdot 7H_2O$	55 % $FeSO_4$	Cristales	63-68	Plomo, estaño, madera
Sulfato ferrico	$Fe_2(SO_4)_3$	90 % $Fe_2(SO_4)_3$	Polvo Granulos.	60-70	Plomo, hule, -- acero inoxidable Plásticos.
Cloruro ferrico	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	60 % $FeCl_3$	Cristales.	45-55	Hule, vidrio
Oxido de Magnesio	MgO	95 % MgO	Polvo	25-35	Hierro, acero
Bentonita	----		Polvo	60	Hierro, acero
Silicato de sodio	$Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	41Be	Sol.	87	Hierro, acero, hule.

TABLA VI MODIFICACION DEL ANALISIS INICIAL POR LA ADICION DE COAGULANTES.

COAGULANTE 1 pp.	F O R M U L A	Alcalinidad Reducción ppm CaCO ₃	Sulfato Incremento ppm CaCO ₃	Bióxido de carbono Incremento ppm CO ₂
Alumbre	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	0.45	0.45	0.40
Alumbre de Amonio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 24 H_2O$	0.33	0.44	0.29
Alumbre de Potasio	$Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$	0.32	0.43	0.28
Sulfato Ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.36	0.36	0.31
Sulfato Ferroso Clorinado	$Fe \cdot SO_4 \cdot 7H_2O + (1/2Cl_2)$	0.54	0.36	0.48
Sulfato Férrico (100 %)	$Fe_2(SO_4)_3$	0.75	0.75	0.66
ALCALI 1 ppm.	F O R M U L A	Alcalinidad Incremento ppm CaCO ₃	Calcio Incremento pp.CaCO ₃	Bióxido de carbono Reducción ppm CO ₃
Soda Ash (99.16%)	Na_2CO_3	0.94	--	0.41

CONTINUACION TABLA VI MODIFICACION DEL ANALISIS INICIAL POR LA ADICION DE COAGULANTES

ALCALI l ppm	F O R M U L A	Alcalinidad Incremento ppm CaCO ₃	Calcio Incremento ppm CaCO ₃	Bióxido de carbono Reducción ppm CO ₂
Sosa cáustica (98.06 %)	NaOH	1.23	---	1.08
Cal-hidratada (93 %)	Ca(OH) ₂	1.26	1.26	1.11
Cal viva (90%)	CaO	1.61	1.61	1.41
ACIDOS l ppm	F O R M U L A	Alcalinidad Reducción ppm CaCO ₃	Sulfato Incremento ppm CaCO ₃	Bióxido de carbono Incremento ppm CO ₂
Acido sulfúrico (90 %)	H ₂ SO ₄	1.00	1.00	0.88
Acido sulfúrico (93.2% 66°Bé)	H ₂ SO ₄	0.95	0.95	0.84
Acido sulfúrico (77.7% 60°Bé)	H ₂ SO ₄	0.79	0.79	0.70

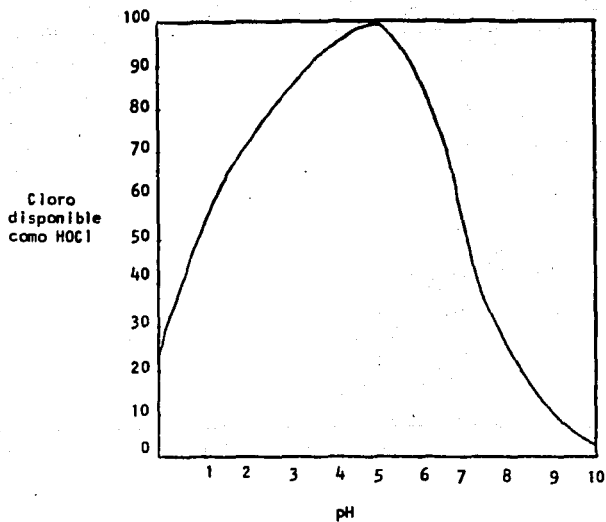


FIG. 1 Efecto del pH sobre la forma disponible del cloro en el agua

T A B L A V I I

RANGOS DE CAPACIDADES DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE FILTROS COMERCIALES				
T I P O	VELOCIDAD (GPH/ft ²)	AREA (ft ²)	FLUJO GPM	F A B R I C A N T E
Por gravedad	2 - 4	hasta 500		Pfauher-Permutit
	2 - 6			Fuller-Infilco
	2 - 4			Pelletier-Degremont
Por gravedad sin válvula:	2 - 3		38-354	Pfauher-Permutit
	3		38-942	Crane-Cochrane
A presión	2 - 3	hasta 113		Pfauher Permutit
Verticales	2 - 4	de 0,7854	2-380	Crane-Cochrane
	1 - 4		4,9-314	Graver
	2 - 4			Pelletier-Degremont
A presión	2 - 3	hasta 200		Pfauher-Permutit
horizontales	2 - 4	72-229	145-920	Crane-Cochrane
	1 - 4		67-688	Graver
	2 - 4			Pelletier-Degremont

TABLA VII a

VELOCIDAD DE FILTRACION

diam.	1 Galón por ft ²		1 1/2 Gal. nos por ft ²		2 Galones por ft ²		2 1/2 Gal. por ft ²		3 Galones por ft ²		3 1/2 Gal. por ft ²		4 Galones por ft ²	
	min.	hora	min.	hora	min.	hora	min.	hora	min.	hora	min.	hora	min.	hora
30"	4.9	294	7.35	441	9.8	588	12.25	735	14.7	882	16.25	975	19.6	1,176
36"	7.1	426	10.65	639	14.2	852	17.75	1,065	21.3	1,278	24.85	1,491	28.4	1,704
42"	9.6	576	14.40	864	19.2	1,152	24.00	1,440	28.8	1,728	33.60	2,016	39.4	2,356
48"	12.6	756	18.90	1,134	23.2	1,392	31.50	1,890	37.8	2,268	44.10	2,646	50.4	3,024
54"	15.9	954	23.85	1,431	31.8	1,908	39.75	2,385	47.7	2,862	55.65	3,339	63.6	3,816
60"	19.6	1,176	29.40	1,764	39.2	2,352	49.00	2,940	58.8	3,528	68.60	4,116	78.4	4,704
66"	23.8	1,428	35.70	2,142	47.6	2,856	59.50	3,570	71.4	4,284	83.30	4,998	95.2	5,712
72"	28.3	1,698	42.45	2,547	56.6	3,396	70.75	4,245	84.9	5,094	99.05	5,943	113.2	6,972
78"	33.2	1,992	49.80	2,988	66.4	3,984	83.00	4,980	99.6	5,976	116.20	6,972	132.8	7,968
84"	38.5	2,310	57.75	3,465	77.0	4,680	96.25	5,775	115.5	6,930	134.75	8,085	154.0	9,240
90"	44.2	2,652	66.30	3,978	88.4	5,304	110.50	6,630	132.6	7,956	154.70	9,282	176.8	10,608
96"	50.3	3,018	75.45	4,527	100.6	6,036	125.75	7,545	150.9	9,054	176.05	10,563	201.2	12,072
102"	56.8	3,408	85.20	5,112	113.6	6,816	142.00	8,520	170.4	10,224	198.80	11,928	227.2	13,632
108"	63.6	3,816	95.40	5,724	127.2	7,632	159.00	9,540	190.8	11,448	222.60	13,356	254.4	15,264
114"	70.9	4,254	106.35	6,381	141.8	8,508	177.25	10,635	212.7	12,762	248.15	14,889	283.6	17,016
120"	78.5	4,710	117.55	7,053	157.0	9,420	196.25	11,775	235.5	14,130	274.75	16,485	314.0	18,840

T A B L A VIII PRINCIPALES MATERIALES FILTRANTES Y SUS APLICACIONES

M A T E R I A L

A P L I C A C I O N

ARENA

Es el medio más utilizado para la filtración de agua fría, debe estar libre de barro, arcilla u otro material soluble en ácido. Tiene el inconveniente de que da problemas de contaminación con sílice.

ANTRACITA

Se usa donde la arena silíceas es prohibitiva (filtración de agua de sistemas de ablandamiento con cal-carbonato en caliente). Sus ventajas sobre la arena son: menor densidad y forma irregular; esto da como resultado un lecho que no se agrieta y se retrolava con facilidad. Se obtienen ciclos de filtración más largos, tienen mayor capacidad de atrapar turbidez, el flujo de retrolavado es inferior. La antracita se usa específicamente para:

MATERIAL

APLICACION

- a) Reemplazar a otros medios filtrantes en filtros viejos, obteniéndose flujos mayores.
- b) Filtrado de aguas blandas con cal ó que contienen fierro ó manganeso.
- c) Filtrar precipitantes finos, tales como carbonatos ó fosfatos de calcio de los ablandadores.
- d) Filtración de aguas alcalinas para la alimentación a calderas (caliente ó fría), para evitar la contaminación de sílice.
- e) Remoción de aceite.

CARBON
ACTIVADO

Se usa cuando se quiere absorber desechos orgánicos que dan color, sabor y olor; así como para absorber el cloro.

NEUTROLITA

Se usa cuando las aguas a filtrar son corrosivas, ya que aumenta el pH y al mismo tiempo filtra.

MAGNETITA

Algunas veces los tanques ya existentes no tienen la profundidad suficiente para permitir el uso de antracita con el espesor deseado y obtener la expansión del lecho durante el retrolavado. Esto se resuelve substituyendo una de las capas poco profundas con magnetita

T A B L A IX

C A P A	ESPESOR	MATERIAL	TAMARO EFECTIVO	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD
A R E N A	12"	Arena	0,45 - 0,50 mm	1,75
	10"	Arena	0,80 - 1,20 mm	
	4"	Grava	1/4" -- 1/8"	
	4"	Grava	1/2" -- 1/4"	
	8"	Grava	1" -- 1/2"	
	4"	Grava	1 1/2" - 1"	
ANTRACITA	18"	Antracita No.1	0,6 -- 0,8 mm	1,75
	9"	Antracita No.2	3/32" -- 3/16"	
	9"	Antracita No.4	5/16" -- 9/16"	
	4"	Antracita No.6	13/16" -- 15/8"	
CARBON ACTIVADO	30"	Carbón activado	0,35 - 0,50mm	1,50

CARACTERISTICAS DEL AQUA-MEX -446

Es un inhibidor que no lleva cromatos, basados en una mezcla sinérgica, compuesta de inhibidores orgánicos e inorgánicos especiales para evitar incrustaciones y corrosión en sistemas de enfriamiento .

USOS PRINCIPALES

El uso del Aqua-mex 446, como se describe abajo provee un control excelente en contra de corrosión, que naturalmente es causada por el oxígeno y el bióxido de carbono en aguas de enfriamiento ó sistemas de salmuera.

El aqua-mex 446 que es una formulación balanceada, contiene fosfatos inorgánicos en tal forma que se puede determinar su concentración por medio de la prueba común colorimétrica de fosfatos residuales.

Se recomienda para todos los sistemas de enfriamiento por agua, tales como : hornos de aereación, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo y equipos de refrigeración. No requiere de dosificación de ácido sulfúrico para evitar incrustaciones con aguas de baja alcalinidad.

CARACTERISTICAS

Apariencia	Líquido viscoso cristalino
Peso específico a 20 °C	11.9
Densidad	A 20 °C 1.42
Punto de congelación	Menos de 20 °C
Punto de ignición	Ninguno
Solubilidad	Soluble totalmente en agua.
pH	Menor de uno

VENTAJAS

- 1.- Económico
- 2.- Previene al máximo a todos los equipos de metales contra incrustaciones y corrosión sobre límites de pH muy amplios.
- 3.- Forma rápidamente una película muy consistente de protección a la corrosión e incrustación.
- 4.- Este inhibidor ofrece una grandísima ventaja por no requerir dosificarse en combinación con ácido sulfúrico, en aguas de sistemas de enfriamiento para prevenir incrustaciones con aguas de baja alcalinidad.
- 5.- Fácil de controlar : por medio de una simple comparación colorimétrica de fosfatos residuales.

DOSIS RECOMENDADAS

Para un tratamiento efectivo al iniciar en un sistema el tratamiento con el aqua-mex 446, se recomienda dosificar cuando menos 100 ppm., durante las primeras 48 hrs., con el fin de formar rápidamente la película protectora en la superficie metálica, después de este tiempo, la dosis se puede reducir de 10 a 25 ppm, dependiendo de la temperatura del agua en el sistema, circulación y calidad del agua de alimentación.

Los sistemas que tengan una pequeña tendencia a producir incrustación, fácilmente se pueden mantener libres de cualquier depósito o incrustación con una dosificación de 0 ppm del aqua-mex 446.

Los límites de pH ideales para evitar incrustación y corrosión en los sistemas de enfriamiento son entre 6.5 y 8.0

MANEJO

El aqua-mex 446, es una solución fuertemente ácida, por lo que puede producir irritaciones locales en las membranas mucosas y en la piel, por lo que se recomienda se evite todo contacto directo, en caso de que llegara a suceder esto, lávese con bastante agua.

ENVASE

El aqua-mex 446 viene envasado en tambores de 200 lts y en cubetas de 19 lts recubiertas con materiales plásticos resistentes a la corrosión.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Nordell Eskill.- Water Treatment for industrial and other uses; Capítulos 1 - 5, 8 - 13, 15 - 17 ; Reinhold Publishing; 2a. ed.; New York (1961).
- 2.- Powell T. Sheppard.- Water Conditioning for Industry; Capítulos : 1 - 8 10, 13, 16, 17 y 23 ; Mc.Graw-Hill; 1a. ed.; New York Toronto London ; (1954).
- 3.- Betz.- Betz Handbook of industrial water conditioning; Capítulos : 1 - 3 5 - 8, 15, 16, 19 - 24, 27, 31 - 35.; Betz Laboratories Inc.; 6a. ed.; - Trevose Pennsylvania; (1967).
- 4.- Frank L. Evans Jr.- Equipment Design Handbook for refineries and Chemical Plants; Capítulos : 3, 4, 7 ; Book Division Gulf Publishing; Voldmen 2 ; Houston, Texas; (1974).
- 5.- Drew Company.- Principles of Industrial Water Treatment; Voldmen I; - - - 2a. ed.
- 6.- Rohn and Hass Company.- Engineering manual for the amberlite, Ion Exchange Resins.
- 7.- Catálogo de Sybron - Ionac.

- 8.- Crane.- Flow of Fluids; Tabla B-16; Technical Paper No. 410.
- 9.- Robert H. Perry / Cecil H. Chilton.- Chemical Engineers' Handbook; Capitulo 3; Mc. Graw-Hill; 5a. ed.;
- 10.- Joseph P. Vadovic.- Reference File: Industrial Water Treatment Systems ; Plant Engineering; Páginas 135 - 140 ; (December 1976).
11. K.M. Guthrie W. R. Grace & Co.- Data and Techniques for preliminary Capital Cost Estimating; Chemical Engineering; Páginas 114 - 142; (March. 1969).
12. Sistema de Información del Agua (SICA).
Informe Estadístico.
13. Catálogo de AQUA - MEX.
- 14.- TESIS :
ACRILONITRILLO. APLICACION DE LA TECNOLOGIA ACTUAL PARA SU OBTENCION EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA. Gerardo Pagaza Melero y Sergio Eduardo Picazo Garcés
Páginas 204 - 208. UNAM 1977.

15. Boletín No.	TITULO	COMPAÑIA
3698B	VACUUM DEAREATOR	PFAUDLER-PERMITIT
4721	PACKAGED DEMINERALIZERS	" "

Boletfn No.	TITULO	COMPARIA
5205	DEMINEALIZING	PFAUDLER-PERMITIT
5325	EXTENDED AEREATION PACKAGED SEWAGE TREATMENT PLANTS.	" "
5550B	WATER SOFTENERS	" "
5869	WATER TREATMENT FOR POWER PLANTS	" "
CATALOGO CU 478	CLARI- VAC FLOATING SIPHON	" "
B5205	PRE-ASSEMBLED LOW HEADROM DEAERATOR	" "
----	PACKAGE DEIONIZERS	INTENSA
----	SPECIALITY ION EXCHANGE RESINS	"
----	WATER SOFTENERS	"
----	REVERSE OSMOSIS	"
----	PLANTAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS	SYBRON-PFAUDLER
----	WATER AND WASTE TREATMENT DATA-BOOK.	PFAUDLER-PERMITIT.

16. Ing. Sergio Picazo Garcés.- Tratamiento de Agua de calderas y de enfriamien
to. Instituto Mexicano del Petróleo; (1978).