

Escuela Superior Politécnica del Litoral
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE
LA PRODUCCION



**“Estudio del Proceso de Purificación
de Salmuera para Obtención de Cloro
Gaseoso y Soda Caustica.”**

TESIS DE GRADO

Previa la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

JUAN CARLOS SOTOMAYOR GUEVARA



Guayaquil - Ecuador

Año - 1998



POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS"
F.I.M.C.P.

AGRADECIMIENTO

AL INGENIERO JULIAN PEÑA,
POR SU DEDICACION, GUIA Y
PACIENCIA EN LA CULMINACION DE
ESTA TESIS.

A AQUELLAS PERSONAS QUE
PRESTARON SU COLABORACION EN
LA ELABORACION DE ESTA TESIS.

DEDICATORIA

A Dios,
A mis padres
A mis hermanos

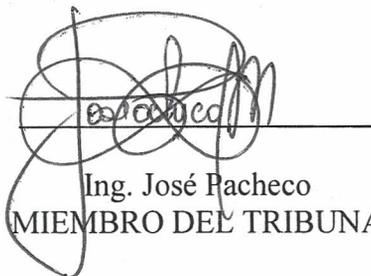
TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Eduardo Rivadeneira
DECANO DE LA FIM



Ing. Julián Peña
DIRECTOR DE TESIS



Ing. José Pacheco
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

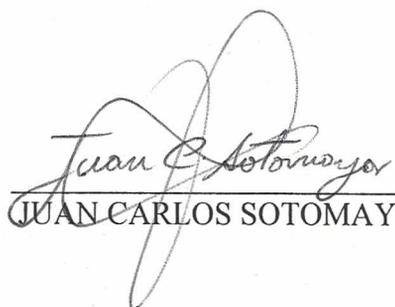


Ing. Omar Serrano V.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)


JUAN CARLOS SOTOMAYOR

Resumen

El presente trabajo comprende un estudio acerca de una planta de proceso de purificación de salmuera para obtención de cloro gaseoso y soda cáustica, su parte técnica y los costos que son necesarios para la adquisición y operación de las partes constitutivas de la misma.

En la parte técnica se realiza pruebas de purificación de dos tipos de sal, materia prima principal del proceso. Este se llevo a cabo en el laboratorio del Instituto de Química. Luego se procede a seleccionar los equipos, instrumentos, elementos que constituyen todo el proceso en función del procedimiento utilizado en las pruebas.

Se dimensiona la planta de acuerdo a la producción que se ha establecido por el mercado que es de 150 Ton/mes, se realiza los respectivos cálculos para una mejor selección de los componentes del proceso.

En la parte de costo y operaciones se elaboran tablas que reúnen los valores que se presentan para la planta tanto en equipos como en materia prima, energía a utilizar en la purificación de salmuera.

Este proceso de purificación de salmuera sirve para obtener productos finales como son cloro gaseoso y soda cáustica de excelente calidad



POLITECNICA DEL LITORAL
BIBLIOTECA 'GONZALO ZEVALLOS'
E.I.M.C.P.

INDICE GENERAL

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| - RESUMEN..... | VI |
| - INDICE GENERAL..... | VIII |
| - INDICE DE FIGURAS..... | XI |
| - INDICE DE TABLAS..... | XIII |
| - CUADRO DE SIMBOLO Y ABREVIATURAS..... | XV |
| - INTRODUCCION..... | XVIII |

CAPITULO I

| | |
|--|----|
| 1. PURIFICACION DE SALMUERA POR PRECIPITACION QUIMICA | 20 |
| 1.1 Equipos y funciones del Proceso..... | 21 |
| 1.2 Eliminación de Impurezas..... | 23 |
| 1.3 Medición de las Variables..... | 24 |
| 1.3.1 Ph..... | 25 |
| 1.3.2 Turbidez..... | 28 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.3.3 | Temperatura..... | 30 |
| 1.4 | Tanques de Preparación y Precipitación..... | 32 |
| 1.4.1 | Aparatos de Precipitación..... | 32 |
| 1.4.2 | Principales Tipos de decantación..... | 34 |
| 1.5. | Elementos Complementarios del Proceso..... | 42 |

CAPITULO 2

| | | |
|-------|---|-----|
| 2. | TRATAMIENTO DE SALMUERA Y SELECCION DE SUS COMPONENTES EN EL PROCESO..... | 67 |
| 2.1 | Purificación de Salmuera cruda con dos tipos de sal..... | 68 |
| 2.2 | Instrumentos utilizados en la medición de variable..... | 77 |
| 2.3 | Dimensionamiento de la Planta de Salmuera..... | 79 |
| 2.3.1 | Tanque de Preparación..... | 81 |
| 2.3.2 | Tanque Reactor..... | 82 |
| 2.3.3 | Tanque Filtro..... | 83 |
| 2.3.4 | Tanque de Almacenamiento de Solución Pura..... | 84 |
| 2.4 | Selección de Elementos Complementarios para la Purificación..... | 85 |
| 2.4.1 | Agitadores..... | 85 |
| 2.4.2 | Bombas..... | 98 |
| 2.4.3 | Selección de Pinturas..... | 101 |
| 2.4.4 | Selección de Tuberías y accesorios..... | 105 |
| 2.4.5 | Selección del Calentador..... | 106 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 2.4.6 Material Filtrante..... | 108 |
| 2.5 Distribución de la Planta..... | 108 |

CAPITULO 3

| | |
|--|-----|
| 3. EVALUACION ECONOMICA DEL PROCESO..... | 115 |
| 3.1 Valor de los Equipos..... | 116 |
| 3.2 Gastos de Operación..... | 120 |
| | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 124 |
| ANEXOS..... | 126 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 134 |

CUADRO DE FIGURAS

| | PAG |
|-----------|--|
| FIG. 1 | Aparato para medir pH.....26 |
| FIG. 2 | Turbidímetro.....29 |
| FIG. 3 | Sedimentación de Fangos.....38 |
| FIG. 4 | Decantador Cilíndrico Cónico.....41 |
| FIG. 5 | Filtro con Falso Fondo..... 51 |
| FIG. 6 | Filtro con falso fondo de hormigón.....51 |
| FIG. 7 | Tanque y Agitador de Palas.....60 |
| FIG. 8 | Turbina de Paletas Planas.....60 |
| FIG. 9 | Calentador de Circulación66 |
| FIG. 10 | Balanza de Precisión69 |
| FIG. 11 | Mezcla de Sal y Agua (Salmuera).....69 |
| FIG. 12 | Filtro de Arena.....70 |
| FIG. 13 | Filtración.....70 |
| FIG. 14 | Aparato para medir pH.....71 |
| FIG. 15 | Espectrofotómetro de absorción atómica.....71 |
| FIG. 16.1 | Distribución de planta de purificación.....109 |
| FIG. 16.2 | Tanque Agitador.....110 |
| FIG. 16.3 | Tanque Reactor.....111 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| FIG. 16.4 | Tanque para filtración de Salmuera..... | 112 |
| FIG. 16.5 | Tanque para salmuera pura..... | 113 |
| FIG. 16.6 | Vista de Planta..... | 114 |
| FIG. 17.1 | Curva de Seleccionamiento de Agitadores..... | 127 |
| FIG. 17.2 | Curva de Seleccionamiento de Agitadores..... | 128 |
| FIG. 18 | Curva de concentraciones y densidades de la Salmuera..... | 129 |
| FIG. 19 | Curvas de Rendimiento de Bombas para Salmuera..... | 133 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág |
|-------------|--|
| TABLA. I | Resultados de las pruebas (sal industrial)..... 76 |
| TABLA. II | Resultados de las pruebas (sal en piedra)..... 76 |
| TABLA. III | Dimensión de los tanques del proceso..... 85 |
| TABLA. IV | Dimensión y Potencia de los Agitadores.....98 |
| TABLA. V | Datos Técnicos de las bombas seleccionadas.....101 |
| TABLA. VI | Sistemas de tanques del Proceso..... .116 |
| TABLA. VII | Sistema de Medición de Variables..... .117 |
| TABLA. VIII | Instrumentos de Laboratorio..... 117 |
| TABLA. IX | Agitadores del Proceso..... .118 |
| TABLA. X | Pintura para los Tanques..... 118 |
| TABLA. XI | Bombas para el Proceso.....119 |
| TABLA. XII | Calentador de circulación.....119 |
| TABLA. XIII | Material Filtrante (Arena Silícea).....119 |
| TABLA. XIV | Tuberías y Accesorios para el Proceso.....120 |
| TABLA. XV | Sal Industrial para el Proceso.....121 |
| TABLA. XVI | Agua de uso para Salmuera.....121 |
| TABLA. XVII | Cal (eliminador de Magnesio).....121 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| TABLA. XVIII | Carbonato de Sodio..... | 122 |
| TABLA. XIX | Acido Chloridrico (regulador de pH)..... | 122 |
| TABLA. XX | Cloruro de Bario (eliminador de sulfatos)..... | 122 |
| TABLA. XXI | Energía Eléctrica de consumo en el Proceso..... | 122 |
| TABLA. XXII | Mano de Obra de la Planta..... | 123 |
| TABLA. XXIII | Costos totales de la Planta..... | 123 |
| TABLA. XXIV | Concentración de Salmuera y su temp. de trabajo..... | 130 |
| TABLA. XXV | Análisis Químico de la Arena Filtro..... | 131 |
| TABLA. XXVI | Materiales Usados en Bombas para Líquidos Químicos.. | 132 |

CUADRO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

| | | |
|-------------------------|---|--|
| $\text{SO}_4 \text{Ca}$ | = | Sulfato de Calcio |
| $\text{SO}_4 \text{Mg}$ | = | Sulfato de Magnesio |
| F_{Ca} | = | Factor de Relación del Calcio |
| F_{Mg} | = | Factor de Relación del Magnesio |
| V_{TP} | = | Volumen del Tanque de Preparación |
| V_{TR} | = | Volumen del Tanque Reactor |
| D_0 | = | Diámetro Inicial de Sección Cónica del Tanque Reactor |
| D_f | = | Diámetro Final de Sección Cónica del Tanque Reactor |
| V_{TF1} | = | Volumen de la Sección de Solución sin Filtrar |
| X_1, Y_1, Z_1 | = | Dimensiones de la Sección de Solución sin Filtrar |
| X_2, Y_2, Z_2 | = | Dimensiones de la Sección del Filtro |
| X_3, Y_3, Z_3 | = | Dimensiones de la Sección de Almacenamiento de Solución Filtrada |
| V_{TA} | = | Volumen de Tanque de Almacenamiento de Solución Pura |
| ρ | = | Densidad de la Salmuera |
| A_{TP} | = | Area del Tanque de Preparación |
| A_{TR} | = | Area del Tanque Reactor |

| | | |
|-----------|---|---|
| V_{tf2} | = | Volumen de la Sección filtro |
| H_o | = | Altura de la parte cónica del tanque reactor |
| D_t | = | Diámetro del Depósito |
| D_i | = | Diámetro del Rodete |
| Z_l | = | Altura del nivel del líquido en el depósito |
| Z_i | = | Altura que esta el rodete sobre el fondo del depósito |
| N° | = | Numero de revoluciones por segundo |
| W | = | Ancho de las hojas cortacorriente |
| H | = | Altura del depósito |
| μ | = | viscosidad cinemática |
| P | = | Potencia requerida de la turbina. |
| FR | = | Número de Froude ($Re > 300$) |
| ϕ | = | Factor de Potencia. |
| A, b | = | Factores de potencia para curva 14 |
| PS | = | Par de Salida. |
| CE | = | Carga Equivalente |
| A_{TSC} | = | Area del tanque de salmuera cruda |
| A_{TSP} | = | Area del tanque de salmuera pura |
| A_T | = | Area de tapa de tanque de salmuera pura. |
| C_p | = | Calor específico. |

F = Flujo Másico.
SF = Factor de Seguridad.
Q = Calor.
V = Volumen del cilindro.

INTRODUCCION

Un notable crecimiento de las exportaciones de productos químicos tales como el cloro y soda cáustica se han dado debido a las múltiples necesidades de las industrias en nuestro país, principalmente las empresas de agua potable son las primeras consumidoras de gas cloro, necesario para la purificación de este preciado líquido.

Existen así mismo varios tipos de empresas que necesitan soda cáustica, producto que se utiliza como desinfectante, neutralizante, etc. Para obtener estos dos productos se necesita de un proceso electrolítico en el que la materia prima es la sal en grandes concentraciones disueltas en agua.

La elaboración y el proceso de purificación de esta solución (salmuera) será objeto de estudio llevado a pequeña escala de acuerdo a la demanda de nuestro mercado.

El estudio comprende una parte experimental que trata de la purificación con dos tipos de sal y saber cual de ellas nos conviene.

También se realizará el seleccionamiento de todos los equipos, instrumentos y elementos que tienen que utilizarse en este proceso cuando es llevado a una escala industrial.

Para finalmente obtener los costos que se requieren en este proceso tanto en equipos como en operación. Esta parte que en conjunto con otros procesos forman la obtención de cloro y soda por medios electrolíticos, son una industria la cual aún no existe y que tiene futuro en nuestro país.

CAPITULO 1

PURIFICACION DE SALMUERA

POR PRECIPITACION QUIMICA

1.1 Equipos y Funciones del Proceso

Se tratará de explicar brevemente sobre los equipos y sus funciones que cumplen en el proceso.

Sistema de Tanques

Existen tres tipos de tanques para este proceso:

1. Tanques de almacenamiento: Tienen la función de guardar al principio y al final la solución cruda y pura respectivamente.
2. Tanques Precipitadores: En ellos se realiza la precipitación química, reaccionan la salmuera impura con los agentes químicos. Existen tres de estos Tanques a lo largo del proceso.
3. Tanques Filtros: Se encuentran después de cada Tanque Precipitador y estos sirven para eliminar completamente las impurezas precipitadas de la salmuera.

Tratamiento de Impurezas.

En aportación a circuitos electrolíticos de fabricación de cloro gaseoso y soda se utiliza la precipitación de magnesio y calcio con cal y carbonato de sodio, también la desulfatación con cloruro de bario.

En este sistema es necesario recurrir a la operación de rectificación de ph y generalmente van seguidos de una filtración a través de arena. Se precipita primero los iones magnesio luego se procede a la desulfatación para finalmente eliminar los iones calcio, todo esto por precipitación química.



Medición de las Variables del Proceso

Esta funciona de acuerdo al orden de la eliminación de impurezas, va midiendo la dureza de la solución y la turbidez que este tiene, debe disminuir conforme avanza la purificación. Para esto será necesario de tener medidores de turbidez en el área de desulfatación y medidores de dureza en el área de eliminación de calcio y magnesio y también un medidor de ph, para registrar los cambio que suceden durante la purificación y que deberán quedar con un de ph de 3-4.

Elementos Complementarios en el Proceso

Como partes complementarias se necesitan de:

Bombas.- Que servirán para transportar el agua, la salmuera de un tanque a otro y cuando se va a preparar la solución.

Agitadores.- Se necesitan para la mezcla homogénea del agua y la sal, cuando se prepara la salmuera y cuando se mezcla los agentes químicos con la salmuera.

Tuberías.- Estas serán los elementos que permitan la unión de todo el procesos a través de los tanques .

Químicos.- Se necesitan de agentes químicos para la purificación que son el carbonato de sodio, la cal y el cloruro de bario, para regular el ph a la solución se necesita de Ácido Clorhídrico (H Cl).

Calentador.- Se necesita para el mayor rendimiento de la solución en la electrólisis y también para una mejor precipitación de la impurezas.

1.2 Eliminación de Impurezas.

Para la preparación de salmueras utilizada en la producción de cloro gaseoso y soda cáustica se necesita su depuración por precipitación química. El objetivo puede ser algo diferente según el tipo de celda de electrólisis utilizada.

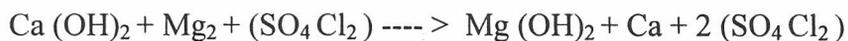
Si la celda es del tipo de diafragma que separa el ánodo del cátodo evita la recombinación del cloro y el sodio al mismo tiempo que deja pasar la corriente eléctrica, hay que operar de forma que el calcio y el magnesio no precipiten sobre este diafragma con el objeto de evitar su atascamiento.

Con la eliminación de los iones sulfato, se consigue reducir el desgaste de los ánodos de grafito, nuestro proceso necesitará reunir estas condiciones arriba recomendadas ya que utilizamos celda de diafragma y ánodos de grafito.

Una salmuera que atraviesa una batería de electrólisis experimenta una pérdida y una concentración de impurezas introducidas por la sal de aportación, impurezas que habrán de eliminarse antes de que la salmuera vuelva a la batería de electrólisis.

Eliminación de los Iones de Calcio y Magnesio.

El calcio y magnesio se encuentran presentes en forma de sulfatos y cloruro, el magnesio se precipita con cal en forma de hidróxido de magnesio según la reacción:



En este caso la depuración incluirá un proceso de eliminación de sulfatos, esta operación para la que se necesita la aportación de iones Ca^{-2} habrá que hacerse previamente a la eliminación de los iones Ca^{-2} , la instalación comprenderá primeramente de un reactor donde se eliminarán los iones magnesio mediante cal.

En estos tratamientos puede ser necesario recurrir a operaciones de rectificación de pH y generalmente van seguidos de una filtración a través de arena.

1.3 Medición de las Variables.

En el proceso de purificación de salmuera debe existir un control de las variables, llamándose a la turbidez, dureza, Ph y densidad que debe obtenerse a lo largo de la depuración química las variables a controlar.

1.3.1 pH

Industrialmente la medida del pH se efectúa siempre por electrometría, utilizando dos electrodos, uno de referencia y otro de medida. El electrodo de referencia va sumergido en una solución de concentración constante en iones hidrógeno. Un tabique que deja pasar la corriente eléctrica, separa la solución de referencia de la solución cuyo pH se quiere medir; en esta se introducen el electrodo de medida entre los bornes de los electrodos aparece una tensión, función lineal de la concentración de iones hidrógeno de la solución. Basta unir, por tanto estas barras con un voltímetro, para conocer el valor del pH.

Existen varios tipos de electrodo de medida, el electrodo de hidrógeno muy preciso y el electrodo de quinhidrona, los dos de uso limitado al laboratorio, el electrodo de antimonio, electrodo industrial robusto y electrodo de vidrio, que es el empleado universalmente. Este último constituido por una pequeña ampolla de pared muy fina que contiene un electrodo de plata y una solución tapón. A continuación se muestra en la figura 1 un aparato medidor de pH usado en la industria y laboratorio.

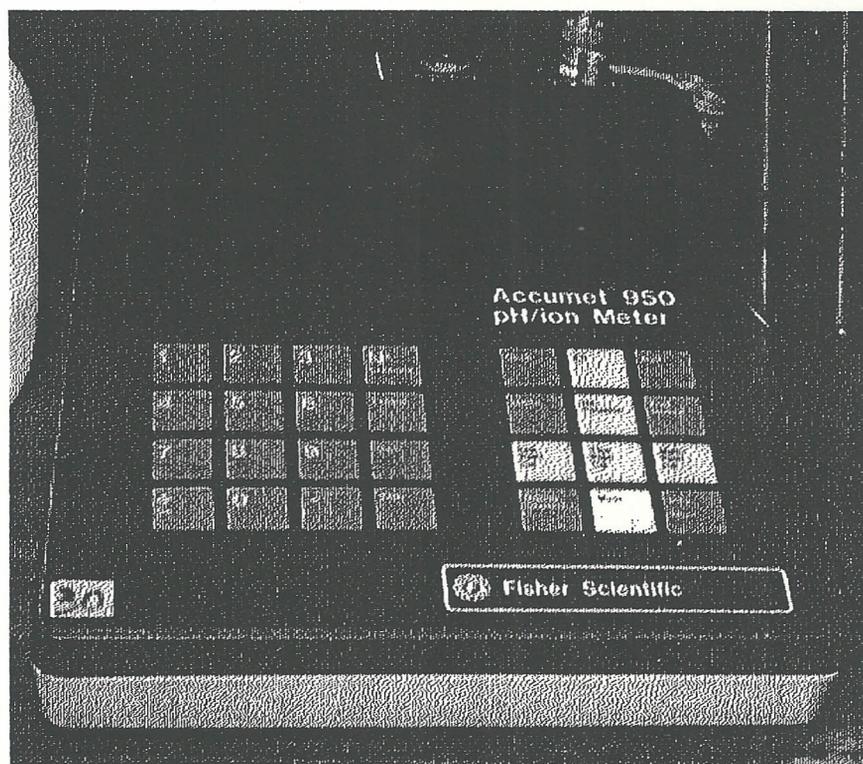


FIG. 1 APARATO PARA MEDIR pH.

El electrodo de referencia es generalmente de calometanos (Hg Cl) o de cloruro de plata. El primero es el más empleado y se presenta normalmente en forma de un filtro lleno de una solución de cloruro potásico, en el cual se introduce una cierta cantidad de mercurio y de calometano, difundiéndose la solución de cloruro potásico en el líquido, de forma lenta a través de un tabique poroso

La determinación del pH consiste en medir la fuerza electromotriz de un par, en el cual la resistencia de uno de los electrodos, electrodo de vidrio, es muy elevada (varios megohmios) esta fuerza electromotriz es de unos milivoltios y debe medirse sin paso de corriente para evitar todo fenómeno de polarización.

Se utilizan industrialmente dos tipos de pHmetros. En uno de ellos la medida se efectúa por el método potenciométrico, que consiste en oponer a la F.E.M. del par, una F.E.M. igual y de signo contrario, de valor conocido, de forma que se anule todo paso de corriente en el circuito. En el segundo tipo de aparato, los electrodos van unidos a un amplificador lineal de impedancia de entrada muy elevada y cuya salida está conectada a un voltímetro graduado a unidades de pH.

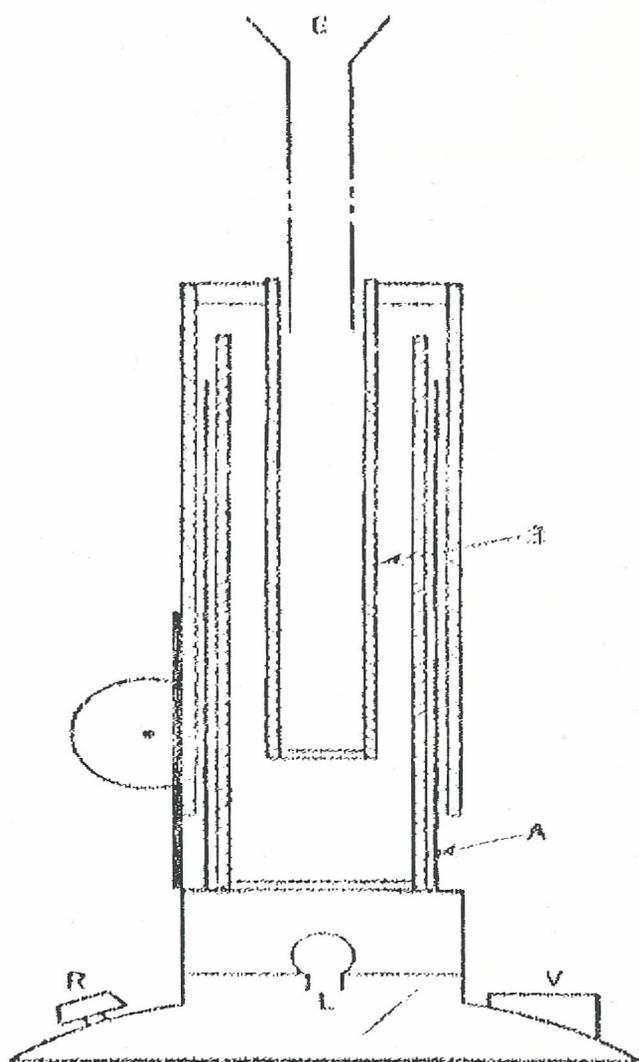
Los electrodos pueden ser del tipo de inmersión o de circulación y pueden ir equipados o no con un dispositivo de limpieza mecánica. El electrodo de vidrio tiene una resistencia que varía con la temperatura, por lo cual, los pHmetros que lo utilizan están generalmente compensados.



1.3.2 Turbidez

El método basado en la transmisión (turbidimetría) sirve para muestras que tienen manifiesta turbiedad puesto que para obtener resultados precisos se necesita que haya considerable disminución de la intensidad incidente; por ejemplo: 1 cm de grueso de solución cuyo coeficiente de turbiedad es 10^{-2} tiene una transmitancia de 98%. Muchas de las aplicaciones analíticas de la difusión de la luz implican soluciones de considerable turbiedad, para las cuales son muy útiles las mediciones de transmisión.

La forma más sencilla de instrumento de transmisión es la de los *turbidímetros de extinción de Parr* y de Jackson, (figura 2) en los que se aumenta la longitud de la columna de una solución turbia hasta que una fuente de luz vista en la línea del eje de la columna desaparece. En condiciones seleccionadas, el recíproco de la longitud de la columna en el momento de la extinción es proporcional a la turbiedad, pero generalmente se construye una curva de calibración con cantidades conocidas de partículas en las mismas condiciones. La curvatura de tales líneas de calibración resulta de las variaciones en la distribución de tamaños de las partículas o del efecto de difusión múltiple, en virtud del cual el coeficiente aparente de turbiedad se hace



Turbidímetro de Parr
 (6). *A*, tubo fijo; *B*, émbolo;
E, posición del ojo; *L*, lámpara;
V, voltímetro; *R*, reóstato.

FIG. 2 TURBIDIMETRO

1. DEGREMONT, L, Manual Técnico del Agua, Editorial Artes Gráficas Grijelmo S.A Uribirarte Bilbao-España, 1985.

menor a medida que aumenta la longitud de la muestra examinada. Pueden hacerse mediciones comparativas de turbiedad con *colorímetros del tipo Duboscq* operando como en colorimetría. En este caso también la turbiedad relativa es inversamente proporcional a la relación de las longitudes de columna.

Para mediciones de turbiedad frecuentemente se usan *fotómetros de transmisión fotoeléctricos*. Los fotómetros con filtro y otros aparatos en los que se hace uso de luz en un intervalo de longitudes de onda relativamente amplio son muy a propósito para partículas de gran tamaño, sobre todo en mediciones comparativas cuando se emplea un patrón muy similar. Una gran región estrecha de longitudes de onda, obtenida mediante un espectrofotómetro de prima o de retícula, es muy útil para partículas pequeñas (por debajo de 0.2 micras de diámetro), en las que la intensidad de difusión depende en grado notable de la longitud de onda o cuando se requieren medidas absolutas. Los *espectrofotómetros* permiten el uso del método del exponente de la longitud de onda, que ya hemos explicado, puesto que la transmitancia se mide en un número mayor de valores de longitud de onda.

1.3.3 Temperatura.

Una vía cómoda para la medición de la temperatura se halló a partir de la observación de que, en general, los cuerpos aumentan de volumen al ser calentados.

Entonces se tomo el mercurio y depositarlo en el interior de un cilindro de cristal. Al calentarse el mercurio alcanza un mayor nivel dentro del recipiente.

A continuación hablaremos de diversos tipos de termómetros basados en un principio distinto al de los termómetros de mercurio. Los termómetros de alcohol o de cualquier otro líquido, son análogos, como es fácil comprender, a los de mercurio. En cambio, los termómetros de Termopar son completamente distintos.

Un termopar se basa en la sobreposición de dos láminas de distintos materiales, soldados por su extremidad; cuando la temperatura en ambas soldaduras es distinta, se produce una diferencia potencial eléctrica proporcional a la diferencia de temperatura, que origina la circulación de un débil corriente eléctrica por láminas. En los termómetros construidos en base de termopares se produce una variación muy rápida y fiel de la corriente al variar la temperatura, y la intensidad de la corriente, modula a través de un instrumento adecuado, proporciona la medida de la temperatura.

Conviene también mencionar los termómetros con lámina bimetálica (formada por vendas de metales distintos unidos juntamente), en los que la variación térmica deforma de modo diferente los distintos metales que forman la lámina.

Los termómetros a base de cristales líquidos contienen sustancias semicristalinas que licúan bajo determinadas condiciones térmicas, combinando su color; estos se disponen de modo apropiado en la escala termométrica, de modo que la temperatura

este indicada por un color distinto adoptando por la sustancia líquida en correspondencia con el número que indica la temperatura en grados.

1.4 Tanques de Preparación y Precipitación

Por precipitación química se entiende la formación, por la acción de los reactivos apropiados, de compuesto insolubles de los elementos indeseables contenidos en un agua, aplicando la leyes de Berthollet o las de oxidación - reducción. Los procesos que se emplean más corrientemente en tratamientos de aguas son en el primer caso el de la precipitación cristalina de los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} y en el segundo caso, la precipitación de hidróxidos metálicos.

1.4.1 Aparatos de Precipitación

Precipitación en frío de calcio y magnesio para que esta sea rápida, que la reacción tenga lugar en presencia de una masa de cristales ya formados. Los aparatos de contactos de fangos o bien reactores con masa de contacto granular. Hay que advertir que si se desea una agua descarbonatada perfectamente limpia, debe completarse siempre la descarbonatación con una filtración.

Recirculación de Fangos

Los aparatos combinados que incluyen una zona de reacción se adaptan perfectamente a la precipitación de calcio y magnesio: Circulator, Accelerator, Turbocirculator, Decantador Laminar RPS. En todos estos aparatos gracias a la gran

concentración de fangos que se mantienen en la cámara de reacción, la descarbonatación puede considerarse prácticamente terminada a su salida.

El Circulator y el Turbocirculator están especialmente indicados en la precipitación de los iones fluoruros y fosfatos. También se utilizan en tratamientos de salmueras, como reactores o decantadores reactores con los aparatos provistos de dispositivos de barrido mecánico se obtienen unas concentraciones de fangos muy elevadas.

Aparatos de Lecho de Fangos

Estos aparatos, especialmente el Pulsator se adaptan perfectamente a las precipitaciones de cinética lenta y, por lo tanto a la del yeso en las soluciones sobresaturadas de sulfato de calcio. Con ellos se obtiene una aproximación al producto límite de solubilidad de este cuerpo

Aparatos con Masa de Contacto Granular

La diferencia esencial con los aparatos anteriores consiste en el empleo de gérmenes de mayor tamaño, mientras que los primeros aparatos el tamaño de los cristales elementales de carbonato de calcio es del orden de 1/100 de mm, se utiliza aquí una masa denominada catalizante que generalmente esta constituida por granos de arena de tamaños iniciales comprendidos entre 0.2 y 0.4 mm contenida en un aparato de forma cónica. El carbonato calcio precipita en la superficie de los granos, entre los cuales el paso ascendente del agua se efectúa a gran velocidad, teniendo lugar, al

mismo tiempo una reacción completa y una buena separación del precipitado.

Estos aparatos presentan 3 ventajas:

1. Espacio reducido.
2. Posibilidad de funcionamiento a presión, combinándolos con filtros cerrados, puede descarbonatarse en agua sin romper la carga hidráulica.
3. Obtención en lugar de fangos de bolas del orden de 1 a 2 mm de diámetro que se secan con gran rapidez.

Sin embargo no puede utilizarse para aguas que contengan demasiados, coloides, ni en el caso de un contenido de magnesio tal que pueda producirse precipitación de hidróxido de magnesio.

1.4.2 Principales Tipos de Decantación

Se ha visto que el objeto de la decantación es el de conseguir que se depositen las partículas que se encuentran en suspensión en el agua tanto si se trata de partículas presentes en el agua bruta, como si se deben a la acción de un reactivo químico añadido en el tratamiento (coagulación, eliminación de hierro, depuración química, etc.) e incluso de las que resultan de una floculación física ligada a una acción biológica .

Decantación Estática.

Puede procederse por intermitencia, llenando un depósito en el que el agua permanezca en reposo durante varias horas vaciando a continuación la capa superior

de agua hasta un nivel por encima del de los fangos depositados. Puede ser interesante este procedimiento para instalaciones provisionales. Pero en una explotación industrial siempre es preferible utilizar un decantado en circulación continua, con el fin de evitar frecuentes intervenciones manuales. El decantador está constituido por un depósito rectangular o circular. Para que se depositen los fangos es preciso que la velocidad ascensional del agua sea inferior a la velocidad de caída de las partículas, lo que naturalmente depende de la densidad y tamaño de las mismas.

Los decantadores pequeños van provistos de fondos que tienen una inclinación de 45° a 60° con objeto de que los fangos puedan evacuarse en forma continua o intermitente por su parte inferior. En el caso de grandes decantadores esto conducirá a tener que adoptar alturas prohibitivas por lo que la pendiente del fondo se reduce al mínimo. Los fangos se evacuan mediante el sistema de rascado que los reúne en una fosa de la que se extrae fácilmente.

Los decantadores estáticos deben funcionar preferentemente de forma regular, puesto que las variaciones de caudal provocan la formación de remolinos que hacen que los fangos suban a la superficie. Debe estudiarse cuidadosamente el reparto de agua bruta y la recogida del agua decantada, para evitar la formación de corriente preferentes y para conseguir que el agua se reparta uniformemente en todo el

volumen útil de decantación, dejando al mismo tiempo, un zona en calma para la sedimentación del fango. En caso de coagulación por adición de reactivos químicos, el proceso de decantación debe ir precedido de un floculador. Este floculador permitiría una floculación <difusa> en la que el volumen de materias de agua bruta y por los procedentes de los reactivos introducidos.

Decantación por Contacto de Fangos.

Los progresos de la técnica han mejorado la floculación aumentando la concentración del flóculo, o recirculando los fangos, con la cual se acelera la decantación. En el caso de aguas de consumo o de aguas de fabricación destinadas a la industria, se combina la floculación y la decantación de un aparato único como el Circulator (que utiliza la recirculación de fangos) o el Pulsator (que produce un manto de fango en cuyo seno la concentración de materia en suspensión es elevada) por medio de las cuales se consiguen reacciones completas con precipitados densos.

De esta forma, puede aumentarse considerablemente la velocidad de circulación del agua y adoptarse una superficie de decantación igual al caudal horario dividido para 1.5 a 6, según el tipo de decantador. Con estos decantadores puede obtenerse un agua decantada siempre de calidad buena y constante cualesquiera que sean la turbiedad del agua bruta y la naturaleza del tratamiento.

Con los sistemas de decantación por contacto de fangos mejoran los fenómenos de

floculación y se obtiene un rendimiento óptimo de la cantidad de reactivo introducido, debido a la concentración que se produce en el lecho de fango, se consigue así una mejor absorción de las materias disueltas sobre el flóculo formado.

Aplicación de la Decantación Laminar a los Decantadores por Contacto de Fangos

Si se introducen placas inclinadas en un lecho de fangos que se mantienen en suspensión, se observa que se produce una sedimentación acelerada, los fangos se depositan en la placa inferior desplazándose por deslizamiento hacia la base del lecho de fangos. Al mismo tiempo el agua liberada como consecuencia de esta sedimentación se desplaza hacia la placa superior y tiende a subir rápidamente hacia la parte superior del aparato. Este fenómeno puede observarse en la figura 37 en laboratorio se compara la sedimentación de fangos introducidos en dos probeta. Por lo tanto, mediante este dispositivo puede combinarse a la vez el efecto de lecho de fangos y el efecto de la decantación laminar.

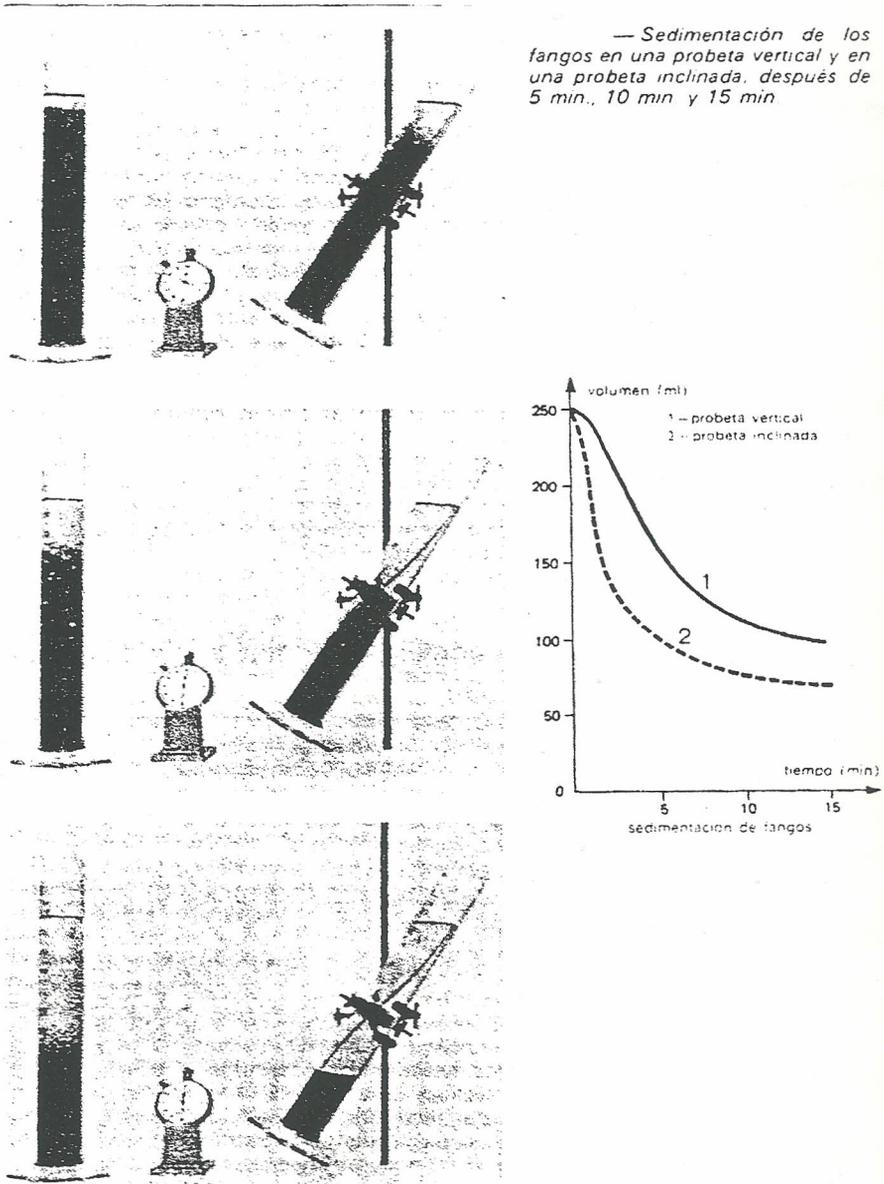


FIG. 3 SEDIMENTACION DE FANGOS

1. DEGREMONT, L, Manual Técnico del Agua, Editorial Artes Gráficas Grijelmo S.A Uribirarte Bilbao-España, 1985.

Decantadores Estáticos.

La costumbre ha hecho que el termino <estático> se reserve para designar a los decantadores que no son ni de recirculación de fangos, ni de lecho de fangos, se bien esto aparatos la decantación se efectúa de hecho según un proceso dinámico.

Según la cantidad de materia en suspensión en el agua bruta, el volumen de los precipitados a evacuar y la pendiente del fondo del aparato, el decantador puede equiparse o no con un sistema de rascado de fangos.

.Decantadores Estáticos sin Rascado

A.- Decantadores cilindros - cónicos normales.

Este decantador de flujo vertical (figura 4) se utiliza para instalaciones de pequeño caudal hasta unos $20\text{m}^3/\text{h}$, especialmente en el caso de depuración por vía química. Se utiliza, así mismo en el tratamiento de aguas residuales para poblaciones de 1mil a 2mil hbts. También puede utilizarse en instalaciones de mayor importancia cuando el volumen de precipitado es reducido, y eleva su densidad, este decantador puede ir precedido, en caso necesario, de un floculador e incluso de un desarenador.

La pendiente de la parte cónica del aparato estará comprendida entre 45° y 65° , según la naturaleza del agua tratada y el tratamiento aplicado. La velocidad ascensional

media será de 0.5 a 1 m/h, en el caso de clarificación de agua para abastecimiento público, y de 1 a 2 m/h, será decantación primaria de aguas residuales urbanas.

B.- Decantadores Estáticos de Flujo Horizontal.

En este tipo de decantadores, que fue utilizado en estaciones de depuración de agua potable, superficie de decantación, en m^2 es igual 1 ó 2 veces el caudal horario en m^3 de agua a tratar. Esta solución exige grandes superficies de obras de fábrica importantes. Por otra parte cuando se requieren evacuar los sedimentos de fango debe procederse al vaciado total del depósito.

Por lo tanto este sistema solo puede utilizarse cuando el volumen de fango es pequeño. Los depósitos de decantación estáticos generalmente van precedidos de una cámara de mezcla en la que se consigue una difusión rápida de los reactivos y de un floculador de agitación lenta para favorecer al floculación.

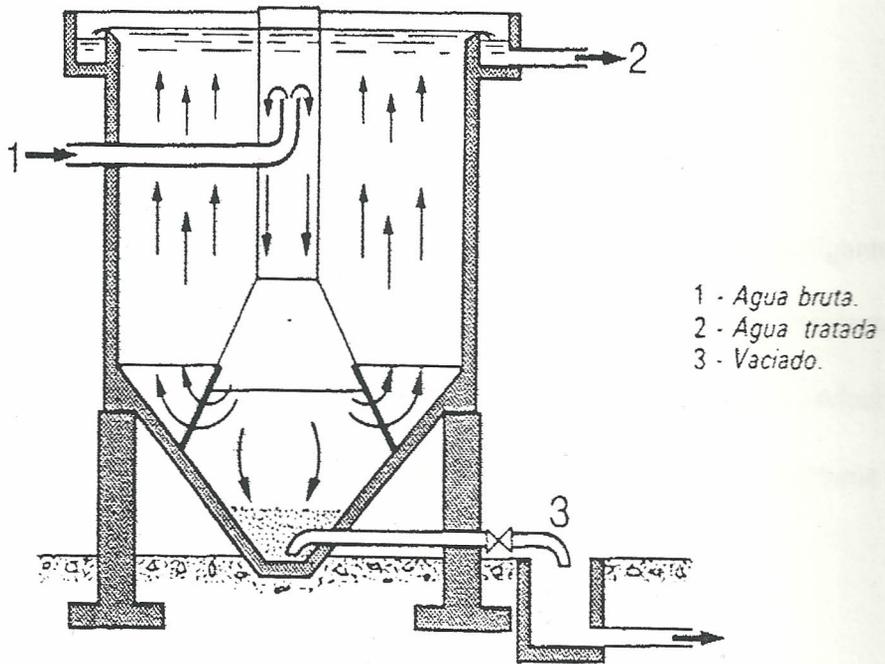


FIG. 4 DECANTADOR CILINDRICO - CONICO

1. DEGREMONT, L, Manual Técnico del Agua, Editorial Artes Gráficas Grijelmo S.A Uribirarte Bilbao-España, 1985

1.5 Elementos Complementarios del Proceso

Se describirá las partes que cumplen una función de complemento en este proceso y que son: **Pintura y Recubrimientos Protectores, Filtración Bombas, Agitadores, Tuberías y Accesorios, Calentadores y Agentes Químicos.**

Pintura y Recubrimientos Protectores

Pintura es una mezcla de filmógeno (material formador de película y ligante) y pigmento. El pigmento imparte el color y el filmógeno la continuidad; junto crean la opacidad. La mayoría de las pinturas requieren adelgazador volátil para reducir su consistencia a un nivel adecuado para la aplicación. Una excepción importante son las pinturas en polvo, hechas con resinas fusibles y pigmentos.

Elementos de la Pintura

Los ingredientes de las pinturas son los aceites secantes de las resinas, los plastificantes, los adelgazantes (diluyentes), secantes, pigmentos.

Los Aceites Secantes

Se secan (se vuelven sólidos) cuando son expuestos al aire en películas delgadas, el secado comienza con una reacción química del aceite con el oxígeno. La

polimerización subsiguiente o simultánea completa el cambio. El aceite más importante es el de la linaza. El aceite crudo de linaza necesita 3 ó 4 días para secar, la adición de pequeños porcentajes de secantes acorta veces el tiempo a 5 a 10 horas. Los secadores son compuestos solubles en aceites, de palma, manganeso y en algunos otros metales. aceleran el secado de las capas que contienen aceite,

Resinas

Se usan tanto las resinas naturales como las sintéticas. Las resinas naturales comprenden los tipos fósiles procedentes de los árboles extintos en la actualidad, los tipos resientes (colágeno, manila), goma loca (secreción de un insecto) y los asfaltos (gilsonitos), las resinas sintéticas comprenden goma estérica, las fenólicas, alquídicas, de urea, en lámina, de almidon, epoxi, vinílicas, de caucho o hule, de petróleo, de nitrato de celulosa, acetato de celulosa y etilcelulosa.

Filtración

El problema general de la separación de sólidos y líquidos puede resolverse de distintas maneras según sea la naturaleza de los sólidos y de la proporción sólido a líquido en la mezcla que quiere separarse. Cuando la cantidad de sólido es relativamente pequeña comparada con la de líquido el proceso normalmente se denomina filtración. Al aumentar el porcentaje de sólido la operación pasa a ser de prensado a centrífugo. Es bastante curioso que la centrifugación se utiliza también cuando la cantidad de sólido a separar es infinitesimal.

La operación propiamente conocida como filtración es mucho más importante que cualquiera otra de separación de sólidos.

Una característica de esta operación es que los aparatos se han desarrollado a base de consideraciones prácticas, sin ninguna relación con la teoría. Por consiguiente, los aparatos utilizados para la filtración pueden clasificarse según ciertos tipos dictados por consideraciones mecánicas específicas en la industria en que se utilizan.

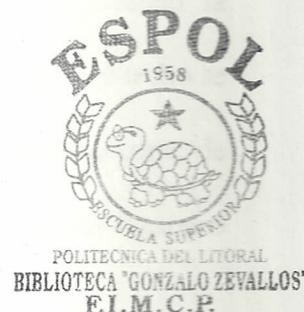
La teoría de la filtración es un campo en el que ha habido un gran desarrollo matemático, pero la aplicación de esta teoría a los problemas prácticos aún es incompleta. Esto se debe en parte a que es muy difícil definir el tamaño, forma y propiedades de las partículas que se va a filtrar, y también, aunque esto fuera posible a que existen una gran variación de una carga a otra y de un día a otro en el producto aunque este proceda de un proceso perfectamente controlado.

Clasificación de los Filtros.

Debido a la gran variedad de aparatos en que se efectúa la filtración, no es posible hacer una clasificación sencilla que incluya todos los filtros conocidos.

La siguiente no es completa pero cubre los tipos más importantes:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1.- Filtros de arena | a.- Abiertos |
| | b.- A Presión |
| 2.- Filtros Prensa | a.- De Cámaras con Lavado {salida del producto abierta} |
| | b.- De Platos y Marcas sin Lavado {salida del producto cerrada} |
| 3.- Filtros de Hoja. | a.- Moore |
| | b.- Kely |
| | c.- Sweetland |
| 4.- Filtros Continuos Rotativos | a.- De Tambor |
| | b.-De hojas |
| | c.-De Alimentación Superior. |



Filtros de Arena

El filtro más sencillo posible es una caja de madera con el fondo perforado y lleno de arena suelta, los filtros de este tipo se han empleado con frecuencia para muchos objetos, pero hoy día constituye un tipo definido y completamente normalizados. Suelen ser útiles principalmente cuando la cantidad relativa del sólido que hay que separar es muy pequeña y cuando se han de manejar volúmenes de líquidos muy grandes con el mínimo coste.

Filtración a través de un Lecho Filtrante.

Se utiliza una filtración sobre lecho filtrante, cuando la cantidad de materiales que debe retenerse es grande y la dimensión de las partículas contenidas en el agua es relativamente pequeña.

Efectivamente, para que una filtración de este tipo sea eficaz es preciso que las materias puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloqueando la superficie. Por otra parte es preciso que el o los materiales que componen el lecho se elijan cuidadosamente, tanto en su granulometría, como en la altura de su capa, de forma que el filtrado responda a la calidad deseada como se observa en las figuras 5 y 6.

Para asegurar una buena filtración, un filtro debe reunir numerosas condiciones. No existe un filtro universal, sino filtros adaptados especialmente a cada una de los problemas que se plantean.

Filtración Rápida

En el proceso de filtración rápida, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 4 a 50 m/h. La acción biológica es prácticamente nula.

Procesos de Filtración Rápida.

Pueden citarse esencialmente:

- ⇒ La Filtración Directa, cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar
- ⇒ La Filtración con Coagulación sobre Filtro, de un Agua No Decantada previamente.
- ⇒ La Filtración de un Agua Coagulada y Decantada

Filtración de Agua Coagulada y Decantada.

Los flóculos que resultan de la coagulación total del agua se eliminan en su mayor parte en el proceso de decantación; el agua que llega a los filtros solo contiene trozos de flóculos cuya cohesión depende de los reactivos utilizados. Con una buena decantación, los filtros se encuentran en una situación ideal que consiste en recibir un agua de calidad prácticamente constante y poco cargada. La filtración viene a ser entonces un tratamiento de acabado y de seguridad necesario cuando se destine el agua al consumo público, o tratamientos industriales de productos elaborados, a fabricaciones industriales de calidad.

Las velocidades de filtración dependen de la calidad del filtrado que se desee, pueden variar entre 5 y 20 m/h según la calidad del filtrado que se desee, pueden variar entre 5 y 20 m/h según la calidad del agua decantada y la naturaleza de los filtros utilizados.

Medio Poroso

Características Físicas: Un material filtrante se caracteriza generalmente por los siguientes factores:

- ⇒ Granulometría.- Se caracteriza por una curva representativa de los porcentajes en peso, de los granos que pasan a través de las mallas de una sucesión de tamices normalizado.
- ⇒ Talla Efectiva (TE).- Corresponde al porcentaje 10 de la curva anterior y determina, en gran parte, la calidad del filtrado, juntamente con los dos factores siguientes.
- ⇒ Coeficiente de Uniformidad.- Relación de las tallas correspondientes a los porcentajes 60 y 10 de la curva anterior.
- ⇒ Forma de los Granos.- Angulosos (Material triturado) o redondos (arena de río y mar)

Naturaleza del Medio Poroso

La arena silícea ha sido el primero de los materiales utilizados en la filtración y continúa siendo el material base en la mayor parte de los filtros actuales.

Elección Granulométrica de la Capa Filtrante Única

Esta elección debe hacerse juntamente con la del espesor de la capa.

- ⇒ Tallas efectivas de 0.3 - 0.5mm filtraciones muy rápidas, con coagulación sobre filtro.

⇒ Tallas efectivas de 0.6 - 0.8mm filtración sin decantación previa, con o sin coagulación sobre filtro, sin muchas impurezas el agua.

⇒ Tallas efectivas de 0.9 - 1.35m filtración se utiliza generalmente en Europa Continental, en capa homogénea para aguas decantadas o poco turbias, con coagulación sobre filtros, se adapta a los filtros de falso fondo lavable con agua y aire y puede alcanzar velocidades de filtración de 15 a 20 m/h.

Espesor de una Capa Filtrante Única

Si se filtra sobre un material de granulometría dada y se aumenta progresivamente la altura de la capa filtrante, se comprueba después de la moderación del filtro, que la turbiedad del filtrado disminuye hasta llegar a un color estable, pero que no mejora con el espesor del lecho. Este espesor define la altura mínima de capa que debe utilizarse, estando limpio el filtro. En general puede decirse que cuando más fina es la arena, menor puede ser el espesor de la capa filtrante pero mayor son las pérdidas de carga media y máxima.

Filtros Abiertos

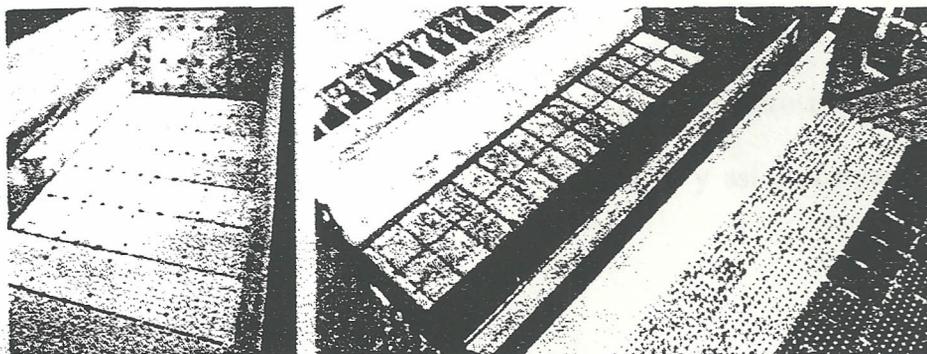
La mayor parte de las instalaciones de filtración destinadas al abastecimiento de agua potable, así como numerosas instalaciones de clarificación de aguas industriales o residuales de gran caudal, utilizan filtros abiertos generalmente de hormigón. Según los casos, el agua al filtrar no recibe previamente ningún reactivo, se somete

simplemente a una coagulación sin fase de decantación, o bien, lo que es más frecuente, a un proceso de coagulación, floculación y decantación.

El sistema de tratamiento influye en la concepción tecnológica de los filtros y, especialmente, en el diseño de la batería filtrante.

Un filtro típico de arena a presión, utilizado para la filtración de agua de alimentación de los generadores de vapor o para necesidades similares, en el fondo del depósito montado sobre un falso fondo o conectados a una tubería de distribución embebida de cemento. Hay un cierto número de coladores : Estos coladores están contruidos en bronce y llevan unas ranuras estrechas en la cabeza, sobre los coladores hay una capa de algunos centímetros de grava de un tamaño moderado y sobre esta capa va otra de arena que forma el filtro propiamente dicho.

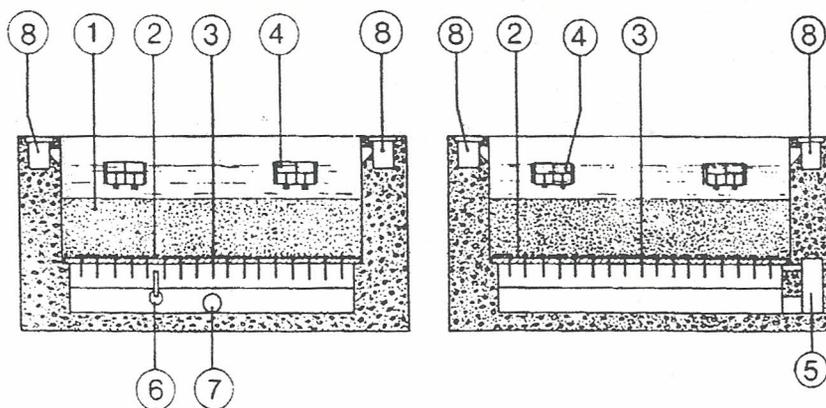
Esta capa de arena suele ser de 0.6 a 1.20 m de alto. Durante la operación el agua que ha de filtrarse se introduce por la parte superior donde choca con una pantalla con el objeto de impedir que la arena se revuelva. El agua filtrada se extrae por el fondo a través de los coladores. Cuando las partículas obstruyen el filtro se conoce por que el flujo de agua disminuye. Se lava el filtro con agua en contracorriente esta operación consiste en introducir agua ya filtrada por la parte inferior del filtro a través de los coladores de la forma que fluye hacia arriba a través del lecho de arena y sale por donde normalmente es la entrada, esta agua se desecha.



— Placa de poliéster armado, de longitud igual a la anchura de la célula filtrante. Filtro V.

— Filtros AQUAZUR T, en construcción. De izquierda a derecha pueden verse, las vigas-soporte, el falso fondo con sus losas de hormigón y las boquillas colectoras.

FIG. 5 FILTRO DE FALSO FONDO



— Filtro AQUAZUR tipo T con falso fondo de hormigón y colector de inyección de aire.

1 - Arena. 2 - Falso fondo.
3 - Boquillas. 4 - Batiente de entrada de agua.
5 - Canal de distribución aire-agua de lavado.
Salida de agua filtrada.

— Filtro AQUAZUR tipo T con falso fondo de hormigón y canal de aire-agua.

6 - Colector de inyección de aire.
7 - Entrada de agua de lavado. Salida de agua filtrada.
8 - Canales de evacuación de fangos.

FIG. 6 FILTRO CON FALSO FONDO DE HORMIGÓN

1. DEGREMONT, L, Manual Técnico del Agua, Editorial Artes Gráficas Grijelmo S.A Uribirarte Bilbao-España, 1985.

Los filtros de arena de este tipo se aplican únicamente para la separación de aquellos cuerpos que pueden eliminarse de la arena de esta forma y así descargarse como desecho. Los precipitados gelatinosos:

- Aquellos que por otra razón reciben la arena de manera que no pueden eliminarse por lavado en contracorriente o aquellos precipitados que han de recuperarse no pueden manejarse en filtros de arena.
- La capacidad media de un filtro de arena con materiales tales como el agua de alimentación de calderas va de 8 a 16 litros/minuto y m^2 de superficie filtrante.

Bombas

Materiales de Construcción para Bombas con Líquidos Químicos

.La lista de los materiales más generalmente usada en la manufacturas de bombas centrífugas reciprocantes y rotatorias propuesta para muchas bombas de los líquidos encontrados en la industria representa la mejor práctica como conocimiento del Instituto Hidráulico. La lista de materiales son aplicables a todas las clases de bombas hasta donde sus características de resistencia a la corrosión están comprometidos pero en algunos casos, las medidas de diseño pueden adaptarse físicamente los requerimientos los cuales eliminan ciertos materiales de consideración Ej., Si bien el hierro fundido puede ser lo suficientemente resistente al ataque de un líquido que esta siendo manipulado será considerado satisfactorio hasta donde la deteriorización estructural esta aceptada, esto puede por lo tanto introducir suficientemente dificultades mecánicas a través del herrumbramiento y congelamiento de partes de cerrado huelgo.

Obviamente una tabulación de esta naturaleza no puede reconocer todo los detalles de construcción, pero tener que aceptar esto mismo con solo los problemas de corrosión, el uso debe tomar este factor dentro de la consideración cuando evalúan los méritos de los varios materiales sugeridos.

Los líquidos tabulados son estos los más frecuentemente encontrados en la industria. Muchos, porque de sus características corrosivas hacen necesario de materiales especiales y estos más generalmente usados, son recordados. Los líquidos están



asumidos de calidad comercial y del grado de pureza usualmente encontrado. Por lo tanto este ha de ser reconocido que la presencia de una sustancia extraña en porcentaje pequeños pueden y frecuentemente tener un profundo efecto superior de corrosividad de la solución y aquí sobre la elección de los materiales. Ej. La presencia de un pequeño porcentaje de una solución Cloruro u otro Halógeno en muchos de los líquidos incluido en la tabla puede intensificar generalmente sus propiedades corrosivas.

Recíprocamente ciertas sustancias, los cromatos y dicromatos pueden inhibir corrosividad de muchas soluciones a los metales ferrosos, adicionalmente algunos líquidos, notablemente los aceites vegetales mientras que es relativamente inactivo cuando es nuevo, puede tener una exposición superior al calor y a la atmósfera, aspecto ranceoso y convertirse completamente corrosivo. Mientras que el hierro fundido, puede ser seguramente usado con tales aceites.

En el más reciente caso otro material más resistente probablemente será requerido por que el efecto de tales variaciones, esto es usualmente seguro confiar en experiencia o en previos usos que encima de algunas generalización el cual no puede reconocer todos los factores envueltos.

En algunos casos el uso satisfactorio de un material particular es restricto, a una temperatura definitiva y rango de concentración y, donde este es conocido a realizar las limitaciones no son notadas como la tasa de corrosión usualmente se incrementa en la temperatura, la mayor conveniencia es un factor importante de hacer una selección de materiales.

Materiales Usados

La lista de materiales más comúnmente usados en las partes principales de la bomba tales como cilindros, revestimiento e impeler, los ítems arreglados tales como válvula, vástago, anillos, manguitos, etc. Pueden diferir en composición de los mayores casos de requerimientos mecánicos pero el material entonces seleccionado será sustituido para el medio ambiente encontrado

.Porque de las muchas variables las cuales pueden afectar los resultados esto no es posible en alguna generalización decir con certeza que algún otro material estará resistiendo el ataque corrosivo de un líquido dado, desde entonces más de un tipo es usualmente incluido. La lista será incluida en estos casos donde incluso en una ligera contaminación del líquido, a través de la introducción de sales metálicas de la bomba particularmente sino es lavado fuera durante el periodo de cierre; puede afectar el calor o características de los productos a desarrollar toxicidad en el caso de sustancias

AGITADORES

Mezcla de Materiales

Esta operación implica, como puede suponerse, la mezcla de gases, líquidos o sólidos, con dos o más constituyentes. La mezcla de gases con gases, es rara vez difícil; la de líquidos con líquidos, gases con líquidos es un problema corriente y se ha estudiado extensamente, la mezcla de líquidos con sólidos, puede efectuarse en la misma forma que la de líquidos con líquidos, cuando la relación del líquido a sólido es muy grande. Si esta relación es pequeña el proceso es similar a la mezcla de sólidos con sólidos habiendo resistido hasta ahora esta última operación todos los intentos efectuados para tratarla sistemáticamente.

Muchas son las exigencias que deben satisfacer los sistemas de agitación según sea los resultados deseados. Existen cuatro tipos de operaciones generales que pueden distinguirse por sus correspondientes objetivos y cada uno de ellos necesita un equipo distinto de agitación.

- 1.- Transferencia de materia en sistemas heterogéneos.
- 2.- Mezcla de líquidos.
- 3.- Formación de emulsiones.
- 4.- Transferencias caloríficas y uniformidad de temperatura.

Hablaremos del primer tipo de operación que realizaremos:

TRANSFERENCIA DE MATERIA EN SISTEMAS HETEROGÉNEOS.

Esta categoría de operaciones incluye reacciones químicas, la disolución de sólidos, la extracción, la absorción y la adsorción. Las exigencias que debe satisfacer el agitador son dobles: Debe dispensar o suspender al fase discontinua en la totalidad de la continua, y Debe provocar intensa turbulencia entre las gotitas, burbujas o partículas suspendida, para favorecer la transferencia de materia entre las fases. Para estas finalidades se necesita un agitador que produzca velocidades de flujo o suficientemente elevadas que impidan la sedimentación de las partículas o la estratificación de las fases.

No deben existir espacios muertos en el sistema en agitación, porque producirían la concentración local de una de las fases. La intensidad de la turbulencia debe ser uniforme en todo el recipiente se quiere que la transferencia de materia tenga lugar en todos los puntos. Las hélices pequeñas que operan a grandes velocidades producen grandes velocidades de corriente, pero concentran la zona de turbulencia en las proximidades del rodete; por otra parte, los rodetes grandes que funcionan a pequeñas velocidades producen turbulencia uniforme en todo el tanque, se bien las velocidades que determinan demasiado bajas para lograr una buena suspensión o dispersión de las fases.

En consecuencia, para esta operación se recomienda rodetes de tamaño mediano, que funcionen a velocidades medias.

TIPOS DE APARATOS AGITADORES.

Los dispositivos mecánicos empleados para producir agitación son extremadamente variados; desde un batidor de huevos hogareño hasta el velocísimo molino coloidal.

A continuación se pasa revista a los tipos de agitadores más importantes, actualmente en uso:

- 1.- Agitadores Rotativos.
- 2.- Sistemas de Circulación Mediante Bombas.
- 3.- Paletas Pendulares.
- 4.- Tanques o Pailas Rotatorias.
- 5.- Elevadores y Agitadores de Aire.
- 6.- Molino Coloidal, Homogenizador - Mezclador de Chorro.



En nuestro caso hablaremos del primeros que son los agitadores rotativos.

AGITADORES ROTATIVOS

Los agitadores rotativos pueden ser de distintas formas y tamaños y girar, solidarios a sus ejes, en tanques cilíndricos, cónicos, semiesféricos o rectangulares. Son ejemplos de estos tipos de aparatos los agitadores de hélices marinas, las de paletas y

las turbinas de alabes curvos como en las figuras 7 y 8, se pueden montar varios agitadores sobre un mismo eje, y se puede emplear más de un eje para un mismo tanque, a veces los agitadores tocan realmente las paredes del tanque, realizando una verdadera acción de rascado que resulta útil cuando el material tiende a adherirse a las paredes en forma de capas gruesas. Los tanque de agitación suelen estar dotados de cortacorrientes para evitar que el movimiento del agitador arrastre a todo el líquido en masa sin que se mezcle.

En otros casos se emplean tubos de calefacción o de refrigeración. La agitación en el interior de pequeños recipientes de vidrio se llevan a cabo mediante los llamados agitadores magnéticos generalmente de hierro, y que se mueven por la acción de un campo magnético exterior. Este método elimina todo el problema de ajuste en los aparatos que deban ser perfectamente estancos.

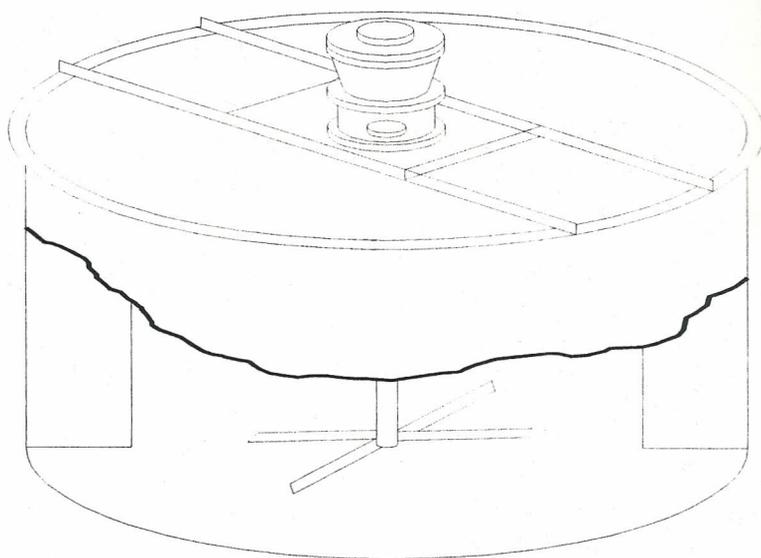


FIG. 7 TANQUE Y AGITADOR DE PALAS

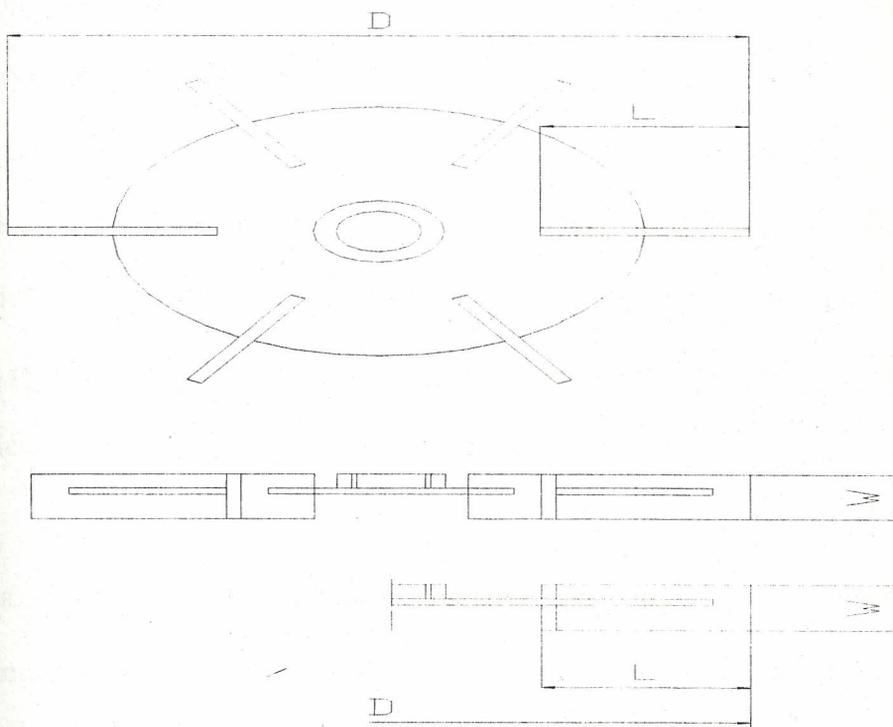


FIG. 8 TURBINA DE PALETAS PLANAS.

2. BAGDER Y BANCHERO, Introducción a la Ingeniería Química, Mc. Graw Hill, Tomo1, 1981.

Tuberías y Accesorios.

Una de las partes complementarias en el proceso será las tuberías y accesorios que permitirán un proceso continuo. Tendrá que resistir a la alta concentración de sal y el ambiente corrosivo que existirá en la planta.

El más conveniente será el plástico por sus propiedades y usos es el PVC. (Polivinilo Cloruro), ya que este sirve para conducción de soluciones de aguas químicas que pudieran atacar a las tuberías metálicas. Su presión de trabajo es baja, pero en nuestra operación no es necesario tener una tubería resistente a altas presiones, la temperatura de trabajo será un máximo de 70° - 80°C que resistirá la tuberías. Tiene bajo costo, flexibilidad.

Los plásticos son materiales compuestos, en todo o en parte por moléculas largas en cadenas, llamadas polímeros altos. Aunque el carbono es elemento común en todos los polímeros altos comerciales, el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, halógeno y silicio, pueden estar presentes en proporciones variables.

Los polímeros altos pueden dividirse en dos clases: Termoplásticos y Termoendurecibles (termofijos). Los primeros son reversibles y al fundirlos se vuelven líquidos de alta viscosidad, y al enfriarse se solidifican para producir de acuerdo con su estructura, sólidos que son elásticos, dúctiles, tenaces o frágiles. La

temperatura de fusión va de 100 a 300° C. los polímeros termoendurecibles son infusibles sin degradación térmica o mecánica.

Termoplásticos.

Los polímeros termoplásticos se usan a menudo con solo adiciones menores (colorantes, estabilizadores, lubricantes). Las características importantes son: baja densidad, bajo costo, tenacidad, claridad óptica, facilidad para conformación de formas complejas, baja conductibilidad térmica, resistencia a los productos químicos, flexibilidad y propiedades eléctricas útiles.

Plásticos Termoendurecibles (termofijos).

La mayoría de los plásticos termoendurecibles son estructuras compuestas ya sean laminados con componentes múltiples o mezclas de polímeros y llenadores particulados o fibrosos. La selección y mezcla o la laminación (llamada en varias formas) de polímeros y llenadores adecuados sobre el meollo de la tecnología de los plásticos termoendurecibles. Estos plásticos se destacan por su estabilidad térmica y dimensional, resistente a los productos químicos, resistencia mecánica, durabilidad y de buenas propiedades.

Tubos Comunes y Especiales de Plástico.

Los tubos de plástico se pueden obtener en una gran variedad de diámetros y espesores. El plástico empleado es resistente al ataque de muchos productos químicos, de peso ligero, flexible y disponible en rollos, de modo que se emplea poco tiempo en su instalación. Se utiliza par varios fines, que comprenden drenajes o desagües; riego, sancamiento y conducción de soluciones o aguas químicas que pudieran atacar las tuberías metálicas. Deberá hacerse con cuidado la elección de tubería de plástico en lo que se refiere a la temperatura del proceso

CALENTADORES.

Existen los calentadores de inmersión eléctricos que generan calor que es completamente absorbido por el líquido en el cual este inmerso.

Desde que no hay pérdida de calor directa del elemento calentador, este método de calentamiento es altamente eficiente. Un kilovatio / hora equivale a 3.412 BTU, pueden siempre ser convertidos a calor con una eficiencia del 100 %. En general todo el calor contenido en el Kilovatio / hora no es aprovechado a través de las aplicaciones en un 100 %.

Además el calentamiento eficiente con resultado de energía ahorrada, hay ventajas adicionales de este método de calentamiento. Los calentadores inmersos eléctricos pueden ser controlados por mecanismos automáticos, así la asistencia mecánica es

mínima y puede ser enteramente eliminada. Hay varios tipos de controladores de temperatura que son usados para mantener la temperatura con calentamiento eléctrico.

Los elementos de inmersión eléctricos tienen larga vida son simples y recios y normalmente pueden ser fácilmente reemplazados. Usualmente pequeños espacios de pisos es requerido desde que los elementos son colocados en la mitad, porque los cisternas eléctricas pueden ser bien aislados, pequeños calores, son pérdidas y el medio ambiente será comparativamente frío. El peligro de explosión son gratamente reducidos.

Tipos de Calentadores.

Son disponibles en una variedad de formas ajustándose a todo tipo de aplicación.

Calentador de Inmersión de Tornillo Tapón:

Prevee un tipo de instalación permanente al mismo tiempo una unidad que puede ser removida sin mucha dificultad para limpieza o reemplazo. Esta unidad simple de tornillo dentro de un hueco con filete de rosca en la pared del tanque. Si la pared es suficientemente gruesa este puede ser perforado y tapado al aceptar el calentador si este es fino también un acoplamiento de tuberías puede ser unido por soldadura o soldadura con latón.

Calentadores de Brida

Son instalados a través de la pared del tanque por medio de empernamiento es emparejado la tubería brida que es soldada a la pared del tanque. La conexión puede ser especialmente relleno resistiendo altas presiones o contra líquidos penetrantes como sales y etilenglicol, son unidades normalmente usadas donde largos paquetes de Kw. son requeridos

Calentadores de pared:

Son ideales para aplicaciones donde es fácil la instalación y puedan removerse fácilmente, son deseables, el peso ligero en la unidad portátil, puede ser para calentamiento de una o amplia variedad de líquidos en recipientes de diferentes figuras y tamaños.

Calentadores de Circulación :

Son disponibles para aceite, agua y gas, ellos son usados donde hay una restricción o donde el proceso no permite lugar de inmersión del calentador directamente en el tanque. Son usados cuando el calor indirecto es requerido, con el calentamiento indirecto una media de transferencia de calor acarrea el calor desde el calentador hasta el material de proceso. Indirectamente la unidad utiliza una cubierta para el calor pesado, material viscoso que requiere bajas densidades para no alterar el material de proceso, en la figura 9 se observa un calentador de este tipo.

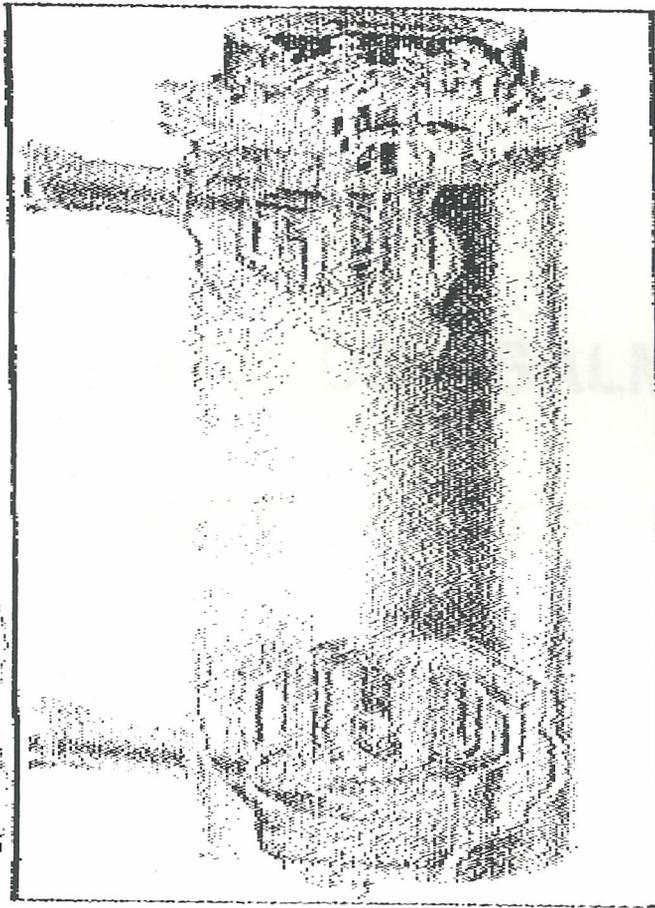


FIG. 9 CALENTADOR DE CIRCULACION

5. ELECTROCONDOR, Manual de calentadores eléctricos, Cromalox, 1997.

CAPITULO II

TRATAMIENTO DE SALMUERA Y SELECCIÓN DE SUS COMPONENTES EN EL PROCESO.



2.1 PURIFICACIÓN DE SALMUERA CRUDA CON DOS TIPOS DE SAL.

Para realizar la purificación de la salmuera y conocer los resultados del tratamiento que se menciona en el Primer Capítulo, se realizó pruebas en el laboratorio, en las figuras que van desde la 10 hasta la 15 se muestra dicha prueba. Se escogió dos tipos de sal para realizar la purificación, el primer tipo de sal es la Refinada Industrial y la segunda es la Sal en Piedra.

El procedimiento que se llevó a cabo es el siguiente:

1. - Mezclar la sal en agua de 319gr / lt. con un agitador.
2. - Eliminación del Mg. añadiéndole Cal, esta precipita en forma de Hidróxido Magnésico.
3. - Se filtra el precipitado de la solución.
4. - Eliminación de Sulfatos añadiendo Cloruro de Bario esta precipita en forma de Sulfato Cálcico, Sódico o Magnésico.
5. - Se filtra el precipitado de la solución.
6. - Eliminación de Calcio añadiendo Carbonato Sódico, esta precipita en forma de Carbonato Cálcico.
7. - Se filtra el precipitado de la solución.
8. - Finalmente se agrega HCl para regular el Ph a 3 - 4.

En cada mezcla de los químicos con la salmueras se utiliza el agitador.

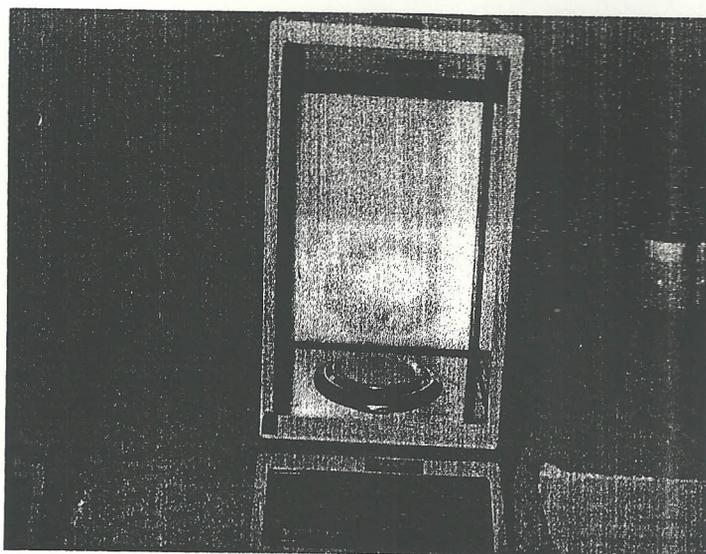


FIG 10. BALANZA DE PRECISION

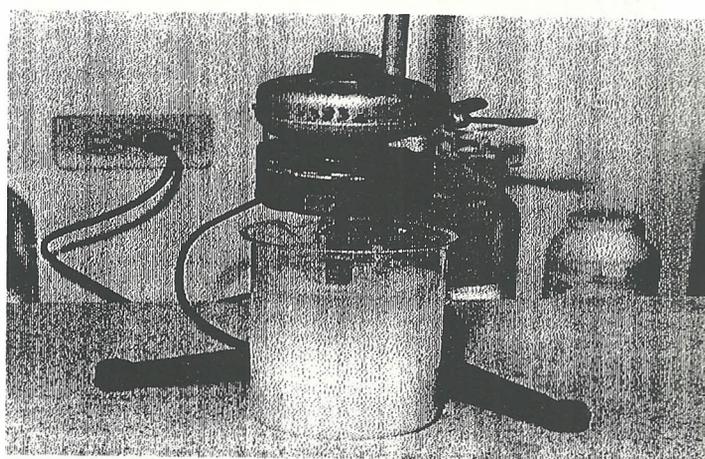


FIG. 11 MEZCLA DE SAL Y AGUA (SALMUERA)

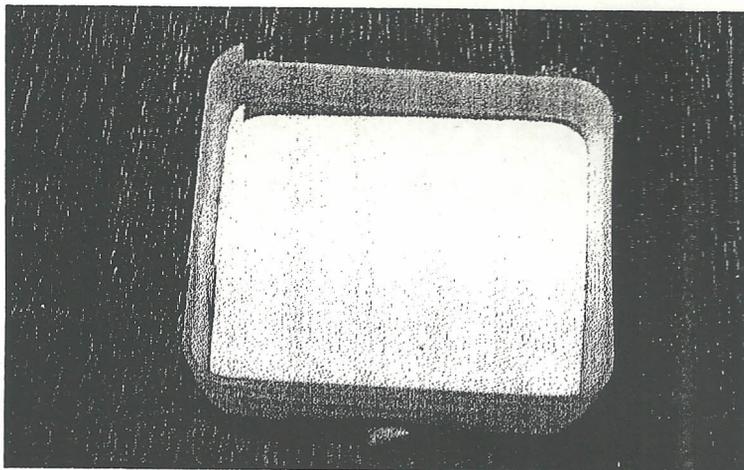


FIG. 12 FILTRO DE ARENA

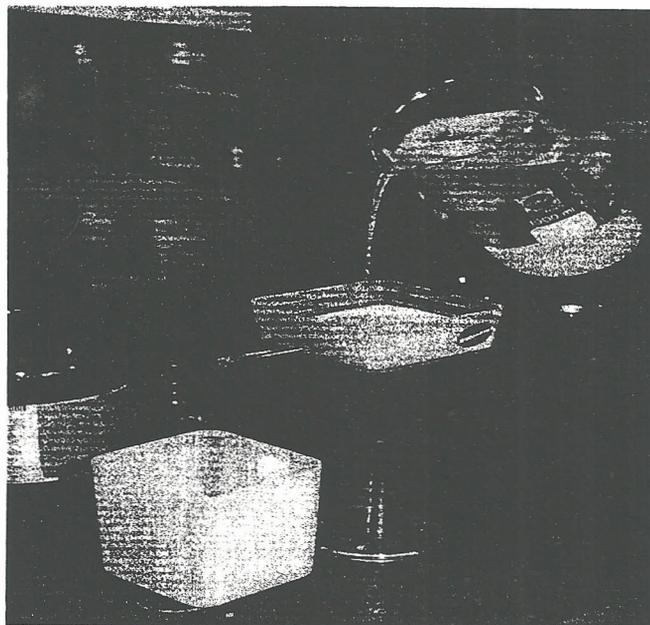


FIG. 13 FILTRACION

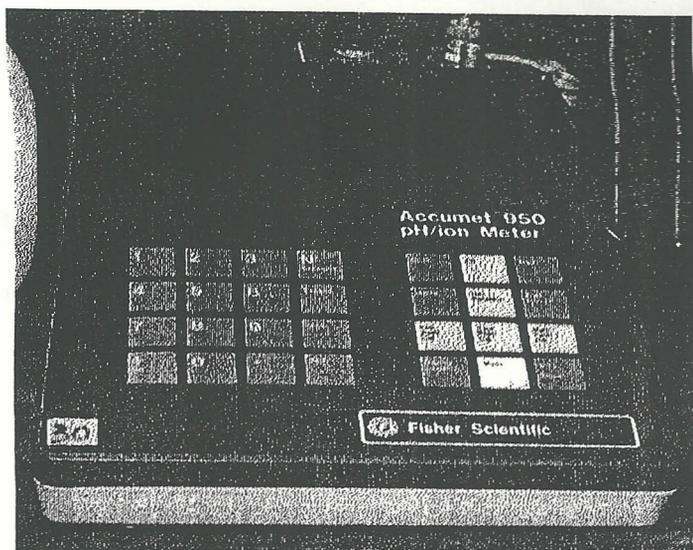


FIG. 14 APARATO PARA MEDIR pH

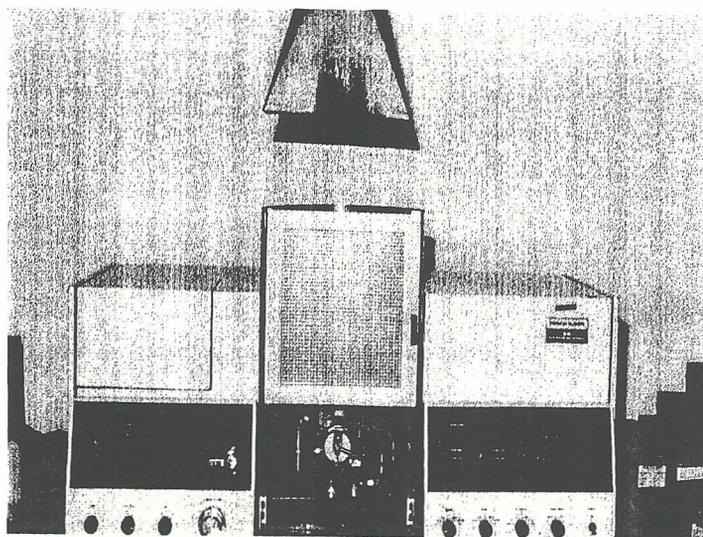


FIG. 15 ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA

Para añadir cualquiera de los químicos se realizan cálculos estequiométricos, conoceremos en forma teórica la cantidad que hay que agregar en cada paso de la purificación

Calculos

Eliminación de Calcio y Magnesio.

Análisis de Pureza de la Sal Industrial.

Compuestos.

SO₄Ca 0,27 %

SO₄Mg 0,09 %

Factor.

Calcio

Magnesio

$$F_{Ca} = \frac{Ca}{Ca + SO_4}$$

$$F_{Mg} = \frac{Mg}{Mg + SO_4}$$

Ca + SO₄

Mg + SO₄

$$\frac{40}{40 + 96} = 0,29$$

$$\frac{24,3}{24,3 + 96} = 0,20$$

40 + 96

24,3 + 96

$$SO_4Ca \times F_c =$$

$$SO_4Mg \times F_{Mg} =$$

$$0,27 \times 0,29 = 0,0783\% \text{ Ca}$$

$$0,09 \times 0,20 = 0,0180\% \text{ Mg}$$

$$SO_4Ca = 0,0783\%$$

$$SO_4Mg = 0,0180\%$$

$$\text{SO}_4\text{Ca} + \text{SO}_4\text{Mg} = \underline{0,0180\%} = 0,0963\%$$

0,0963 % de calcio y magnesio es también igual a 0,963 por mil 0,963gr/Kg. sal =

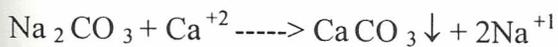
963mg/Kg. sal.

Cálculos Estequiométricos.

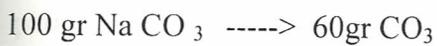
Eliminación de Calcio.

$$0,963 \text{ gr} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{40 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ mol CO}_3}{1 \text{ mol Ca}} \times \frac{60 \text{ gr.}}{1 \text{ mol CO}_3} = 1,44 \text{ gr CO}_3$$

La reacción es:



$$40 + 60 \text{-----} \rightarrow 100$$



$$X \text{-----} \rightarrow 1,44 \text{ gr CO}_3$$

$$\text{NaCO}_3 = 2.54 \text{ gr.}$$

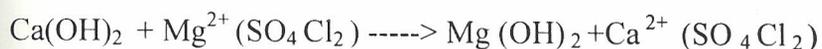
Para precipitar los carbonatos de calcio y magnesio que son insolubles se necesita de 2,54 gr de carbonato de sodio teóricamente.

Usamos cal para precipitar el magnesio como hidróxido de magnesio $Mg(OH)_2$ permaneciendo el calcio de la cal en solución en exceso de iones Ca, que se eliminarán con carbonato de sodio.

Eliminación de Magnesio.

$$0,018 \text{ gr Mg} \times \frac{1 \text{ mol Mg}}{24 \text{ gr}} \times \frac{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}{1 \text{ mol Mg}} \times \frac{74 \text{ gr Cal}}{1 \text{ mol Ca(OH)}_2}$$

La reacción es:



= 0,0555 gr Cal para 100 gr de sal

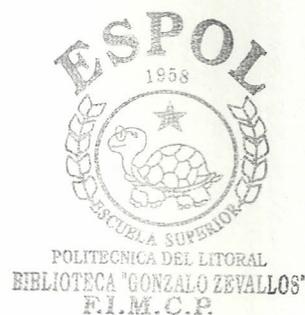
para 319 gr de sal es 0,1770 gr de cal

para Cal al 70% es 0.1770 gr de cal

$0.1779 \times 100/70 = 0.252 \text{ gr de cal}$

CAL = 0.252 gr

que se agregan a un litro de salmuera.



Eliminación del Sulfato.

1 ml Ba Cl₂ 10% concentración P/V.

= 80 mg de precipitados de sulfatos

La reacción es:



Contenido de sulfato en la sal refinada

SO₄ Ca = 0,20%

SO₄ Ca = (0,14% / 0,34%) = 2.5 = 2.5 gr (sulfatos /Kg. sal).

2.5 gr (2500 mg / 80 mg/ml) = 31.25 ml BaCl₂ Precipita este total de sulfato

si 1000 gr (sal) ---- 31.25 ml BaCl₂

319gr sal ----- X

BaCl₂ = 10,0 ml para una solución de 319gr.

Esto es lo que se necesita para que la sal refinada este pura teóricamente.

de sulfatos.

Para la sal en piedra (grano) empleo 4 veces más de todos los químicos utilizados.

Se utiliza 5 ml de HCl para regular el PH de la solución a 3 ó 4

TABLA I.
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS (SAL INDUSTRIAL).

| Sal industrial | Ca (ppm) | Mg (ppm) | Sulfatos (ml) |
|----------------------|----------|----------|---------------|
| Antes de purificar | 388 | 469 | |
| Después de purificar | 0.67 | 76 | 10 |

TABLA II.
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS (SAL EN PIEDRA)

| Sal en piedra | Ca (ppm) | Mg (ppm) | Sulfatos (ml) |
|----------------------|----------|----------|---------------|
| Antes de purificar | 2500 | 4427 | |
| Después de purificar | 30 | 663 | 40 |

Dados los resultados la mejor sal para el tratamiento de purificación, es la sal refinada, ya que la cantidad de químicos utilizados son casi los mismos calculados teóricamente y nos da una salmuera muy pura. A diferencia de la sal en piedra la cual se utilizó 4 ó 6 veces más la cantidad de químicos para refinar y no llegó al mismo estado de purificación que la sal industrial.

2.2 Instrumentos Utilizados en la Medición de Variables.

La selección de instrumentos que sirven para medir las variables de este proceso se basa en 3 condiciones que deben satisfacer, las cuales son:

Costo, Necesidad y Forma de Operación. No necesariamente tendrán que reunir las 3 para poder ser seleccionadas.

Las variables a medir son la dureza que posee la solución en cuanto a Calcio y Magnesio en forma de Sulfatos y Cloruros que deben ser eliminados.

Se necesita un instrumento que valla midiendo la disminución de estos 2 compuestos conforme avanza la purificación de la salmuera.

El sistema reflectoquant con la ayuda de la reflectometría puede realizar determinaciones cuantitativas de una manera muy simple. Este sistema analítico móvil nos permite tomar mediciones in situ facilitando la toma de resultados y decisiones en el proceso.

Está compuesto de un reflectómetro y un código de barras, reactivos para la calibración y puesta en marcha del aparato.

son fácil y rápidamente cambiables mediante un código de barras. El reflectómetro RQ flex, tiene capacidad de almacenar 5 métodos en memoria que variables analíticas de forma cuantitativas. Su óptica permite una evaluación simultánea de dos zonas de reacción.

Reúne las condiciones necesarias que se piden para esta purificación, bajo costo, la necesidad, que es de poder llevar el aparato al lugar de trabajo y su manera sencilla de operar.

Al realizar la purificación el Ph. de la solución aumento, tiende a volverse alcalina, lo cual no es bueno por lo que tendrá que medirse esta variable al final de la eliminación de la dureza y los sulfatos ya antes mencionados.

El Ph. a utilizar es del Tipo Industrial de Inmersión de forma rectangular un electrodo de referencia y una solución, sus mediciones son presentadas en una pantalla. Este aparato, reúne las condiciones antes mencionadas, su forma de operación práctica, puede trabajar en el proceso mismo y es de bajo costo.

Un medidor de densidad será otro instrumento necesario para determinar la relación masa - volumen que debe existir al inicio de la solución y así esto no sea inferior al

mínimo requerido en este proceso. Nos ayudará a realizar de manera más precisa la mezcla del Agua y la Sal.

Su forma es alargada en la parte superior se ensancha en la parte final, contiene un lastre en el fondo, este se haría de acuerdo a la solución a medir y tiene una escala graduada. Es fácil su operación, se adapta a la necesidad de poder llevarla al lugar de precipitación en el proceso de purificación y cuando este próximo a entrar al proceso de la medición y es bajo su costo.

Finalmente la variable a medir será la temperatura que debe tener para mejorar la de obtención de cloro y soda, es decir cuando este pura la salmuera.

Se necesita de un termómetro de uso industrial de fácil manejo, toma las medida y por un escala se ve la medición. Tiene fácil operación, se adecua a la necesidades de estar en el mismo lugar del proceso.

2.3 Dimensionamiento de la Planta de Salmuera.

La planta debe constar de tanques de almacenamiento, reactores y filtros, los cuales deben reunir las dimensiones y formas adecuadas para cumplir con los requerimientos de producción.

Diseño de Tanque

Producción mensual: 150 Toneladas

Producción diaria: 5 Toneladas

Salmuera: 319 gr/lit (27% peso)

Cálculo de Volumen de Solución

$$5 \text{ Ton} = 5000 \text{ Kg} (\text{Cl}_2/\text{día}) \times \frac{1.000 \text{ gr Cl}_2}{1 \text{ Kg Cl}_2} \times \frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70,9 \text{ gr Cl}_2} \times \frac{2 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times$$

$$\times \frac{58,43 \text{ gr ClNa}}{1 \text{ mol ClNa}} = 8241184,7 \text{ gr ClNa} / \text{ día} = 8241,2 \text{ Kg ClNa/día}$$

| |
|--------------------|
| 8241.2 Kg ClNa/día |
|--------------------|

$$319 \text{ gr ClNa} \text{ ----- } 1000 \text{ cm}^3$$

$$319 \text{ Kg ClNa} \text{ ----- } 1 \text{ m}^3$$

$$8241,2 \text{ Kg ClNa} \text{ ----- } X$$

| |
|---|
| $X = 25,8 \text{ m}^3 \text{ de Solución Salmuera}$ |
|---|

Necesitaremos preparar un volumen de al menos 26 m^3 al día de solución.

Se hará un tanque de menor volumen ya que la solución se puede preparar en cualquier momento de acuerdo a las necesidades de producción.

2.3.1 Tanque de Preparación

Se necesitará de un tanque en forma cilíndrica que cumpla con un volumen de al menos el 40% de la que se procesará al día.

$$V = \pi R^2 h$$

R.- Radio del Tanque

h.- Altura del Tanque

$$V_{TP} = 1,1 V_{cil}$$

$$V_{TP} = 1,1 (10,4 \text{ m}^3)$$

$$V_{TP} = 11,45 \text{ m}^3$$

El radio y altura que cumplen con este volumen es un tanque Cilíndrico de:

$$R = 1,25 \text{ m}$$

$$h = 2,40 \text{ m}$$

$$V = \pi(1,25)^2(2,4)$$

$$V = 11,8 \text{ m}^3$$

$$V_{TP} = 11,8 \text{ m}^3$$

2.3.2 Tanque Reactor.

El tanque reactor - decantador deberá ser de forma cilíndrica cónica de flujo vertical, son especialmente para el caso de depuración por vía química.

Sección Cilíndrica

R.- Radio del Tanque

h.- Altura del Tanque

$$V = \pi R^2 h$$

$$R = 0,8 \text{ m} \quad h = 1.0 \text{ m}$$

$$V = 2.0 \text{ m}^3$$

Sección Cónica

$D_o = 1,6$ (Diámetro de la sección cilíndrica)

$$D_f = 0,1 \text{ m}$$

$$h_o = 0,4 \text{ m}$$

$$V = 0,3 \text{ m}^3$$

$$V_{TR} = 2.3 \text{ m}^3.$$

Su parte cónica es para que se precipite las impurezas más rápidamente, la decantación se lleve en menos tiempo.

2.3.3 Tanque Filtro.

Estará compuesto de tres secciones, una parte donde llega la solución a filtrar, luego el filtro propiamente y finalmente una parte donde se colectará la solución filtrada.

Sección de Solución sin Filtrar.

$$V_{TF1} = x y z$$

$$x_1 = 0.3 \text{ m} \quad y_1 = 1.6 \text{ m} \quad z_1 = 1.6 \text{ m}$$

$$V_{TF1} = 0.5 \text{ m}^3$$

dimensiones que cumplen con el Volumen de 0.7 m^3 .

Sección Filtro.

En un filtro rápido su profundidad es de 0,50 m, consta de 1 capa de arena Silicia.

$$V_{TF2} = x y z$$

$$x = 0,5 \text{ m (Profundidad del Filtro)}$$

$y_2, z_2 =$ serán dimensiones iguales a la sección anterior.

Al final tendrá unos coladores en un falso fondo por donde ira la solución filtrada su altura es de 10 cm de alto.

Sección de Almacenamiento de Solución Filtrada.

$$V = x y z$$

$$V = 2.1 \text{ m}^3 \text{ (Igual al Volumen del Tanque Reactor)}$$

$x_3 y_3 =$ serán de dimensiones iguales a las anteriores.

Se busca la Altura.

$$V = x_3 y_3 z_3$$

$$1,1 = (1.6) (1.6) x_3$$

$$x_3 = 0.85\text{m}$$

La planta contará de tres tanques decantadores con sus respectivos filtros. Un tanque de preparación de la solución y dos tanques para almacenar la solución pura.

2.3.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE SOLUCION PURA

Serán dos tanques para almacenar hasta 1.1 veces más de la solución diaria.

$$V = \pi R^2 h$$

$$R = 1.25 \text{ m} \quad h = 3 \text{ m}$$

$$V_{TA} = 14.7 \text{ m}^3$$

Cada tanque tendrá un volumen de 14.7 m³, el total será de 29.4 m³

TABLA III
DIMENSION DE LOS TANQUES DEL PROCESO.

| TANQUES | D(m) | H(m) | Do, do(m) | H (m) |
|--------------|----------------|-------------|-----------|-------|
| Preparación | 2.5 | 2.40 | | |
| Reactor | 1.6 | 1.00 | 1.6 , 0.1 | 0.4 |
| Filtro | H 0.3/0.5/0.85 | L 1.6 x 1.6 | | |
| Purificación | 2.50 | 3.0 | | |

2.4 Selección de Elementos Complementarios para la Purificación

En el proceso es necesario de ciertos elementos, materiales para llevar a cabo la purificación y son los siguiente: bombas, tuberías, accesorios, agitadores, material filtrante, agentes químicos , pinturas y calentadores.

2.4.1 Agitadores

Los factores principales que influyen en la selección de equipos:

1. Los requisitos del proceso.
2. Las propiedades de flujo de los fluidos utilizados en el procesamiento.



3. Los costos de los equipos.
4. Los materiales de construcción que requieren.

Trataremos de acercarnos a estos factores para nuestra selección de equipos de mezclado, puesto que las gamas de aplicación de los diversos tipos de equipos se yuxtaponen y los efectos de las propiedades de flujo sobre el rendimiento del proceso no se han definido de manera adecuada.

Requisitos del Proceso.

- Debe existir una mezcla homogénea entre la sal y agua.
- No exista sedimentación de la sal.
- No debe existir zonas en que predomine una de las fases (ni agua, ni sal).

Propiedades de Flujo de los Fluidos Utilizados en el Procesamiento.

- Debe ser turbulento entre la partícula suspendida (sal)
- Debe dispersar o suspender la fase discontinua (sal) en la totalidad de la continua (agua)

Costos de Construcción que se Requieren.

Debemos ser económicos siempre que cumplan con los requerimientos del Proceso de Mezcla.

Materiales de Construcción que se Requieren.

Los materiales principalmente deben ser resistentes a la gran concentración de sal de la solución; sobre todo en el agitador y sus componentes.

Selección del Agitador para el tanque de Preparación.

Características del Agitador a Seleccionar.

1. Turbina de paletas planas.
2. Tamaño a seleccionar es mediano a velocidades medias.

Tipo de Rodete

Turbina de 6 palas planas.

Parámetros de Diseño del Agitador.

D_t = Diámetro del Depósito

D_i = Diámetro del Rodete

Z_l = Altura del nivel del líquido en el depósito

Z_i = Altura que esta el rodete sobre el fondo del depósito

N° = Numero de revoluciones por segundo

W = Ancho de las hojas cortacorriente

H = Altura del depósito

$$\frac{D_t}{D_i} = 3 \quad \frac{Z_l}{D_i} = 2,5 - 3,9 \quad \frac{Z_i}{D_i} = 0,55 - 1,3 \quad (\text{Curva N}^\circ 1 \text{ de fig. 17.1})$$

Desarrollo

Hoja de cortacorriente

$$\frac{Dt}{Di} = 3$$

$$N^{\circ}4 \quad \frac{W}{Dt} = 0,17$$

$$Di = 2.5 / 3$$

$$Di = 0,83 \text{ m}$$

$$W = 0,17 (0,83)$$

$$\frac{Zl}{Di} = 2.5 - 3.9$$

$$W = 0,15 \text{ m}$$

$$Zl = (0.83)(2.7)$$

$$Zl = 2.25 \text{ m}$$

$$\frac{Zi}{Di} = 0.55 - 1.3$$

$$Zi = (0.75) (0.83)$$

$$Zi = 0.63 \text{ m}$$

Cálculo de Potencia Requerida para una Turbina de 6 Palas Planas.

Datos:

$$N_{\text{SALMUERA}} = 150 \text{ RPM} = 2.5 \text{ RPS}$$

$$\rho_{\text{SALMUERA}} = 1185 \text{ Kg/m}^3$$

$$Di = 0.83 \text{ m}$$

$$\mu = 1700 \text{ MPaS}$$

Obtención del número Reinold (Re)

$$Re = \frac{n Di^2 \rho}{\mu}$$

$$Re = (2.5)(0.83)^2 (1185)/1700 \times 15^{-6} = Re = 1'200.509,86$$

Utilizando fig. 17.2 en la curva N° 14 tenemos

$$f(Re) \Rightarrow \varphi = 0.85$$

Cálculos de la Potencia.

$$P = \frac{f \varphi n^3 Di^5}{g_c}$$

$$P = \frac{(0.85)(1185)(2.5)^3 (0.83)^5}{9.81}$$

$$P = 632 \text{ Kg/seg}$$

$$P = 8.43 \text{ CV}$$

$$P = 7.7 \text{ Hp}$$

$$P = 5.7 \text{ Kw}$$

Cuando la influencia de la superficie libre es considerable se toma en cuenta el número de Froude.

$$F_R = \frac{g}{n^2 Di} = \frac{9.81}{(2.5)^2 (0.83)} = 1.89$$

De la fig. 17.2 curva N° 14 $\phi = 0.88$ y puesto que:

$$\phi = (P_{gc} / n^3 D_i^5 \rho) (g / n^2 D_i)^{(a - \text{Log } Re / b)}$$

$$a = 1 \quad b = 40 \quad (\text{fig. 17.1 en la curva N° 14})$$

$$P = \frac{(0.88) (2.5)^2 (0.83)^5 (1185)}{(9.81)(1.89) (1 - \text{Log } 1'200.000 / 40)}$$

$$P = 709.38 \text{ Kg / seg}$$

$$P = 9.46 \text{ CV}$$

$$P = 8.6 \text{ Hp}$$

$$P = 6.30 \text{ Kw}$$

Selección del Motor Reductor

$$\text{Hp de Entrada} = \frac{\text{RPM de Salida} \times \text{Par de Salida (en N.M)}}{7460 \times \text{Eficiencia del Motor Reductor}}$$

$$\text{Par de Salida} = \frac{7460 \times \text{Eficiencia del Motor Reductor} \times \text{HP Entrada}}{\text{RPM de Salida}}$$

$$\text{Par de Salida} = \frac{7460 \times 0.95 \times 9 \text{Hp}}{150 \text{ RPM}}$$

$$\text{PS} = 426 \text{ N.M}$$

Condiciones de Utilización Factor de Marcha según Agma (acondicionamiento por motor eléctrico)

Tiempo de Servicio Diario

Clase 1 3h

Funcionamiento Regular sin Sobrecarga, pocos arranques 0.80

Factor de Servicio = 0.80

Carga Equivalente (C.E.)

CE = Par de Salida x Factor de Servicio

CE = (426) (0.80)

CE = 341 N.M

Según la Característica de la Maquinaria Conducida la Clase AGMA

Es clase AGMA II Medianamente Impulsiva

Para agitadores y Mezcladores (Líquidos con sólidos o Líquidos con Densidad Variable)

Tablas de Ingeniería para el Motor Reductor

El motor es: E2 12.8 L5 132M4 Hp = 10

Material usado para el eje del Agitador

El material usado para el eje será de acero inoxidable AISI 304 de grado austenítico mayormente usado en forma general. tiene buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades para soldar.

Su forma será redonda y sus propiedades mecánicas a temperatura ambiente serán:

Resistencia a la Tracción 85.000 psi

Límite de Fluencia (Rp 0.2) 35.000 psi

Elongación en 2" 60 %

Su dimensión será de 45mm o 1¾" de acuerdo al eje de salida del motor - reductor.

Selección del Agitador para el Tanque Reactor

Características del Agitador a Seleccionar

1. Hélice de Palas

1. Tamaño a seleccionar es pequeño a Velocidades Medias

Dimensiones del Tanque.

$D = 1.6\text{m}$

$h = 1\text{m}$

Parámetros de Diseño del Agitador.

$D_t = \text{Diámetro del Depósito}$

$D_i = \text{Diámetro del Rodete}$

Z_l = Altura del nivel del líquido en el depósito

Z_i = Altura que esta el rodete sobre el fondo del depósito

N_o = Numero de revoluciones por segundo

W = Ancho de las hojas cortacorriente

H = Altura del depósito

Parámetros del Diseño

$$\frac{D_t}{D_i} = 3.8 \quad \frac{Z_l}{D_i} = 3.5 \quad \frac{Z_i}{D_i} = 1 \quad (\text{Curva N}^\circ 28 \text{ de la fig. 17.1})$$

Desarrollo

$$D_t = 3.8$$

$$D_i = \frac{D_t}{3.8} = \frac{1.60}{3.8}$$

$$D_i = 0.42 \text{ m}$$

$$\frac{Z_l}{D_i} = 3.5$$

$$Z_l = 3.5 D_i$$

$$Z_l = 3.5 (0.42\text{m})$$

$$Z_l = 1.47\text{m}$$

$$\frac{Z_i}{D_i} = 1$$

$$Z_i = D_i \quad (1)$$

$$Z_i = 0.32 \quad (1)$$

$$Z_i = 0.32 \text{ m}$$

Cálculo de Potencia Requerida para una Turbina de 3 Palas Planas.

Datos:

$$N_{\text{SALMUERA}} = 5 \text{ RPS}$$

$$\rho_{\text{SALMUERA}} = 1185 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_i = 0.32 \text{ m}$$

$$\mu = 1700 \times 10^{-6} \text{ PaS}$$

Obtención del número Reynold.

$$Re = \frac{n D_i^2 \rho}{\mu}$$

$$Re = 5 (0.32)^2 (1185) / 1700 \times 10^{-6}$$

$$Re = 356.894,12$$

$$\text{Reynolds} = 356.894 \implies \phi = 0.2$$

Cálculos de la Potencia.

$$P = \frac{f \varphi n^3 Di^5}{g_c}$$

$$P = \frac{(0.2)(1185)(5)^3(0.32)^5}{9.8}$$

$$P = 10.13 \text{ Kg/seg}$$

$$P = 0.14 \text{ CV}$$

$$P = 0.13 \text{ Hp}$$

$$P = 0.090 \text{ Kw}$$

$$F_R = \frac{g}{n^2 Di} = \frac{9.81}{(2.5)^2(0.32)} = 4.91$$

en la fig 17.2 curva N° 26 ==> $\varphi = 0.25$

$a = 2.1$ $b = 18$ en la fig. 17.1

$$\varphi = (Pg_c / n^3 Di^5 f) (g / n^2 Di)^{(a - \text{Log } Re / b)}$$

$$P = \frac{(0.25)(5)^3(0.32)^5(1185)}{(9.81)(1.89)(2.1 - \text{Log } 356894 / 18)}$$

$$P = 17.18 \text{ Kg / seg}$$



$$P = 0.23 \text{ CV}$$

$$P = 0.21 \text{ Hp}$$

$$P = 0.16 \text{ KW}$$

Selección del Motor Reductor

$$\text{Hp de Entrada} = \frac{\text{RPM de Salida} \times \text{Par de Salida (en N.M)}}{7460 \times \text{Eficiencia del Motor Reductor}}$$

$$\text{Par de Salida} = \frac{7460 \times 0.95 \times 1.5 \text{Hp}}{300 \text{ RPM}}$$

$$PS = 36 \text{ N.M}$$

Condiciones Utilización

| | |
|--|------|
| Clase 1 | 3h |
| Funcionamiento Regular sin Sobrecarga, pocos arranques | 0.80 |

$$\text{Factor de Servicio} = 0.80$$

Carga Equivalente (C.E.)

$$CE = \text{Par de Salida} \times \text{Factor de Servicio}$$

$$CE = (36) (0.80)$$

$$CE = 30 \text{ N.M}$$

Según la Característica de la Maquinaria Conducida la Clase AGMA

Es clase AGMA II Medianamente Impulsiva

Para agitadores y Mezcladores (Líquidos con sólidos o Líquidos con Densidad Variable)

Tablas de Ingeniería para el Motor Reductor

Datos:

Par de Salida = 30N.M
Velocidad de Salida = 300RPM
Factor de Servicio = 0.80
Velocidad de Entrada = 1150 RPM
Relación de Velocidad = $(1150/300) = 3.83$

½ Hp 1150 RPM de Entrada

El motor reductor es C₁ 4.47 Hp = ½

El diámetro del eje de salida es 25 mm

El material usado para el eje será de acero inoxidable AISI 304 de grado austenítico mayormente usado en forma general, tiene buena resistencia a la corrosión y buenas propiedades para soldar.

Su dimensión será de 25mm o 1" de acuerdo al eje de salida del motor - reductor.

TABLA IV.

DIMENSION Y POTENCIA DE LOS AGITADORES.

| | Di (m) | Zl (m) | Zi (m) | Potencia(hp) |
|------------------------|---------|--------|--------|--------------|
| AGITADOR DE PALETAS | 0.83 | 2.25 | 0.63 | 8.6 |
| AGITADOR DE HELICE | 0.42 | 1.47 | 0.32 | 0.21 |

2.4.2 Bombas

De acuerdo a lo mencionado en el Capítulo 1 sobre los materiales usados en las bombas y para diversas aplicaciones en la industria se recomienda diferentes clases de materiales según sea líquidos, concentraciones a las que se someterá. Se considerará las condiciones de trabajo, su corrosividad a la que estará expuesta.

Por lo tanto las tablas de materiales del Instituto Hidráulico nos recomienda para salmueras y dependiendo de la concentración :

Cloruro de Sodio > 3 % frío

$\rho = 1.02 - 1.20 \text{ gr / cm}^3$ a 60° F

con menos del 20% de hierro, contiene Níquel, Cromo o Molibdeno o ambos en mayor cantidad, metal monel, hierro fundido austenítico con contenido de Cobre, Níquel, Cromo del 22% mínimo.

Bomba de alimentación para tanque de salmuera cruda.

Por la forma de operación en nuestro tratamiento la bomba será sometida a trabajo moderado.

| | | |
|----------------------|--------|------------------------------------|
| Caudal = | 90 GPM | volumen necesario |
| Altura de succión = | 3 m | 10 m ³ cada preparación |
| Altura de descarga = | 4 m | |

Con estas características mencionadas y viendo en una curva seleccionamos la bomba:

modelo 3ST1G2C1 . Q= 90 GPM TDH= 15 M en la figura 19

HP: 2

RPM: 3500

HZ: 60

SUCCION : 2"

DESCARGA : 1 ½ "

impulsor de ACERO INOXIDABLE AISI 304 al igual que la carcaza

Sello Mecánico estándar Crane construido con elementos de carbón en contraste con caras de cerámica y elastómeros de Buna.

Caras: de Cerámica y Carbono que permite la operación en condiciones severas hasta 90°C y 75 psi

Bomba de alimentación para tanque de precipitación

Caudal = 70 GPM

volumen necesario

Altura de succión = 0 m

2.1 m³ cada precipitación

Altura de descarga = 4 m

Con estas características mencionadas y viendo en una curva seleccionamos la bomba:

modelo 2ST1G2D3 . Q = 70 GPM TDH= 15 M en la figura 19

HP: 2

RPM: 3500

HZ: 60

SUCCION : 1 ½"

DESCARGA : 1 ¼"

impulsor de ACERO INOXIDABLE AISI 304 al igual que la carcasa .

Sello Mecánico estándar Crane construido con elementos de carbón en contraste con caras de cerámica y elastómeros de Buna.

Caras: de Cerámica y Carbono que permite la operación en condiciones severas hasta 90°C y 75 psi.

TABLA V.
DATOS TECNICOS DE LAS BOMBAS SELECCIONADAS

| Descripción (bomba) | Potencia (HP) | Caudal (gpm) |
|--|---------------|--------------|
| modelo 3ST1G2C1 . para tanque de preparación | 2 | 90 |
| modelo 2ST1G2D3 . para tanque reactor - filtro | 2 | 70 |

2.4.3 Selección de Pintura.

Para proteger los tanques se necesita de pintura, que escogeremos de acuerdo a nuestras necesidades

Requerimientos:

1. Pinturas resistente a ambientes químicos y altas concentraciones de sal, para tanques de almacenamiento en la industria química.
2. Protege al material usado para la construcción de Tanques.

De acuerdo con nuestros requerimientos la pintura que reúna estas condiciones en un ACABADO EPÓXICO. Resistente a químicos. Esta formulado con Resina Epóxica

Catalizada con Poliamida diseñado para resistir ataques químicos fuertes, humedad y abrasión. Es para ser usado en metal donde se requieren recubrimientos fuertes durables y que proporcionen protección.

Estos productos son: Componente A.- Base Primaria

B.- Catalizador

Se mezcla en proporciones 1 a 1 por volumen. Lo hace ideal para áreas extensas ya que no se empolla con el tiempo. Se emplea para proteger tanque de almacenamiento, paredes, pisos, maquinarias y equipos en la industria química, procesadores de alimentos, refinerías de petróleo, etc.

El acabado epóxico resistente a químicos da una positiva y máxima protección al hierro galvanizado, acero, aluminio, mampostería y algunos plásticos contra los químicos y condiciones atmosféricas corrosivas más comunes. El altamente resistente a los efectos de deterioro de muchos ácidos, alcalinos, solventes, grasas, aceites y otros químicos activos.

Datos Técnicos.

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| Producto: | Acabado Epóxico Resistente a Químicos |
| Tipo Genérico: | Epóxico Poliamida |
| Brillo: | 65 a 60° |
| % salidas x peso: | 58.0% |
| % salidas x volumen | 44.7% |

Rendimiento teórico a 10 mils 18m^2

Rendimiento SECA (2.2Mils Humedad)

recomendado calculado a 3.0 Mils

SECA (6.7 Mils Húmedad) 6m^2

Proporción de mezcla: Base/Catalizador (1 a1 x volumen)

Tanque de Salmuera Cruda.

$$A = 2\pi rh \text{ (1 CARA)}$$

$$A_{TSC} = (2) 2\pi(1.25)(2.5)$$

$$A_{TSC} = 40\text{m}^2$$

Tanque Reactor

$$A_{TR} = A1 + A2$$

$$A1 = 2\pi rh \text{ (Área de la Parte Cilíndrica)}$$

$$A1 = 2\pi(0.8)(1.00)$$

$$A1 = 5.1\text{m}^2$$

$$A2 = \pi \times g (R+r) \text{ (Área de la Parte Cilíndrica)}$$

$$A2 = \pi \times 0.89 (0.8+0.005)$$

$$A2 = 2.25\text{m}$$

$$A_{TR} = 7.35\text{m}^2$$

$$A_{TOTAL} = 2 A_{TR}$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 14.7 \text{ m}^2$$

En tres tanques reactores

$$3 A_{\text{TOTAL}} = 44 \text{ m}^2$$

Tanque Filtro.

$A_{\text{TF}} = \text{Área 1 tapa} + \text{Área de 4 Caras Laterales}$

$$A_{\text{TF}} = B^2 + 4 AB$$

$$A_{\text{TF}} = (1.6)^2 + 4(1.65)(1.6)$$

$$A_{\text{TF}} = 13.5 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{TOTAL}} = 2 A_{\text{TF}} = 2(13.5) = 27 \text{ m}^2 \text{ (De un Tanque)}$$

Son tres tanques Filtros

$$3 A_{\text{TOTAL}} = 81 \text{ m}^2$$

Tanque Salmuera Pura

$$A_{\text{TSP}} = 2\pi rh$$

$$A_{\text{TSP}} = 2\pi(1.25) \times 3$$

$$A_{\text{TSP}} = 24 \text{ m}^2$$

$$2 A_{\text{TSP}} = 48 \text{ m}^2 \text{ (1 tanque)}$$

Área de Tapa para el tanque

$$A = \pi r^2 \text{ (1 CARA)}$$

$$A_{\text{T}} = 2 \pi (1.25)^2$$

$$A_{\text{T}} = 10 \text{ m}^2$$



Son dos Tapas y dos Tanques

$$2 A_{TSP} + 2 A_T = 2 (48) + 2 (10)$$

$$A = 106 \text{ m}^2$$

Área total a Pintar.

Área de los tanques del proceso

Interior y Exterior

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| 1 Tanques S.C (Int y Ext) | 40m ² |
| 3 Tanques Reactores (Int y Ext) | 44 m ² |
| 3 Tanques Filtros (Int y Ext) | 81 m ² |
| 2 Tanques S.P (Int y Ext) | 106 m ² |

Total de Área a pintar = 271 m²

2.4.4 Selección de Tuberías y Accesorios

Entre las partes complementarias para la purificación, se necesitará de tuberías y accesorios que permitirán la actividad en el proceso.

El material a seleccionar tendrá que resistir la alta concentración de sal y el ambiente corrosivo que existirá en la planta. Además la temperatura de hasta 80°C.

El plástico como material para tuberías nos servirá ya que resiste el ataque de muchos productos químicos, tiene peso ligero y es buen conductor de soluciones o aguas químicas que podrían atacar fácilmente a tuberías metálicas.

Se tendrá cuidado con la temperatura de servicio ya que estas tuberías de plástico no resisten altas temperaturas.

Se escogerá tuberías de (CPVC) Clorinado Polivinilo Cloruro ASTM D1784 tiene presiones de trabajo hasta 6psig y su máxima temperatura puede ser 100° C, sus usos comunes son tuberías, accesorios de tuberías y partes de válvulas.

En cuanto a accesorios que serán uniones, válvulas, etc. se seleccionará como material para estos CPVC ya que resistirá la corrosión y la temperatura de operación

2.4.5 Selección del Calentador

Se realizan los cálculos necesarios para determinar los kilovatios requeridos en el calentamiento de la solución cuando esta pase del tanque de almacenamiento de salmuera pura hacia las celdas electrolíticas.

Determinar la capacidad requerida en Kw. para llevar a la temperatura deseada.

Cálculo del Calor Requerido

Tanque Salmuera Pura.

Datos:

$$D = 2.5 \text{ m} \quad h = 3.0 \text{ M}$$

$$\rho_{\text{SALMUERA}} = 10.0 \text{ lbs/gal}$$

$$C_p = 0.81 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$q = 529 \text{ gal/h}$$

$$Q = F \times C_p \times \Delta t \times S.F./3412$$

Q= calor en kilovatios.

F = flujo másico en lbs/hr

C_p = calor específico en Btu/lb^oF

ΔT= diferencia de temperatura en °F

SF= factor de seguridad

$$Q = 529 \text{ gal/hr} \times 10 \text{ lbs/gal} \times 0.81 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F} \times (50-25)^\circ\text{F} \times 1.2 / 3412$$

$$Q = 38 \text{ kw.}$$

Se seleccionará un calentador de circulación que resista una alta corrosión, este será del tipo NHW . Su material será para el tanque de acero inoxidable pasivado, los elementos son de incoloy, con una densidad de 45 w/in².

La ecuación 1 sirve para cuando el tamaño de algún tipo de calentador siempre usa el máximo flujo de calentamiento medio teniendo en cuenta la mínima temperatura en la parte interior y el máximo en el exterior . tambien incluye un 20% de factor de seguridad. Perdidas de calor por tuberías, variación de voltaje variación de flujo y vatiaje (+ - 5%).

2.4.6. Material Filtrante

Selección

Para nuestras necesidades de la planta necesitamos de un filtro sencillo que tenga un bajo costo y que pueda filtrar grandes cantidades de salmuera, se escogerá como material filtrante arena.

La arena reúne las siguientes características:

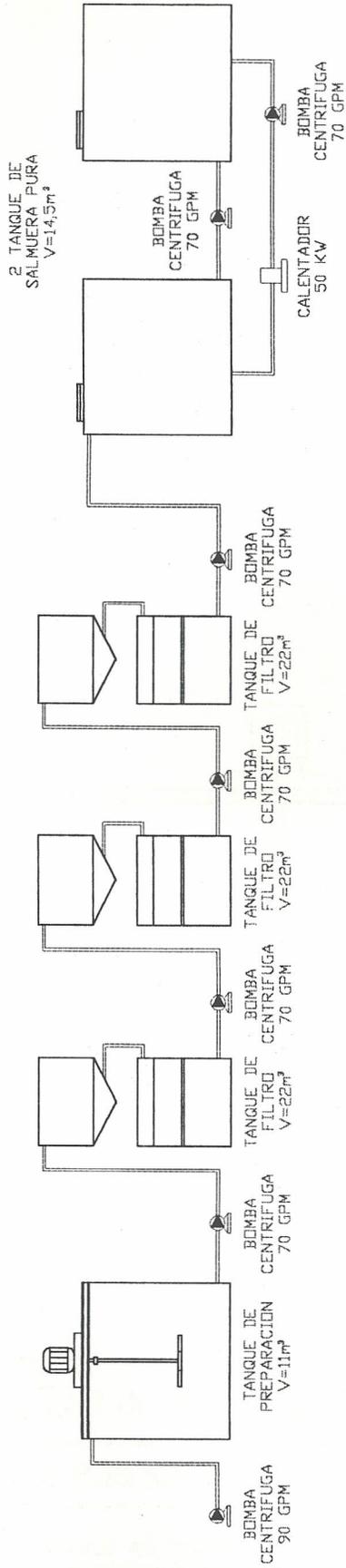
⇒ Se utiliza principalmente cuando la cantidad relativa del sólido que hay que separar es muy pequeña.

⇒ Cuando se maneja volúmenes de líquidos grandes.

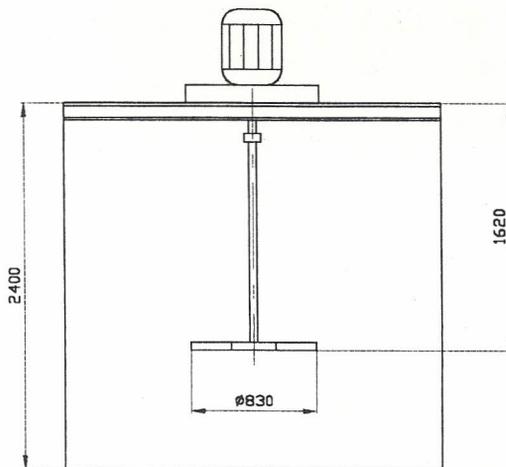
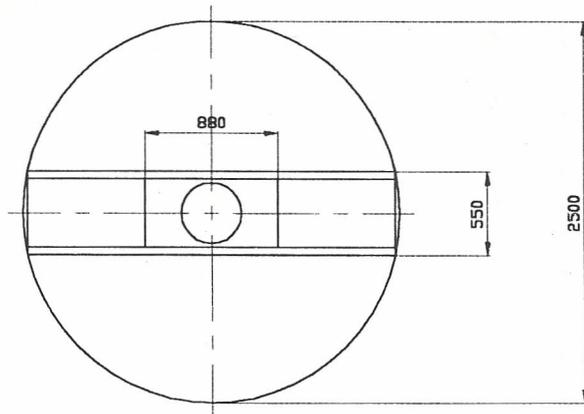
Escogeremos para el filtro una arena silicia y que complementará con grava, esta irá en un falso fondo, donde vienen coladores por el cual pasará la solución filtrada. El filtro será abierto y tendrá una profundidad de 0.5m por el cual será considerado rápido tendrá poca altura de agua, de capa única, con granulometría de 0.9 a 1.35 mm recomendados para filtración de aguas poco turbias, poco cargadas, se adapta perfectamente a los filtros con falso fondo, lavable con agua y aire.

2.5 Distribución de la planta

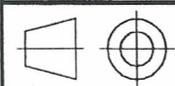
A continuación se presenta dibujos de las partes que componen la planta tales como el diagrama de flujo, dimensiones de los tanques y una vista de planta.



| | | | | |
|-----------------|---|--|--|---|
| | FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA | | ESPOL | |
| | PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA | | DIBUJO REVISADO CALIFICADO LAMINA | J. CARLOS SOTOMAYOR ING. JULIAN PEÑA ING. JULIAN PEÑA I DE 6 |
| ESCALAS: S/E | DISTRIBUCION DE PLANTA DE PURIFICACION | | | |



UNIDADES EN MILIMETRO



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

ESCALAS:

1 : 50

PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA

TANQUE AGITADOR

DIBUJO

J. CARLOS SOTOMAYOR

REVISADO

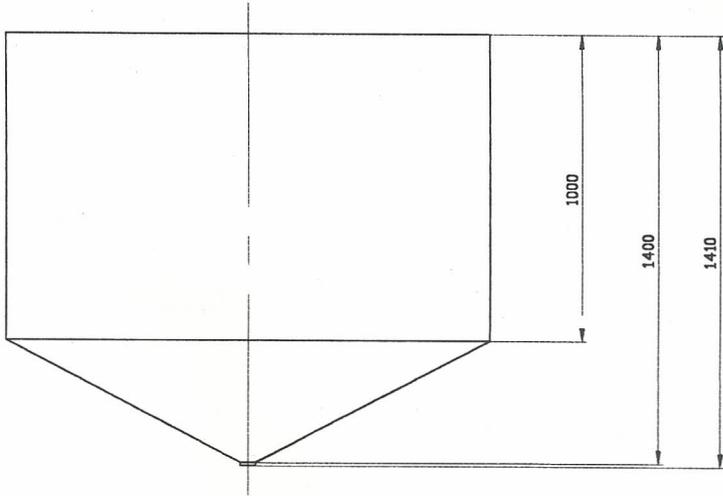
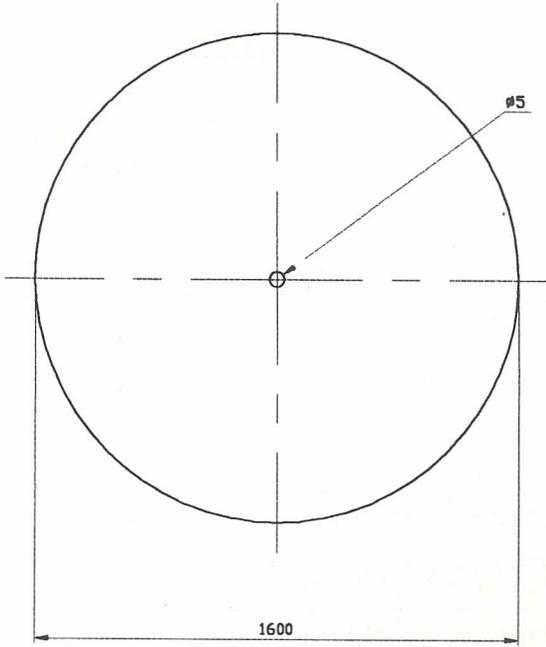
ING. JULIAN PEÑA

CALIFICADO

ING. JULIAN PEÑA

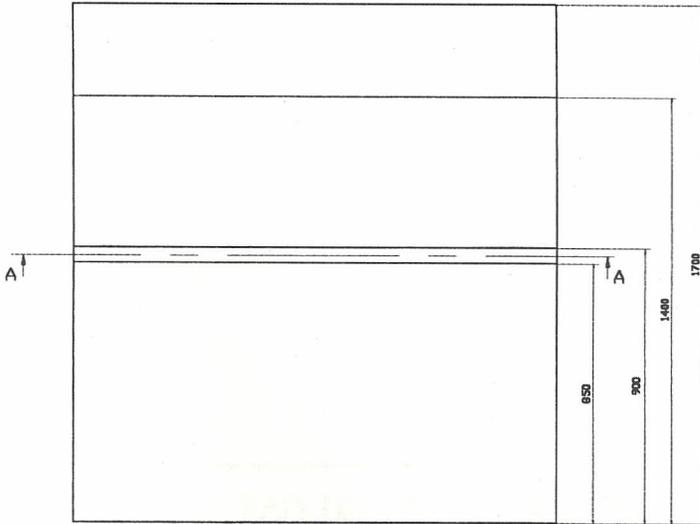
LAMINA

2 DE 6

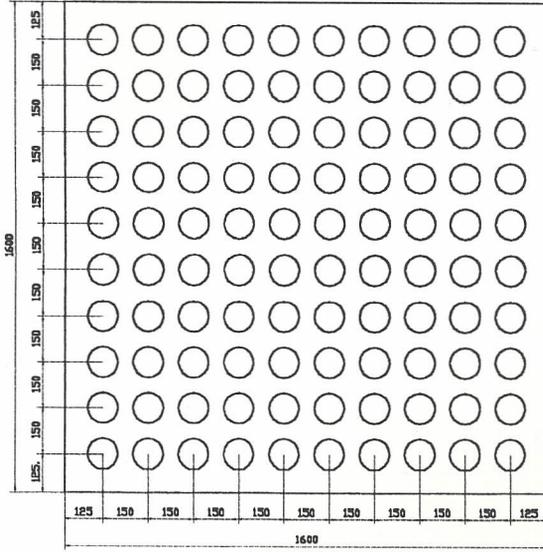


UNIDADES EN MILIMETRO

| | | | | |
|---------------------------|--|--|-------------------|----------------------------|
| | FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA | | ESPOL | |
| ESCALAS: 1 : 25 | PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA TANQUE REACTOR | | DIBUJO | J. CARLOS SOTOMAYOR |
| | | | REVISADO | ING. JULIAN PEÑA |
| | | | CALIFICADO | ING. JULIAN PEÑA |
| | | | LAMINA | 3 DE 6 |

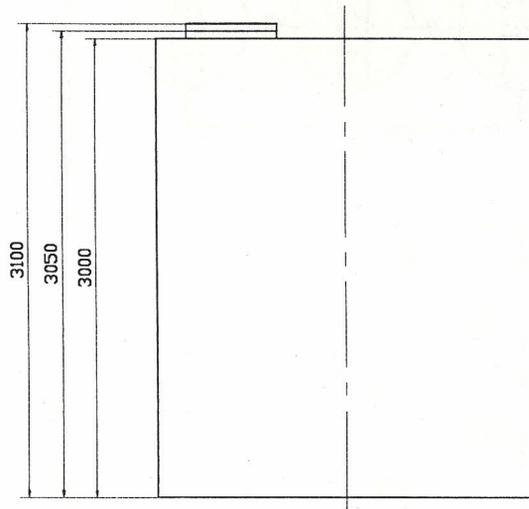
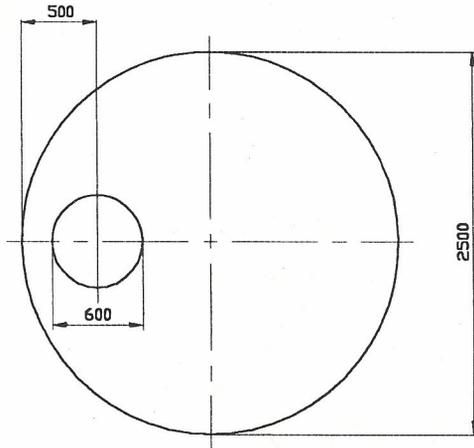


CORTE "A -A"

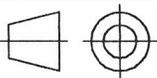


UNIDADES EN MILIMETRO

| | | |
|----------------------------|---|--|
| | <p>FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA</p> | <p>ESPOL</p> |
| <p>ESCALAS: 1 : 25</p> | <p>PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA</p> <p>TANQUE PARA FILTRACION DE SALMUERA</p> | <p>DIBUJO: J. CARLOS SOTOMAYOR</p> <p>REVISADO: ING. JULIAN PEÑA</p> <p>CALIFICADO: ING. JULIAN PEÑA</p> <p>LAMINA: 4 DE 6</p> |



UNIDADES EN MILIMETRO



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

ESCALAS:

1 : 50

PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA

TANQUE PARA SALMUERA PURA

DIBUJO

REVISADO

CALIFICADO

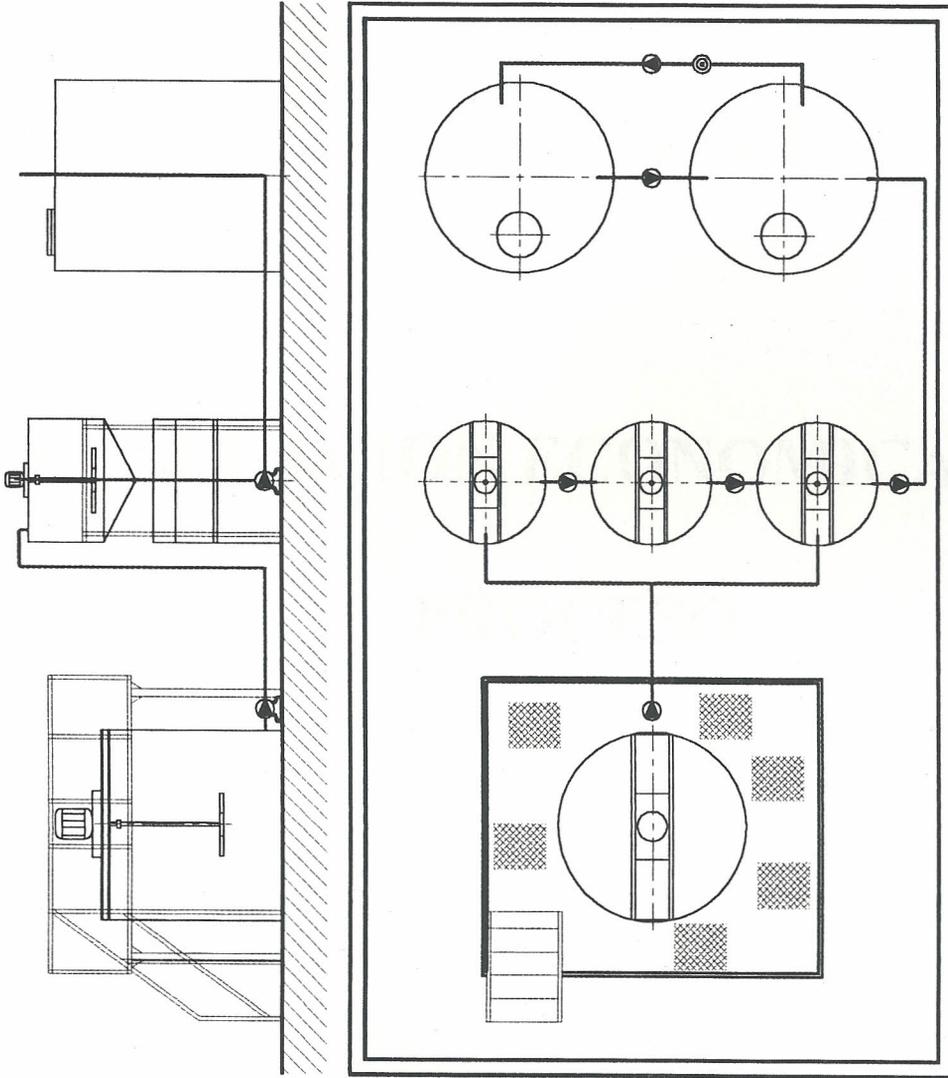
LAMINA

J. CARLOS SOTOMAYOR

ING. JULIAN PEÑA

ING. JULIAN PEÑA

5 DE 6



ESCALAS:
1 : 100

| | | | |
|------------------------------------|---------------------|-------|--|
| FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA | | ESPOL | |
| DIBUJO | J. CARLOS SOTOMAYOR | | |
| REVISADO | ING. JULIAN PEÑA | | |
| CALIFICADO | ING. JULIAN PEÑA | | |
| LAMINA | 6 DE 6 | | |
| PLANTA DE PURIFICACION DE SALMUERA | | | |
| VISTA DE PLANTA | | | |

CAPITULO III

EVALUACION ECONOMICA DEL PROCESO

3.1 Valor de los Equipos .

Se considera los valores de todos los equipos, materiales, elementos e instrumentos que componen todos los sistemas para llevar a cabo el proceso de purificación.

Sistema de Tanques

Existen tres tipos de tanques:

1. Tanque de Preparación y Almacenamiento.
2. Tanque de Precipitación.
3. Tanque Filtro.

TABLA VI

SISTEMA DE TANQUES DEL PROCESO.

| Cantidad (planchas) | material | Ancho(m) | Largo (m) | Esp.(mm) | Peso total (kg) | Costo (\$) |
|------------------------|---|----------|-----------|----------|--------------------|------------|
| 20 | A-36(Tanques) prep. Filtro. Almac. | 1.220 | 2.44 | 5.9 | 2757.41 | 5000 |
| 3 | Maq. De tapa | | | | | 570 |
| 6 | A-36 (tolva) | 1.220 | 2.440 | 5.9 | 827.223 | 1500 |
| costo | | | | | | 7070 |

TABLA VII.
SISTEMA DE MEDICION DE VARIABLES.

| Cantidad | Descripción | Precio unitario (\$) | Costo(\$) |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------|
| 2 | phmetro | 105 | 210 |
| 1 | Reflectoquant (medidor de dureza) | 570 | 570 |
| 2 | Termómetro | 115 | 230 |
| 1 | densimetro | 230 | 230 |
| | | TOTAL | 1235 |

TABLA VIII.
INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

| Descripción | Valor Total (\$) |
|---------------------------------|-------------------------|
| Medidor de dureza y turbidez | 2800 |
| Instrumento de laboratorio | 1 230 |
| TOTAL | 4030 |

ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

TABLA IX.

AGITADORES DEL PROCESO.

| Cantidad | Descripción | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|----------|---|----------------------|-------------------|
| 2 | Motor reductor (tanq. Preparación) | 1180 | 2360 |
| 5 | Motores reductores (tanq. Reactores) | 450 | 2250 |
| 3 | Ejes de acero inoxidable | 140 | 420 |
| | | TOTAL | 5030 |

TABLA X.

PINTURAS PARA LOS TANQUES.

| Cantidad (Lt) | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|---------------|----------------------|-------------------|
| 91 | 37 | 3367 |

TABLA XI.**BOMBAS PARA EL PROCESO.**

Se necesita para trasladar la solución de un tanque a otro.

| Cantidad (Lt) | Precio Unitario (\$) | Precio total(\$) |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 7 | 600 | 4200 |
| 2 | 520 | 1040 |
| | TOTAL | 5240 |

TABLA XII.**CALENTADOR DE CIRCULACION**

| Descripción | Costo Unitario (\$) | Costo total (\$) |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Calentador de circulación | 1500 | 1500 |

TABLA XIII.**MATERIAL FILTRANTE (ARENA SILICIA)**

| Material | Cantidad (Kg) | Precio Unitario(\$) | Precio Total (\$) |
|-----------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| Arena | 15000 | 0.10 | 1500 |
| Grava 1 y 2 | 200 | 0.5 | 10 |
| | | Total | 1510 |

TABLA . XIV.

TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA EL PROCESO

Se necesita de CPVC para las tuberías .

| Cantidad | Descripción | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|-----------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 8 | Tubo de CPVC de 6m c/u | 45 | 360 |
| 10 | Válvulas 2" CPVC | 30 | 300 |
| 10 | Válvulas 1 ½ CPVC | 20 | 200 |
| | | TOTAL | 860 |

3.2 Gastos de Operación

La planta tendrá que incurrir en gasto para operar tales como:

1. Materia Prima.
2. Químicos.
3. Energía.
4. Mano de obra

Se producirá 5 toneladas diarias de cloro y soda . (150 ton/mes)

MATERIA PRIMA.**TABLA XV.****SAL INDUSTRIAL PARA EL PROCESO.**

| Cantidad (mes) sacos de | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 50 kg | | |
| 4950 | 4.4 | 21780 |

TABLA XVI.**AGUA DE USO PARA LA SALMUERA.**

| Cantidad (m³) | Precio Unitario(\$) | Precio Total |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------|
| 900 | 2.45 | 2200 |

QUIMICOS.**TABLA XVII.****CAL (ELIMINADOR DE MAGNESIO).**

| Cantidad (kg) | Precio Unitario(\$) | Precio Total (\$) |
|----------------------|----------------------------|--------------------------|
| 250 | 0.06 | 18 |

TABLA XVIII.

CARBONATO DE SODIO (ELIMINADOR DE CALCIO).

| Cantidad (Kg) | Precio Unitario(\$) | Precio Total (\$) |
|---------------|---------------------|-------------------|
| 1990 | 1.8 | 3582 |

TABLA XIX.

ACIDO CLORHIDRICO (REGULADOR DE pH).

| Cantidad (Lt) | Precio Unitario(\$) | Precio Total (\$) |
|---------------|---------------------|-------------------|
| 3900 | 0.4 | 1560 |

TABLA XX.

CLORURO DE BARIO (ELIMINADOR DE SULFATOS).

| Cantidad (Kg) | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|---------------|----------------------|-------------------|
| 780 | 2.22 | 1735 |

TABLA XXI.

ENERGIA ELECTRICA DE CONSUMO EN EL PROCESO.

| Cantidad (kw) | Precio Unitario (\$) | Precio Total (\$) |
|---------------|----------------------|-------------------|
| 15540 | 0.048 | 760 |

TABLA XXII.

MANO DE OBRA DE LA PLANTA

| Descripción | Sueldo Unitario (\$) | Sueldo Total (\$) |
|--------------|----------------------|-------------------|
| 1 Supervisor | 500 | 500 |
| 2 Obreros | 200 | 400 |
| | Total | 900 |

TABLA XXIII.

COSTOS TOTALES DE LA PLANTA

| DESCRIPCION | COSTOS (\$) |
|------------------------------|-------------|
| Costos de Máquinas y Equipos | 29842 |
| Costos de Operación por mes | 32535 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se concluye lo siguiente:

1. El tratamiento de la salmuera elimina calcio y magnesio que evita la obstrucción del diafragma, y los sulfatos que reducen el desgaste de los ánodos de grafito en el proceso de electrólisis.
2. Los equipos y las materias primas utilizadas en el tratamiento de la salmuera son adquiridos fácilmente en el mercado local, siendo la sal a emplear la de tipo industrial.
3. Para la depuración de salmuera se debe utilizar tanques decantadores cilíndricos cónicos normales de flujo vertical por ser esta una instalación de pequeños caudales ($< 20 \text{ m}^3/\text{h}$).
4. La arena silícea a utilizar en el filtro será de talla efectiva de 0.9 – 1.35 mm en capa homogénea para aguas decantadas o poco turbias.
5. El mayor costo operativo es atribuido a la sal industrial 67%, los químicos representan el 21% y la energía eléctrica 3%.

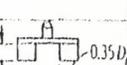
6. La ubicación de la planta debe ser establecida en la zona industrial (vía Daule) por encontrarse con sus proveedores y consumidores muy cerca.

Se recomienda lo siguiente:

1. Se sugiere utilizar floculador (sulfato de aluminio) para esta clase de purificación ya que permite una decantación más rápida.
2. Se puede utilizar energía calorífica del gas cloro cuando este sale de la celda electrolítica para aumentar la temperatura a la salmuera pura, disminuye el consumo eléctrico.
3. Realizar un tratamiento a los precipitados obtenidos en los tanques reactores para utilizar el carbonato de calcio en óxido de calcio, hidróxido de calcio que sirven para el acondicionamiento de las piscinas camaroneras.
4. La planta puede ser ampliada a futuro en el área de precipitación de impurezas, no así a los tanques de preparación y almacenamiento ya que pueden servir para una mayor producción.



ANEXOS

| Tipo de rodete | D_r D_i | Z_i D_i | Z_i D_i | Hojas cort. N.° w/D _i | N.° Ref. | Tipo de rodete | D_r D_i | Z_i D_i | Z_i D_i | Hojas cort. N.° w/D _i | N.° Ref. |
|--|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------|--|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------|
| Turbina de 6 palas planas  $0,25 D_i$ $0,2 D_i$ | 3 | 2,5- 3,9 | 0,55- 1,3 | 4 0,17 | 1 7 | Dos paletas  $0,25 D_i$ | 4,35 | 4,3 | 0,29 | 3 0,11 | 8 3 |
| Igual que en el n.° 1 | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 2 7 | Cuatro paletas. Ver n.° 8 | 3 | 3 | 0,5 | 0 | 16 2 |
| Igual que en el n.° 1 | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,04 | 4 7 | Dos paletas. Ver n.° 8 | 3 | 3,2 | 0,33 | 0 | 20 4 |
| Igual que en el n.° 1; $a = 1, b = 40$ | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 14 7 | Dos paletas. Ver n.° 8 | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 10 7 |
| Turbina de 6 palas curvadas Tam. de palas como en n.° 1  | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 3 7 | Dos paletas. Ver n.° 8 Ancho de paleta = $0,13 D_i$ | 1,1 | 0,5 | 0,19 | 0 | 29 10 |
| Turbina 6 palas forma flecha Tam. de pala como en n.° 1  | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 5 7 | Dos paletas. Ver n.° 8 Ancho de paleta = $0,17 D_i$ | 1,1 | 0,4 | 0,10 | 0 | 29 10 |
| Turbina radial con anillo deflector  | | | | 0 | 7 9 | Hélice de 3 palas Paso de la hélice = $2 D_i$  | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 15 7 |
| Turbina cerrada, de 6 palas. Anillo deflector de 20 hojas | 2,4 | 0,74 | 0,9 | 0 | 11 6 | Igual que el n.° 15; $a = 1,7, b = 18$ | 3,3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 21 7 |
| Semejante, mas no idéntica a la n.° 11 | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 12 7 | Igual que el n.° 15, pero con paso = $1,33 D_i$ | 16 | | | 3 0,06 | 18 5 |
| Igual que la 12, pero sin anillo deflector. | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 13 7 | Igual que el n.° 15, pero con paso = $1,09 D_i$ | 9,6 | | | 3 0,06 | 23 5 |
| Turbina axial de 8 palas con ángulo de 45° . Ver n.° 17 | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 9 7 | Igual que el n.° 15, pero con paso = $1,05 D_i, a = 2,3, b = 18$ | 2,7 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 27 7 |
| Turbina axial 4 palas con ángulo de 60°  | 3 | 3 | 0,50 | 0 | 17 2 | Igual que el n.° 15, pero con paso = $1,04 D_i, a = 0, b = 18$ | 4,5 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 25 7 |
| Turbina axial de 4 palas con ángulo de 45° . Ver n.° 17. | 5,2 | 5,2 | 0,87 | 0 | 19 2 | Igual que el n.° 15, pero con paso = D_i | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 4 0,10 | 24 7 |
| Igual que la n.° 19 | 2,4- 3,0 | 2,4- 3,0 | 0,4- 0,5 | 0 | 22 2 | Igual que el n.° 15, pero con paso = $D_i; a = 2,1, b = 18$ | 3 | 2,7- 3,9 | 0,75- 1,3 | 0 | 26 7 |
| Disco con 16 paletas  $0,1 D_i$ $0,35 D_i$ | 2,5 | 2,5 | 0,75 | 4 0,25 | 6 1 | Igual que el n.° 15, pero con paso = D_i | 3,8 | 3,5 | 1,0 | 0 | 28 8 |

D_r = diámetro del rodete; D_i = diámetro del depósito; n = n.° de revoluciones por segundo; w = ancho de las hojas del cortacorrientes; Z_i = altura a que está el rodete sobre el fondo del depósito; Z_1 = altura del nivel del líquido en el depósito.

FIG. 17.1 CURVA DE SELECCIONAMIENTO DE AGITADORES

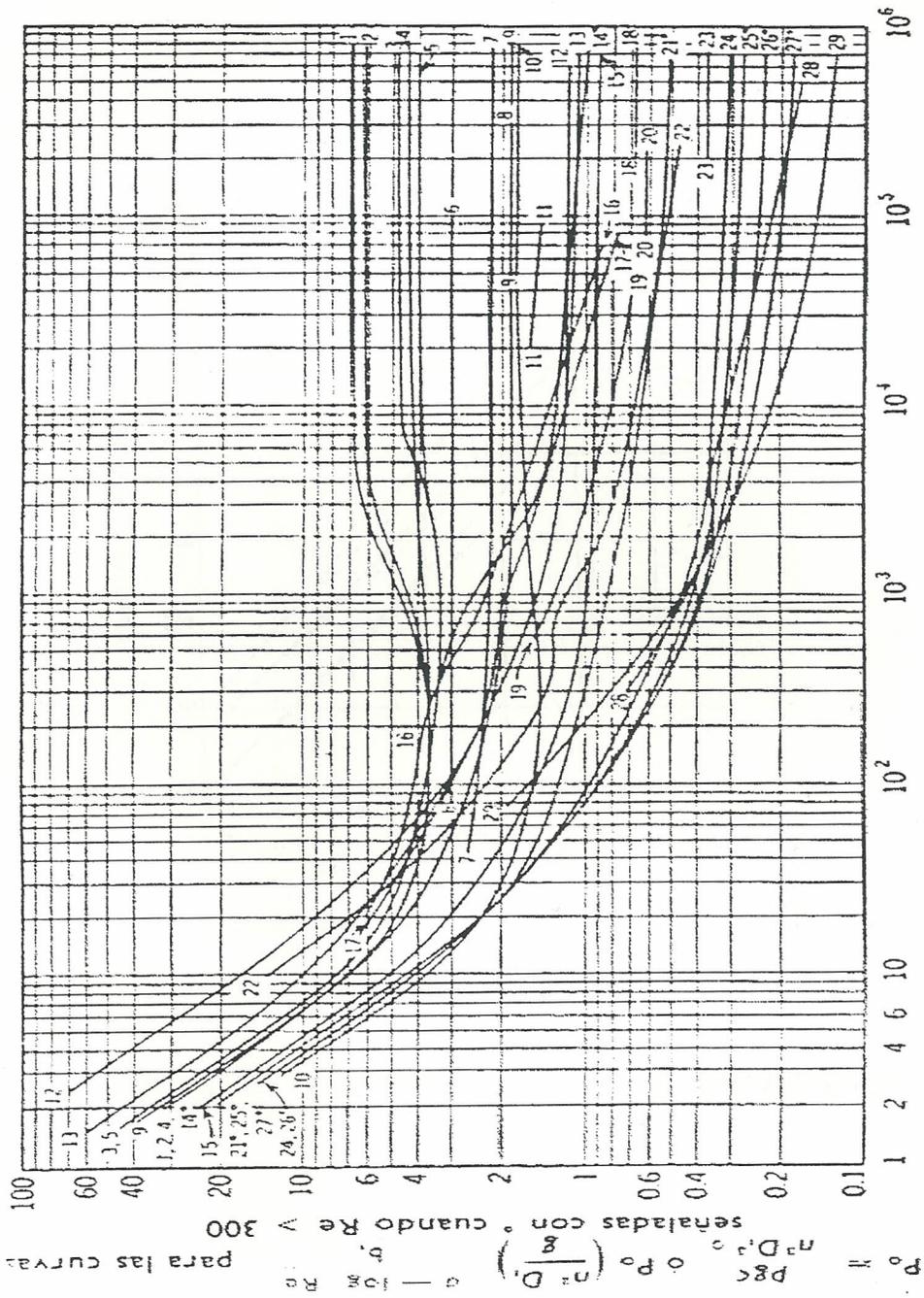
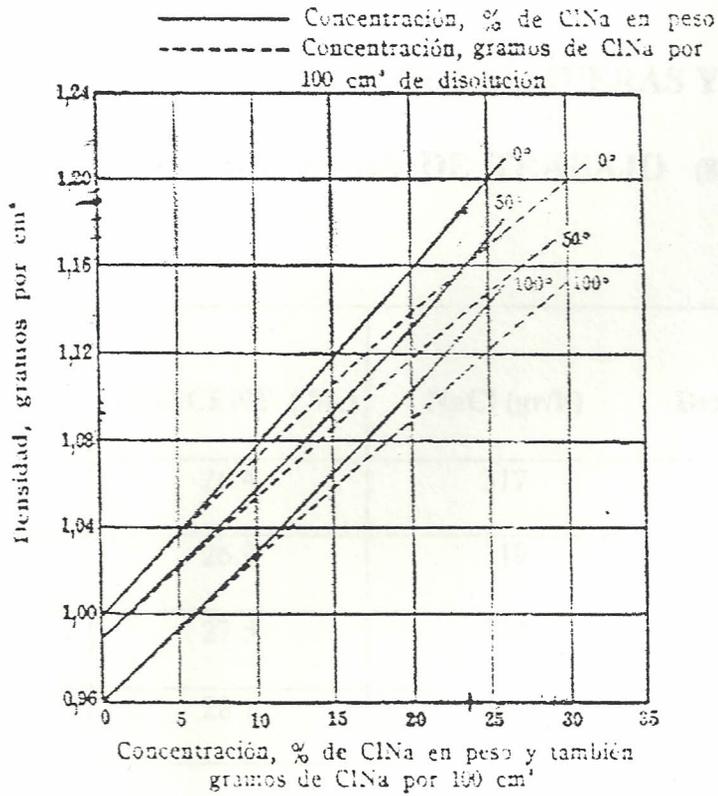


FIG. 17.2 CURVA DE SELECCIONAMIENTO DE AGITADORES

3. BROW, G., Operaciones Básicas de la Ingeniería Química, Editorial Marín. Barcelona- España, 1985.



Densidades de disoluciones acuosas de cloruro sódico
 (Las temperaturas están en grados centígrados)

FIG. 18 CURVA DE CONCENTRACIONES Y DENSIDADES DE LA SALMUERA.

TABLA XXIV.
CONCENTRACION DE SALMUERAS Y
SUS TEMPERATURAS DE TRABAJO (8)

| T (°C) | CONCENT (%) | NaCl (gr/lt) | Densidad (gr/lt) |
|---------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 25 | 26.4 | 317 | 1.2 |
| 50 | 26.9 | 319 | — |
| 80 | 27.5 | 323 | — |
| 100 | 28.1 | 328 | — |
| | | | |

8. N. P. FEDOTIEV A. F. ALAVISHEV. Electroquímica . San Petersburgo. Rusia,1975.

Tabla XXV.

ANALISIS QUIMICO DE LA ARENA FILTRO

| | |
|----------------------------------|------------------|
| % SiO ₂ | 98.82, 98.72 |
| % Al ₂ O ₃ | 0.47 , 0.48 |
| % Fe ₂ O ₃ | 0.14 , 0.14 |
| % TiO ₂ | 0.093, 0.096 |
| % CaO | 0.008,0.008 |
| % MgO | 0.005, 0.005 |
| % Na ₂ O | 0.006, 0.006 |
| % K ₂ O | 0.092, 0.093 |
| % Cr ₂ O ₃ | <0.0003, <0.0003 |

TABLA XXVI

MATERIALES USADOS EN BOMBAS PARA LIQUIDOS

QUIMICOS (SALMUERA) (9).

| | |
|---|-----------------|
| Cloruro de sodio -calcio (acuosa) | AB, 6, 7, 9, 10 |
| Cloruro de sodio (<3%, frío) 1.02 | AI, AB, 9 |
| Cloruro de sodio (>3% frío) 1.02 - 1.20 | AB, AA, 9, 10 |
| Cloruro de sodio (>3%, caliente) | 5, 6, 7, 8, 10 |

NOMENCLATURA DE MATERIAL USADO PARA BOMBAS.

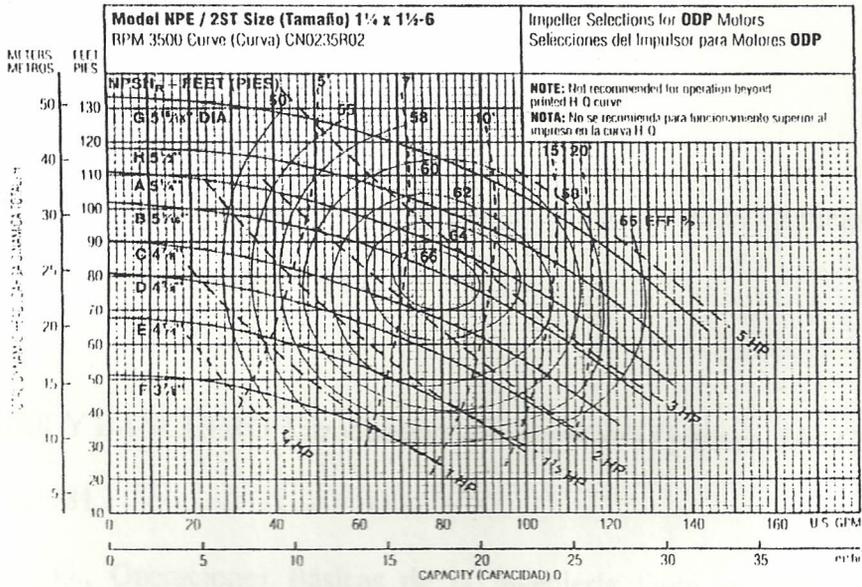
| | | | |
|----------------------------------|----|-----------------------|----|
| 1. Hierro o accesorios de bronce | SF | 3. Todo bronce | AB |
| 2. Todo hierro | AI | 4. Tipos 4, 5, 6, y 7 | AA |

NOMENCLATURA APLICADA PARA BOMBAS

| | | |
|-------------|---|----------------------------------|
| 1. AISI 410 | 4. AISI 304 | 7. Aleaciones no ferrosas |
| ACI CA 14 | ACI CF7 | |
| 2. AISI 422 | 5. AISI 316 | 8. Alto hierro silicón >14.5% Si |
| ACI CB 30 | ACI CF7M | |
| 3. AISI 446 | 6. 4 Y 5 (Mayor resistencia a la corrosión) | 9. Hierro fundido austenítico |
| ACI CC35 | | |
| | 10. Metal Monel | |

9. HIDRAULIC INSTITUTE, Hydraulic Handbook, Mc Graw-Hill, New York E.U,1980.

Performance Curves – 60 Hz, 3500 RPM
Curvas de Funcionamiento – 60 Hz, 3500 RPM



Curvas de Funcionamiento – 60 Hz, 3500 RPM

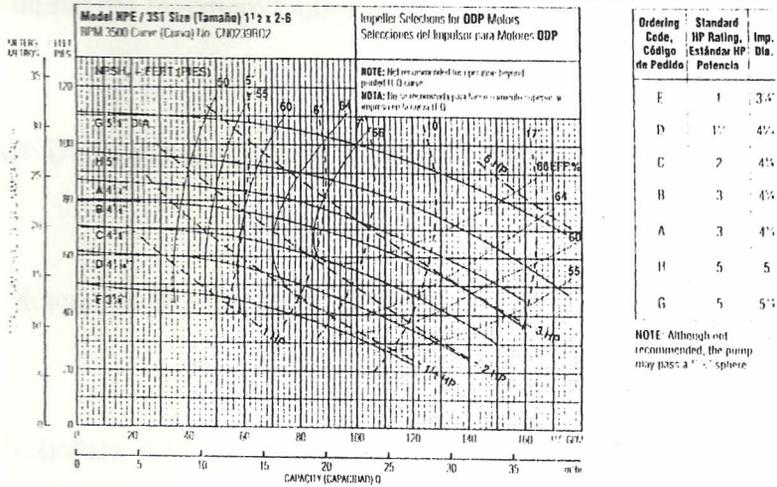


FIG. 19 CURVA DE RENDIMIENTO DE BOMBAS PARA SALMUERA.

9. HIDRAULIC INSTITUTE, Hydraulic Handbook, Mc Graw-Hill, New York E.U,1980.

BIBLIOGRAFIA

1. DEGREMONT, L, Manual Técnico del Agua, Editorial Artes Gráficas Grijelmo S.A Uribirarte Bilbao-España,1985.
2. BAGDER Y BANCHERO, Introducción a la Ingeniería Química ,Mc. Graw Hill, Tomo 1,1981
3. BROW, G., Operaciones Básicas de la Ingeniería Química, Editorial Marín. Barcelona- España,1985.
4. PERRY,R., Manual del Ingeniero Químico, Mc Graw Hill, Tomo 5,1982
5. ELECTROCONDOR, Manual de calentadores eléctricos, Cromalox., 1997
6. LA LLAVE, Manual de Motores Reductores, Leroy – Sommer,1994
7. PERRY, R., Biblioteca del Ingeniero Químico, McGraw-Hill, Tomo 1,1980
8. FEDOTIEV , N, Electroquímica , Editorial Química, San Petersburgo, Rusia,1975

9. HIDRAULIC INSTITUTE, Hydraulic Hanbook, Mc Graw-Hill, New York E.U., 1980.
10. PINO, JOFFRE , Diseño de una celda electrolítica para la obtención de cloro gaseoso y soda cáustica, Espol, 1998.
11. ENCALADA, LUIS, Estudio de mercado y factibilidad económica para la instalación de una planta de cloro y soda cáustica en Guayaquil., Espol, 1998.
12. PAZ, GUILLERMO, Proceso de secado de cloro gaseoso y manejo de soda cáustica, Espol, 1998.
13. SOTOMAYOR, J., Estudio del Proceso de Purificación para Obtención de cloro gaseoso y soda cáustica, Espol, 1998.