



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

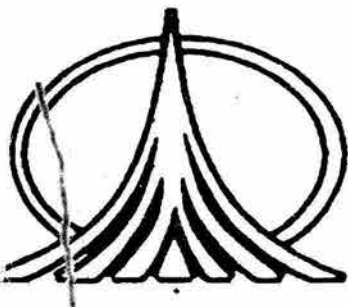
CÁLCULO DE UN REACTOR -
CLARIFLOCULADOR Y UNA UNIDAD
DESMINERALIZADORA PARA SUMINISTRAR
AGUA A CALDERAS DE ALTA PRESIÓN.

TESINA QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
PRESENTA

NORMA ALICIA PACHECO ESPINOSA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/041/04

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNA: PACHECO ESPINOSA NORMA ALICIA

P r e s e n t e .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	M. en C. Andrés Aquino Canchola
Vocal:	I.Q. Héctor Navarro Romero
Secretario:	I.Q. José Mariano Ramos Olmos
Suplente:	I.Q. Gonzalo Rafael Coello García
Suplente:	M. en C. Martha Flores Becerril

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 19 de Agosto de 2004

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA

**A Dios
Por todo lo que me ha dado**

**A ti Sergio
Sin encontrar las palabras
para agradecerte todo lo
que me has dado
Por tu apoyo, tu amor
y por ser mi compañero**

**A Sergio, Norma y Gabriel
Porque ustedes son mi fuerza
para seguir adelante**

**A ti mamá
Por tu apoyo incondicional**

**A Irene y José
Por su ayuda**

**A Héctor y Mariano
Por su ayuda y sus consejos**

**A Andrés
Por su apoyo para lograr
que esto se haga realidad**

INDICE GENERAL DE TEMAS

PUNTO	PAGINA
Objetivo	1
Introducción	1
Generalidades	3
Capítulo I Diagrama de Flujo	18
Capítulo II Clarifloculador	22
II.1 Clarifloculador	
II.1.1.- Fundamentos de la Sedimentación – Coagulación	23
II.1.2.- Memoria de Cálculo para determinar las dimensiones del Clarifloculador	36
II.1.3.- Especificación del Reactor Clarifloculador	53
II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos	
II.2.1 Cálculo de los sistemas de dosificación de Reactivos	
II.2.1.a Cálculo del Sistema de Dosificación de Alumbre	59
II.2.2.b Cálculo del Sistema de Dosificación de Polielectrolito	62
II.2.2. Especificación de los Sistemas de Dosificación de Reactivos	
II.2.2.a Paquete de Dosificación de Alumbre	64
II.2.2.b Paquete de Dosificación de Polielectrolito	71
Capítulo III Filtración	78
III.1.1 Fundamentos de la Filtración	79
III.1.2 Memoria de Cálculo de los Filtros de Arena	83
III.1.3 Especificación de los Filtros de Arena	89
Capítulo IV Desmineralización	92
IV.1.1 Fundamentos de la Desmineralización	93
IV.1.2 Cálculo de la Unidad Desmineralizadora	100
IV.1.3 Especificación de la Unidad Desmineralizadora	142
Capítulo V Desaereación	147
V.1.1 Fundamentos de la Desaereación	148
V.1.2 Especificación del Desaereador	162
Conclusiones	166
Glosario de términos técnicos utilizados	167
Bibliografía	171

INDICE GENERAL DE TABLAS

TABLA		PAGINA
Tabla No. 1	Impurezas más frecuentes en el agua	6
Tabla No. 2	Métodos para remover las impurezas iónicas	7
Tabla No. 3	Métodos para remover las impurezas no iónicas	8 y 9
Tabla No. 4	Métodos para remover impurezas gaseosas	10
Tabla No. 5	Contenidos máximos de TDS, alcalinidad y dureza, dependiendo de la presión de operación de la caldera	13
Tabla No. 6	Forma típica de presentar un análisis de agua	14
Tabla No. 7	Tabla mostrando los pesos equivalentes de los cationes y aniones más comunes en un análisis de agua	15
Tabla No. 8	Factores de conversión de ppm como sustancia a ppm como CaCO ₃ (cationes)	15
Tabla No. 9	Factores de conversión de ppm como sustancia a ppm como CaCO ₃ (aniones)	16
Tabla No. 10	Cambios en el análisis de agua (en ppm) causado por la adición de 1 ppm de cloro, cal hidratada o ácido sulfúrico como coagulante	17
Tabla No. 11	Coagulantes mas usados	24
Tabla No. 12	Análisis del agua de pozo	31
Tabla No. 13	Análisis de agua modificado al adicionar 20 ppm de alumbre y 2 ppm de polielectrolito como floculante	32
Tabla No. 14	Análisis de agua después de adicionar alumbre, polielectrolito y cloro (a la salida del clarifloculador)	33
Tabla No. 15	Características de los principales tipos de resinas	98
Tabla No. 16	Características principales de las resinas tipo "AMBERLITE®"	101 Y 102

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 17	Constantes de la Ley de Henry para varios gases	127
Tabla No. 18	Concentración de Bióxido de Carbono en equilibrio con el aire	128
Tabla No. 19	NTU como una función de $\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}}$ Y $\frac{Lm}{H \times Gm}$ para Descarbonatadores de tiro forzado	129
Tabla No. 20	Constantes para el cálculo de la altura de transferencia para el grado de eliminación de CO ₂ (HTU)) y rango aplicable para varios tipos de empaque	130
Tabla No. 21	Anillos Rasching de 1" ϕ	131
Tabla No. 22	Límites recomendados para agua de alimentación a calderas y agua de la caldera	149
Tabla No. 23	Concentraciones máximas permisibles en calderas en ppm	151
Tabla No. 24	Comparación entre desaeradores tipo espreas y desaeradores tipo charolas	157

INDICE GENERAL DE FIGURAS

Figura		PAGINA
Figura No. 2	Diagrama de Flujo Agua – Vapor para una caldera	11
Figura No. 3	Mezclador flash convencional con el floculador y el Sedimentador en compartimentos separados	26
Figura No. 4	Reactor clarifloculador con recirculación de lodos	27
Figura No. 5	Alcalinidades al anaranjado de metilo y/o a la fenoftaleína contra valores de pH	30
Figura No. 6	Tamices para el filtrado de líquidos	80
Figura No. 7	Filtro de gravedad (de arena)	82
Figura No. 8	Dimensiones del Filtro de Arena	86
Figura No. 9	Esquema de una resina hidratada de intercambio catiónico	96
Figura No. 10	Dimensiones de la Torre Descarbonatadota	125
Figura No. 11	Caída de presión para silletas Berl	132
Figura No. 12	Desaereador del tipo espreas	153
Figura No. 13	Desaereador del tipo charolas	154
Figura No. 14	Desaereador (vista transversal)	159
Figura No. 15	Desaereador (vista lateral)	160
Figura No. 16	Desaereador tipo espreas	161

INDICE GENERAL DE GRÁFICAS

Gráfica	PAGINA
Gráfica No. 1 Fuga de Sílice considerando el uso de resina aniónica IRA-402 y nivel de regeneración 4 Lb/Ft ³	133
Gráfica No. 2 Factor de corrección para la Fuga de Sílice por la presencia de Cl ⁻ y SO ₄ ⁼	134
Gráfica No. 3 Capacidad de la resina para IRA-402	135
Gráfica No. 4 Fuga de Na considerando resina catiónica IR-120 y nivel de regeneración 6 Lb/Ft ³	136
Gráfica No. 5 Capacidad de la resina IR-120	137
Gráfica No. 6 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por % de concentración de Na	138
Gráfica No. 7 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por % de alcalinidad	139
Gráfica No. 8 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por altura de la cama	140
Gráfica No. 9 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por la cantidad de sólidos disueltos totales	141

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

OBJETIVO: Mostrar la secuencia de cálculo, para determinar las dimensiones del reactor – clarifloculador, los filtros de arena y la unidad desmineralizadora de agua, utilizados en el sistema de tratamiento que se tiene que dar a una agua de pozo, para utilizarla como agua de alimentación a una caldera de alta presión (2700 psig).

Introducción

La presente tesina tiene como objetivo principal mostrar al estudiante de ingeniería química y a los ingenieros del área, la forma típica de calcular y especificar un reactor-clarifloculador, filtros a gravedad de arena y una unidad desmineralizadora, cuando estos equipos son usados para acondicionar agua de pozo para que ésta pueda usarse como agua de alimentación a calderas de alta presión.

Para ello se da en las generalidades una semblanza del tipo de impurezas que se pueden encontrar en las aguas subterráneas, los métodos de tratamiento para eliminar éstas y las características básicas que debe de cumplir el agua para evitar corrosión cuando se alimente a una caldera que opere a alta presión.

En el Capítulo I.- Diagrama de flujo, se muestra el tren de tratamiento que se aplicará a esta agua de pozo para proporcionarle la calidad requerida por una caldera que opera a 2700 psig de presión.

El capítulo II Clarifloculador, se encuentra dividido en los siguientes puntos:

II.1.- Clarifloculador, el cual se subdivide en los siguientes puntos:

II.1.1- “Fundamentos de la coagulación – sedimentación “

En el cual se dan todos los fundamentos técnicos, ecuaciones y requerimientos que se tienen que cumplir para lograr que se lleve a cabo la sedimentación y coagulación de las impurezas presentes en el agua, tipos de coagulantes más usados y la aportación que introducen al análisis de agua cuando cada uno de ellos son agregados.

II.1.2- “Memoria de Cálculo del reactor clarifloculador”

En el cual, se muestran los cálculos necesarios para dimensionar cada una de las zonas con las que cuenta un reactor clarifloculador

II.1.3- “Especificación del reactor clarifloculador”

En esta parte se muestra una forma típica de especificar este tipo de equipos,

II.2.- Sistema de dosificación de reactivos, el cual se encuentra subdividido en:

II.2.1.- Cálculo de los sistemas de dosificación de reactivos:

II.2.1.a.- Cálculo del sistema de dosificación de alumbre

II.2.1.b.- Cálculo del sistema de dosificación de polielectrolito

II.2.1.b.- Cálculo del sistema de dosificación de polielectrolito

II.2.2.- Especificación de los sistemas de dosificación de reactivos:

II.2.2.a.- Especificación del sistema de dosificación de alumbre

II.2.2.b.- Especificación del sistema de dosificación de polielectrolito

Capítulo III “Filtración” se encuentra dividido en los siguientes puntos:

III.1.1- “Fundamentos de la Filtración”

En esta parte se dan todos los fundamentos técnicos de esta operación unitaria, así como los tipos de filtros que pueden usarse en tratamiento de aguas.

III.1.2- “Memoria de Cálculo de los Filtros de Arena”

En el cual, se muestran los cálculos necesarios para dimensionar éstos equipos.

III.1.3- “Especificación de los Filtros de Arena”

En esta parte se muestra una forma típica de especificar este tipo de equipos,

Capítulo IV “Desmineralización” se encuentra dividido en los siguientes puntos:

IV.1.1- “Fundamentos de la Desmineralización “

En esta parte se dan todos los fundamentos técnicos de esta operación unitaria, así como conceptos básicos del tipo de resinas utilizadas para llevar a cabo el intercambio iónico

IV.1.2- “Memoria de Cálculo de la Unidad Desmineralizadora”

En el cual, se muestran los cálculos necesarios para dimensionar éstos equipos, utilizando como base estudios y gráficas realizadas por uno de los fabricantes de resinas de intercambio iónico, con mas experiencia en el mercado.

IV.1.3- “Especificación de la Unidad Desmineralizadora”

En esta parte se muestra una forma típica de especificar este tipo de equipos,

Capítulo V “Desaereación” se encuentra dividido en los siguientes puntos:

IV.1.1- “Fundamentos de la Desaereación “

En esta parte se dan todos los fundamentos técnicos de esta operación unitaria, así como los tipos de desaereadores que existen en el mercado, sus ventajas y sus desventajas, para diferentes casos de estudio.

IV.1.2- “Especificación del Desaereador”

En esta parte se muestra una forma típica de especificar este tipo de equipos,

GENERALIDADES

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos. Por sus propiedades únicas, se puede decir también que es indispensable para la gran mayoría de los procesos industriales. El agua se deriva principalmente de los océanos, parte importante del ciclo hidrológico, (mostrado en la figura No. 1), que consta de 4 etapas: almacenamiento, evaporación, precipitación y escorrentía.

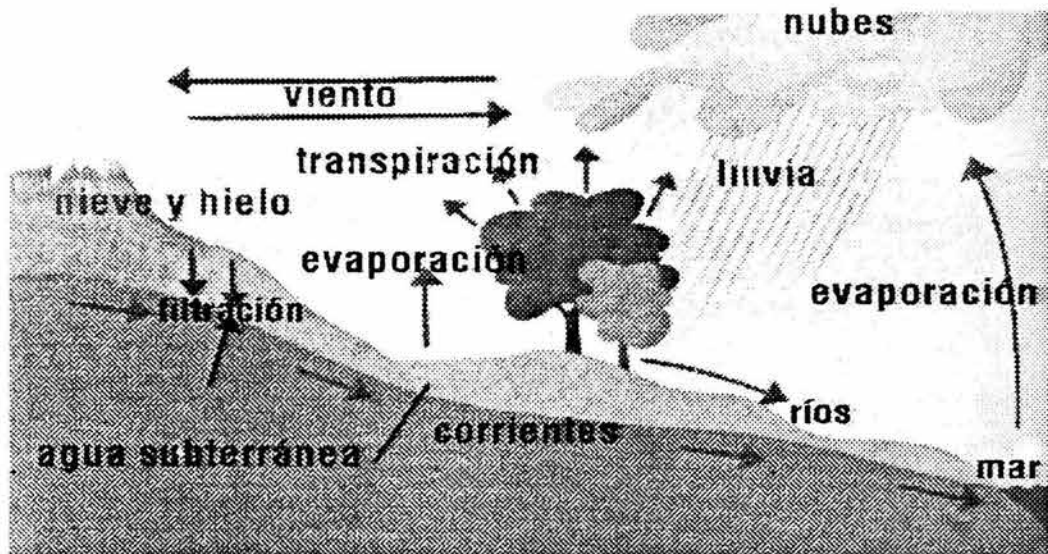


Figura No. 1. Ciclo Hidrológico del Agua

El agua se almacena en océanos y lagos, en ríos y arroyos, y en el suelo. La evaporación, incluida la transpiración que realizan las plantas, transforma el agua en vapor de agua. La precipitación tiene lugar cuando el vapor de agua presente en la atmósfera se condensa y cae a la Tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. El agua de escorrentía incluye la que fluye en ríos y arroyos, y bajo la superficie del terreno (agua subterránea).

Al llegar a la superficie terrestre, el agua sigue dos trayectorias. En cantidades determinadas por la intensidad de la lluvia, así como por la porosidad, permeabilidad, grosor y humedad previa del suelo, una parte del agua se vierte directamente en los riachuelos y arroyos, de donde pasa a los océanos y a las masas de agua continentales; el resto se infiltra en el suelo. Una parte del agua infiltrada constituye la humedad del suelo, y puede evaporarse directamente o penetrar en las raíces de las plantas para ser transpirada por las hojas. La porción de agua que supera las fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo y se acumula en la llamada zona de saturación para formar un depósito de agua subterránea, cuya superficie se conoce como nivel freático.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

En condiciones normales, el nivel freático crece de forma intermitente según se va rellenando o recargando, y luego declina como consecuencia del drenaje continuo en desagües naturales como son los manantiales.

De esta forma, el agua se clasifica en dos grupos principales, aguas superficiales y aguas subterráneas. Los suministros superficiales son ríos, corrientes, arroyos, lagos, y depósitos; los suministros de aguas subterráneas son pozos y manantiales.

Debido a su capacidad de disolver numerosas sustancias en grandes cantidades, el agua pura casi no existe en la naturaleza. Durante la condensación y precipitación, la lluvia o la nieve absorben de la atmósfera cantidades variables de dióxido de carbono y otros gases, así como pequeñas cantidades de material orgánico e inorgánico. En su circulación por encima y a través de la corteza terrestre, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas. Los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio. Las aguas de la superficie suelen contener también residuos domésticos e industriales. Las aguas subterráneas poco profundas pueden contener grandes cantidades de compuestos de nitrógeno y de cloruros, derivados de los desechos humanos y animales. Generalmente, las aguas de los pozos profundos sólo contienen minerales en disolución.

Las impurezas suspendidas y disueltas en el agua natural impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines. Los materiales indeseables, orgánicos e inorgánicos, se extraen por métodos de criba y sedimentación que eliminan los materiales suspendidos. Otro método es el tratamiento con ciertos compuestos, como el carbón activado, que eliminan los sabores y olores desagradables. También se puede purificar el agua por filtración, o por cloración o irradiación que matan los microorganismos infecciosos.

En la ventilación o saturación de agua con aire, se hace entrar el agua en contacto con el aire de forma que se produzca la máxima difusión; esto se lleva a cabo normalmente en torres con espumas en las cuales se esparce agua en el aire. La ventilación elimina los olores y sabores producidos por la descomposición de la materia orgánica, al igual que los desechos industriales como los fenoles, y gases volátiles como el cloro. También convierte los compuestos de hierro y manganeso disueltos en óxidos hidratados insolubles que luego pueden ser extraídos con facilidad.

La dureza de las aguas naturales es producida por las sales de calcio y magnesio, y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición. La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

El hierro, que produce un sabor desagradable en el agua potable, puede extraerse por medio de la ventilación y sedimentación, o pasando el agua a través de filtros de zeolita. También se puede estabilizar el hierro añadiendo ciertas sales, como los polifosfatos. El agua que se utiliza en los laboratorios, se destila o se desmineraliza pasándola a través de compuestos que absorben los iones.

Los suministros subterráneos, en virtud del efecto de filtración a través de la tierra, están normalmente libres de materia suspendida y mugre en volumen orgánico, pero, debido a la presencia de gases y al prolongado contacto con tierra y rocas, contiene más materia disuelta que los suministros superficiales.

La naturaleza de las sustancias disueltas está determinada por la composición de las piedras encontradas. Por ejemplo, la dureza (por calcio y magnesio) se deriva de la caliza y el yeso, sílice de cuarzo, y hierro y manganeso de los constituyentes metálicos de la tierra. Los pozos más profundos normalmente se mineralizan más favorablemente que los pozos poco profundos.

A pesar de su mayor contenido disuelto, las aguas de pozo tienen la ventaja de mayor claridad y libertad de contaminación bacteriana, lo que la hace más conveniente como agua para beber. También posee temperaturas más bajas, lo que la hace adecuada para propósitos de enfriamiento. Es más, su composición química es más constante que la de las aguas superficiales, que varían con la lluvia, por lo que es más fácil controlar su tratamiento.

La tabla No. 1 muestra las impurezas más frecuentes encontradas en el agua, las cuales pueden dividirse en tres grupos principales:

- 1.- Iones y solubles
- 2.- No iónicos e insolubles
- 3.- Gases

A su vez, las impurezas iónicas del primer grupo, se subdividen en cationes y aniones.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 1. Impurezas más frecuentes en el agua

Iones y disueltos		No iónicos e insolubles	Gases
Cationes	Aniones		
Calcio (Ca ⁺⁺) Magnesio (Mg ⁺) Sodio (Na ⁺) Potasio (K ⁺) Amoníaco (Fierro (Fe ⁺⁺) Manganeso (Mn ⁺⁺)	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) Carbonatos (CO ₃ ⁼) Hidróxidos (OH ⁻) Sulfatos (SO ₄ ⁼) Cloruros (Cl ⁻) Nitratos (NO ₃ ⁻) Fosfatos (FO ₃ ⁻) Sílice Materia Orgánica Color	Turbidez, sedimento. lodo, polvos y otras materias suspendidas Color Materia Orgánica Sílice coloidal Microorganismos y plankton Bacterias Aceite Productos corrosivos	Dióxido de Carbono (CO ₂) Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S) Amoníaco (NH ₃) Metano (CH ₄) Oxígeno (O ₂) Cloro (Cl ₂)

La materia orgánica y el color aparecen en dos columnas debido a que hay varios tipos: para la columna de disueltos y iónicos, tal como humatos y otros coloidales y no iónicos como los taninos.

Los olores y sabores desagradables del agua se eliminan por oxigenación. Las bacterias se destruyen añadiendo unas pocas partes por millón de cloro, y el sabor del cloro se elimina con sulfito de sodio. La dureza excesiva del agua, que la hace inservible para muchos usos industriales, se consigue reducir añadiendo cal débil o hidratada, o por un proceso de intercambio iónico, utilizando zeolita como ablandador. La materia orgánica en suspensión, con vida bacteriana, y la materia mineral en suspensión, se eliminan con la adición de agentes floculantes y precipitantes, como alumbre, antes del filtrado. La fluoración artificial del agua para consumo público se lleva a cabo en algunos países para prevenir la caída de los dientes

En las tablas No. 2 y 3 se clasifican los métodos para remover las impurezas iónicas, no iónicas, y gaseosas, respectivamente; algunos de estos métodos se llevan a cabo antes de la desmineralización, tal como el pretratamiento que se lleva a cabo en el agua de pozo, para remover el color, la turbidez y la materia orgánica presente en el agua.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 2.- Métodos para remover las impurezas iónicas

Impureza	Método
Cationes	
1. Calcio y magnesio	a. Proceso de cal fresca en caliente (con sosa cáustica) ó en frío: precipitación, sedimentación y filtración
2. Sodio, potasio y amonio	b. Intercambio iónico a. Intercambio de cationes de hidrógeno, si los bicarbonatos presentes exceden la dureza total b. Desmineralización
3. Hierro y manganeso	a. Oxidación (aeración) y precipitación, sedimentación (si grandes cantidades están presentes) y filtración (cloruros y álcalis pueden necesitarse) b. filtración a través de zeolitas de manganeso c. Intercambio iónico
Aniones	
4. Alcalinidad	a. Proceso de cal fresca en caliente ó en frío: precipitación, sedimentación y filtración b. Intercambio de cationes de hidrógeno c. Partición de sales por intercambio de aniones de cloro (de-alcalinización)
5. Sulfatos, cloruros, nitratos y fosfatos	Desmineralización
6. Sílice	a. Absorción por hidróxido de fierro precipitado por adición de sulfato férrico; sedimentación seguida de filtración b. Absorción por hidróxido de magnesio, formado cuando cal o dolomítica es adicionada; sedimentación y filtración, adicionando magnesio activado con la cal en caliente o proceso en caliente si se requiere c. Intercambio con ión hidróxido (desilificación) d. Desmineralización
7. Materia orgánica y color	Ver tabla 3

Tabla No. 3. Métodos para remover las impurezas no iónicas

Impureza	Método
1. Turbidez y materia suspendida	a. Filtración exclusivamente, para cantidades pequeñas de turbidez, adicionando coagulantes directamente antes de filtrar, si se desea un efluente limpio b. Coagulación-floculación, sedimentación y filtración para grandes cantidades de turbidez; una perclorinación es usualmente beneficiosa; si se requiere, adicionar álcali para tener un valor óptimo de pH; la ayuda del coagulante, mejora a menudo el flóculo
2. Color	a. Coagulación, pero adicionando arcilla u otro agente de peso, para la densidad del flóculo; si el agua tiene poca cantidad de materia suspendida
3. Materia orgánica	a. Coagulación-floculación, sedimentación y filtración para grandes cantidades de turbidez; una perclorinación es usualmente beneficiosa; si se requiere, adicionar álcali para tener un valor óptimo de pH; la ayuda del coagulante, mejora a menudo el flóculo b. Adición de agentes oxidantes tal como cloro o permanganato c. Adsorción por carbón activado granular d. Adsorción por intercambiadores aniónicos
4. Sílice coloidal	a. Coagulación, sedimentación y filtración para grandes cantidades de turbidez; una perclorinación es usualmente beneficiosa; si se requiere, adicionar álcali para tener un valor óptimo de pH; la ayuda del coagulante, mejora a menudo el flóculo b. Recirculación de las purgas de la caldera a través de la desmineralizadora

Tabla No. 3. Métodos para remover las impurezas no ión (continuación)

Impureza	Método
5. Plankton y bacterias	a. Coagulación, sedimentación y filtración para grandes cantidades de turbidez; una perclorinación es usualmente benéfica; si se requiere, adicionar álcali para tener un valor óptimo de pH; la ayuda del coagulante, mejora a menudo el flóculo b. Superclorinación
6. Aceite	a. Coagulación- floculación, sedimentación y filtración para grandes cantidades de turbidez; una perclorinación es usualmente beneficiosa; si se requiere, adicionar álcali para tener un valor óptimo de pH; la ayuda del coagulante, mejora a menudo el flóculo b. Adición de flóculos de alumbre prefabricados y filtración
7. Productos corrosivos en el condensado	a. Filtración con la ayuda de filtros de celulosa b. Intercambiador catiónico c. Intercambiador aniónico amoniaco para drenes calientes d. Filtración combinada e intercambio iónico con desmineralización a base de camas mixtas

Tabla 4. Métodos para remover impurezas gaseosas

Impurezas	Métodos
1. Dióxido de Carbono	a. Aereación: Aereador abierto b. Aereación: Desgasificador (descarbonador) o aereador de tiro forzado c. Deaerador de vacío d. Deaerador calentador para alimentación a calderas
2. Sulfuro de hidrógeno	a. Aereación por Aereación abierta o por desgasificador b. Clorinación c. Aereación mas clorinación
3. Amonio	a. Intercambio de cationes de hidrógeno, si el amonio esta presente como iones de NH_4^+
4. Metano	a. Aereación por Aereación abierta o por desgasificador
5. Oxígeno	a. Deaerador a vacío b. Deaerador calentador para alimentación a calderas c. Adición de sulfuro de sodio o hidracina d. Intercambio aniónico regenerado con sulfuro de sodio, hidrosulfitos e hidróxidos
6. Exceso de cloro residual	a. Declorinación por adición de agentes reductivos tales como sulfuro de sodio o ácido sulfuroso b. Adsorción por carbón activado granular c. Filtración a través de sulfuro de calcio granular

USO DEL AGUA PARA LA GENERACION DE VAPOR

Las plantas industriales usan agua para numerosos propósitos: enfriamiento, agua de alimentación a calderas, servicios en general tal como beber o para limpieza y finalmente para el procesamiento de la fabricación de productos (a esta aplicación se le conoce como agua de proceso).

Los límites de impurezas (tolerancias) permitidos en el agua, varían dependiendo del uso que se le de a dicha agua durante un proceso industrial.

El presente estudio se entocará en la calidad que el agua debe de tener para poder alimentarla a una caldera que genere vapor de alta presión. Por esta razón se hablará primeramente de la operación de una caldera y de la importancia de cuidar la calidad del agua que servirá para generar el vapor.

OPERACIÓN DE LA CALDERA

La mayoría de las calderas o generadores de vapor tienen muchas cosas en común. Normalmente en el fondo esta la cámara de combustión o el horno en donde es mas económico introducir el combustible a través del quemador en forma de flama. El quemador es controlado automáticamente para pasar solamente el combustible necesario para mantener la presión del vapor deseada. La flama o el calor es dirigido o distribuido a la superficie de calentamiento, que normalmente son los tubos, fluyes o serpentines.

El agua calentada o vapor se levanta de la superficie del agua, se vaporiza y es colectada en una o varias cámaras o tambores. El tamaño del tambor determina la capacidad de producción del vapor. En la parte superior del tambor de vapor se encuentra la salida o el llamado "cabezal de vapor", desde donde el vapor es conducido por tubería, a los puntos de uso

En la parte superior del hogar mecánico, se encuentra una chimenea construida normalmente de metal, la cual conduce hacia fuera los productos de combustión. En el fondo de la caldera, normalmente opuesto del hogar mecánico, se encuentra una válvula de salida llamada "purga de fondo". Por esta válvula salen del sistema la mayoría del polvo, lodos y otras sustancias no deseadas, que son purgadas de la caldera.

En la figura No. 2 se muestra el diagrama de flujo Agua – Vapor típico para una caldera:

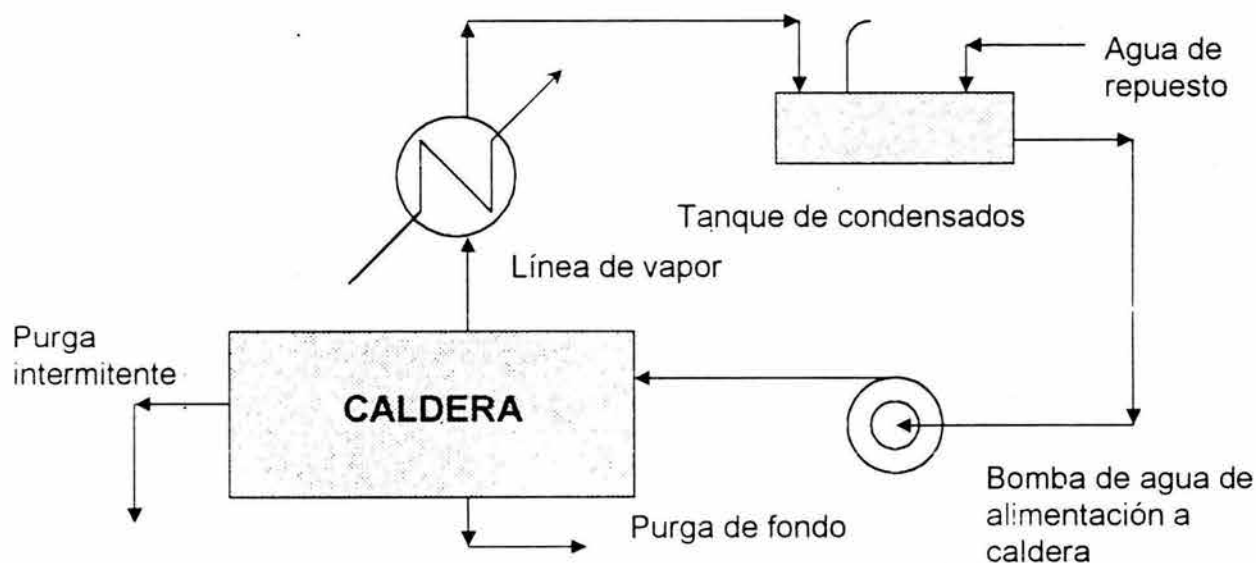


Figura No. 2 diagrama de Flujo Agua – Vapor para una caldera

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA ALIMENTADA A LA CALDERA

Las calderas necesitan un pretratamiento externo en la alimentación del agua o "repuesto" dependiendo del tipo de caldera, la presión de operación, o del sistema total. El tratamiento químico interno es necesario, dependiendo del tratamiento externo del agua. El tratamiento externo del agua reduce la dosificación de productos químicos y los costos totales de operación.

Cuando el agua es evaporada, los minerales ó sólidos disueltos y suspendidos en el agua, permanecen dentro de la caldera. El agua de reposición contiene una carga normal de minerales disueltos, estos hacen que se incrementen los sólidos disueltos totales dentro de la caldera.

Después de un período de tiempo, los sólidos disueltos totales (TDS) alcanzan niveles críticos dentro de la caldera. El incremento en los niveles de TDS dentro de la caldera es conocido como "ciclos de concentración".

Para controlar los niveles máximos permisibles de TDS, el operador debe abrir en forma periódica la válvula de purga de la caldera. La purga es el primer paso para el control del agua en la caldera y ésta debe de ser en períodos o intervalos de tiempo.

La frecuencia es dependiendo de la cantidad de TDS en el agua de reposición y de la cantidad de agua de reposición introducida. En calderas grandes o de alta presión las purgas deben de ser automáticas o continuas.

Adicionalmente al control de los ciclos de concentración de los TDS, la alcalinidad debe de ser considerada con mucha precaución. Una alta alcalinidad puede resultar en un rompimiento de los bicarbonatos, produciendo carbonatos y liberando CO₂ libre en el vapor.

La presencia de CO₂ en el vapor generalmente da como resultado un vapor altamente corrosivo, causando daños por corrosión en las líneas de vapor y retorno de condensados.

La concentración permitida en el interior de la caldera de TDS y de alcalinidad, va disminuyendo a medida que la presión de operación de la caldera se va incrementando,

La tabla No. 5 muestra los contenidos máximos de TDS, alcalinidad y dureza, dependiendo de la presión de operación de la caldera.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 5 contenidos máximos de TDS, alcalinidad y dureza, dependiendo de la presión de operación de la caldera

PRESION DE OPERACIÓN DE LA CALDERA (psig)		MAXIMO CONTENIDO DE TDS (ppm)	MAXIMO CONTENIDO DE ALCALINIDAD (ppm)	MAXIMO CONTENIDO DE DUREZA (ppm)
< DE 300	HASTA 300	3,500	700	20
301	450	3,000	600	0
451	600	2,500	500	0
601	750	2,000	400	0
751	900	1,500	300	0
901	1,000	1,250	250	0
1,001	1,500	1,000	200	0
1,501	2,000	750	150	0
2,001	3,000	150	100	0

La primera causa de la formación de incrustación es debido al hecho de que la solubilidad de las sales decrece a medida de que se incrementa la temperatura aumentando la facilidad de precipitación. Consecuentemente, las altas temperaturas y presiones en la operación de la caldera, las sales se vuelven mas insolubles, apareciendo la precipitación de las mismas dentro de la caldera, provocando por consiguiente corrosión. Esta incrustación puede ser prevenida de ser formada en las calderas, mediante el empleo de un tratamiento externo, el cual se muestra en el presente trabajo.

Formas de presentar los análisis de agua

El método preferido de expresión, en el campo de tratamiento de agua es en términos de ppm equivalentes de carbonato de calcio (expresados como ppm "como CaCO_3 "); el carbonato de calcio es un buen común denominador, debido a que su peso molecular es de 100, lo cual facilita los cálculos.

Es más, en esta forma de análisis, la suma de cationes o "cationes totales", siempre iguala los "aniones totales." El método también ayuda prediciendo el análisis comparativo después de varias formas de tratamiento y el análisis a los pasos consecutivos de una desmineralización multi-etapas.

En la tabla No. 6, se muestra la forma común de presentar un análisis de agua, expresado en ppm de CaCO_3

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 6.- Forma típica de presentar un análisis de agua

Nombre:		Fecha:					
Dirección:							
Identificación							
Constituyente	Análisis en ppm como						
CACIONES	Calcio (Ca ⁺⁺)	CaCO ₃					
	Magnesio (Mg ⁺⁺)	CaCO ₃					
	Sodio (Na ⁺)	CaCO ₃					
	Hidrógeno FMA* (H ⁺)	= CaCO ₃					
	Total de cationes	CaCO₃					
ANIONES	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	CaCO ₃					
	Carbonato (CO ₃ ⁼)	CaCO ₃					
	Hidróxido (OH ⁻)	CaCO ₃					
	Sulfato (SO ₄ ⁼)	CaCO ₃					
	Cloro (Cl ⁻)	CaCO ₃					
Total de aniones	CaCO₃						
Total de dureza	CaCO₃						
Alcalinidad Anaranjado Metilo	al de	CaCO ₃					
Fierro, total	Fe						
Dióxido de Carbono, Libre	CO ₂						
Sílice	SiO ₂						
Turbidez							
Sólidos disueltos totales							
pH							
COSTO DE OPERACION							
Químicos	Lbs. por 1,000 Gal.	Costo del químico por Lb. **	Costo del químico por 1,000 Gal.				

* FMA = Acidez mineral libre

** Basado en la mejor información disponible; checar las fuentes de suministro locales

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Algunos análisis todavía están expresándose en partes por millón en términos de los propios iones en lugar de "como CaCO₃." Otros análisis están expresándose en partes por millón en términos de los equivalentes de los iones. Las últimas formas llamaron a menudo cualquier equivalentes por millón (epm) o miliequivalentes por el litro (meq/l). Las dos expresiones, epm y meq/l, son sinónimos. Para convertir un análisis, expresado en sus iones, a sus equivalentes, las cantidades deben ser divididas por el peso equivalente dividido por su valencia, y los pesos equivalentes de los cationes y aniones, más comunes se muestran en la tabla No. 7.

Tabla No. 7.- Tabla mostrando los pesos equivalentes de los cationes y aniones más comunes en un análisis de agua

CATIONES		ANIONES	
Ca ⁺⁺	20.0	HCO ₃ ⁻	61.0
Mg ⁺⁺	12.2	SO ₄ ⁼	48.0
Na ⁺	23.0	Cl ⁻	35.5

Las tablas No. 8 y 9 muestran los factores de conversión para facilitar los cálculos:

Tabla No. 8. Factores de conversión de ppm como sustancia a ppm como CaCO₃ (cationes)

iones	Símbolo	Peso iónico	Peso equivalente	Factor
Cationes				
Aluminio	Al ³⁺	270	9.0	5.56
Amoníaco	NH ₄ ⁺	18.0	18.0	2.78
Bario	Ba ²⁺	137.4	68.7	0.73
Calcio	Ca ²⁺	40.1	20.0	2.49
Cobre	Cu ²⁺	63.6	31.8	1.57
Hidrógeno	H ⁺	1.0	1.0	50.0
Fierro (ferroso)	Fe ²⁺	55.8	27.9	1.80
Fierro (férrico)	Fe ³⁺	55.8	18.6	2.69
Magnesio	Mg ²⁺	24.3	12.2	4.10
Manganeso	Mn ²⁺	54.9	27.5	1.82
Potasio	K ⁺	39.1	39.1	1.28
Sodio	Na ⁺	23.0	23.0	2.18

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Tabla No. 9. Factores de conversión de ppm como sustancia a ppm como CaCO₃ (aniones)

iones	Símbolo	Peso lónico	Peso equivalente	Factor
Aniones:				
Bicarbonato	HCO ₃ ⁻	61.0	61.0	0.82
Bisulfato	HSO ₄ ⁻	97.1	97.1	0.51
Bisulfito	HSO ₃ ⁻	81.1	81.1	0.61
Carbonato	CO ₃ ²⁻	60.0	30.0	1.67
Cloruros	Cl ⁻	35.5	35.5	1.41
Fluoruros	F ⁻	19.0	19.0	2.63
Hidróxido	OH ⁻	17.0	17.0	2.94
Nitratos	NO ₃ ⁻	62.0	62.0	0.81
Fosfatos (primarios)	H ₂ PO ₄ ⁻	97.0	37.0	0.51
Fosfatos (secundarios)	HPO ₄ ²⁻	96.0	48.0	1.04
Fosfatos (terciarios)	PO ₄ ³⁻	95.0	31.7	1.58
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	96.1	48.0	1.04
Sulfuros	S ₂ ⁻	32.1	16.0	3.12
Sulfitos	SO ₃ ²⁻	80.1	40.0	1.25

Un grano por galón US equivale a 17.1 ppm, porque un galón americano pesa 8.33 libras y una libra contiene 7000 granos. Por consiguiente, para convertir de granos por el galón americano a las partes por millón se multiplica por 17.1.

Un grano por el galón Imperial es igual 14.3 ppm, porque un galón Imperial pesa 10 libras. Para convertir de granos por galón Imperial a partes por millón multiplicar por 14.3.

Un miligramo por el litro es igual a 1 ppm, porque el peso del litro es 1,000,000 mg; por esta razón, ningún factor de conversión se requiere.

Aunque la unidad "granos por el galón" actualmente rara vez se usa en la forma de presentar los análisis de agua, en cálculos de la desmineralización es ampliamente usada. Esto ordinariamente se abrevia como "Kilogranos/Ft³" o "Kgr/Ft³". Entonces, las partes por millón totales de los cationes y aniones dados por un análisis son divididos entre 17.1 para dar los granos por U.S. el galón usados en los cálculos técnicos de desmineralización.

Cuando se adicionan reactivos químicos a una agua que contiene electrolitos, se llevan a cabo una serie de reacciones químicas que ayudan a separar dichos electrolitos presentes en el agua, así por ejemplo cuando se adiciona cal, ésta reacciona con la dureza debida a bicarbonatos, produciendo carbonatos de calcio

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

e hidróxido de magnesio, los cuales son fácilmente separados del agua como precipitados.

Por consiguiente, en plantas de procesos en frío coagulantes como alumbre o sulfatos de hierro se adicionan para coagular los precipitados en masas más grandes que sedimentan más rápidamente. Los coagulantes también se necesitan para ayudar a quitar cantidades apreciables de sólidos suspendidos y de materia orgánica originalmente presentes en el agua cruda. Si la materia orgánica es alta en cantidad, puede necesitarse una pre-oxidación por cloro, porque los orgánicos inhiben a menudo la precipitación.

La suma de los coagulantes y otros químicos altera el análisis de agua y debe tenerse en cuenta por consiguiente en los cálculos técnicos.

La tabla No. 10 muestra los cambios en el análisis de agua, causado por la adición de 1 ppm de varios coagulantes, cloro y otros químicos.

Tabla 10. Cambios en el análisis de agua (en ppm) causado por la adición de 1 ppm de cloro, cal hidratada o ácido sulfúrico como coagulante

Químico	Fórmula	Reduc. de la alcalinidad como CaCO ₃	Increm. de la alcalinidad como CaCO ₃	Reduc. de CO ₂ como CO ₂	Increm. de CO ₂ como CO ₂	Increm. de SO ₄ como CaCO ₃	Increm. de Cl como CaCO ₃	Increm. de dureza como CaCO ₃
Sulfato de aluminio	[Al ₂ (SO ₄) ₃]4H ₂ O	0.45			0.4	0.45		
Sulfato férrico	FESO ₄ .7H ₂ O	0.36			0.31	0.36		
Sulfato férrico	FE(SO ₄) ₃ .2H ₂ O	0.75			0.66	0.75		
Cloro	Cl	1.40			1.30		1.4	
Cal hidratada (al 93% de pureza)	CA(OH) ₂		1.26	1.11				1.26
Ácido sulfúrico al 93% de pureza	H ₂ SO ₄	0.95			0.84	0.95		

La vida útil de una caldera de vapor de agua esta asociada directamente con la calidad del agua con la que se alimenta. Una caldera que opera sin un apropiado control de las propiedades del agua de alimentación pone en riesgo su inversión. Adicionalmente, un tratamiento de agua deficiente puede resultar en un mayor consumo de combustible, agua y de productos químicos. Debido a incrustaciones y purgas excesivas. Un buen tratamiento de agua es necesario para que una caldera opere de forma segura y confiable.

Capítulo I.- Diagrama de Flujo

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo I

En este proceso de tratamiento se llevan a cabo las siguientes operaciones unitarias:

- ❖ Coagulación
- ❖ Floculación
- ❖ Filtración primaria
- ❖ Desmineralización
- ❖ Desaeración

Para cada una de ellas, mostraremos:

- a) Una breve descripción de la operación que se lleva a cabo
- b) Los cálculos necesarios para poder diseñar la clarificación y desmineralización involucrados
- c) Las hojas de datos y/o especificaciones generales mediante las cuales podremos comparar técnicamente los equipos suministrados u ofrecidos por diferentes fabricantes, en la forma mas adecuada.

Descripción de proceso

- 1.- El agua del pozo se capta en un tanque de almacenamiento cuya capacidad es suficiente para garantizar la alimentación a todo el sistema de tratamiento por un tiempo de 1 hora, manejando el flujo máximo requerido por el sistema de tratamiento. Así mismo se cuenta con dos tanques de almacenamiento para que mientras uno esta alimentando agua al sistema de tratamiento, el otro se este llenando con el agua de pozo mediante la bomba BA-104, la cual cuenta con una capacidad suficiente para garantizar el llenado del tanque en 45 minutos aprox.
- 2.- El agua es conducida a la sección de pretratamiento donde es desinfectada por medio de cloro y al mismo tiempo clarificada con el auxilio de agentes coagulantes y floculantes por un tiempo mínimo de cuatro horas y un máximo de ocho, según las características de origen que el agua presente.
- 3.- Una vez obtenida el agua debidamente clarificada y aún en proceso de desinfección, enseguida es filtrada a través de una unidad que contiene un grupo de arenas de cinco diferentes granulometrías, que se encargan físicamente de retener los sólidos en suspensión que no fue posible precipitar químicamente.
- 4.- Posteriormente el agua clarificada y filtrada, se envía a un tanque de almacenamiento, desde el cual se podrá distribuir el agua tanto a los servicios de un complejo petroquímico, como a la unidad desmineralizadora. Esta distribución se realizará por medio de bombeo.
- 5.- En la unidad desmineralizadora, se llevará a cabo la eliminación de impurezas minerales, en forma de iones; básicamente se disminuirá la dureza, alcalinidad y un poco de CO₂

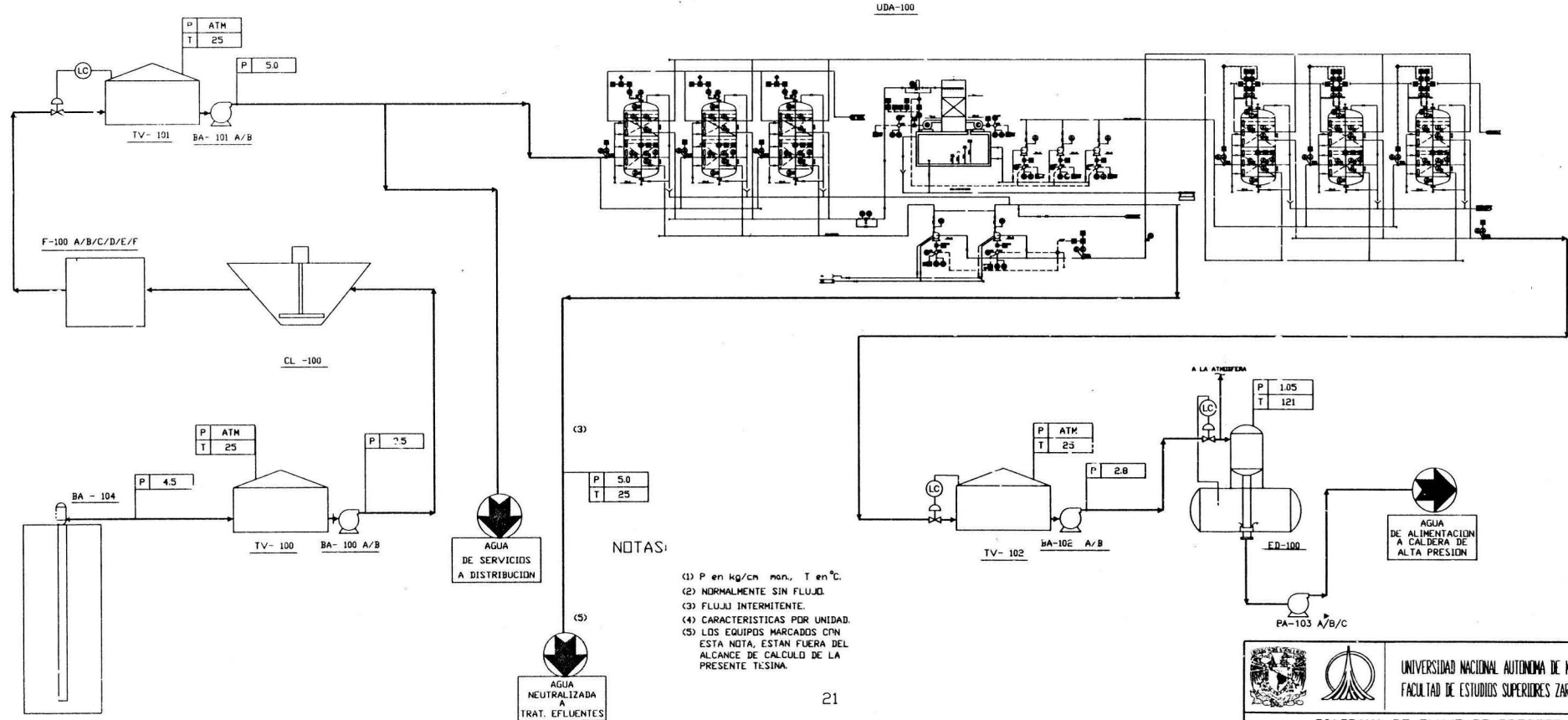
Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo I

6 - Finalmente se enviará a un desaereador, en el cual se eliminará el CO_2 el cual por la alta temperatura de operación que tiene la caldera, provoca graves problemas de corrosión en la misma.

A continuación se muestra un diagrama de flujo típico, de las operaciones unitarias que se requieren llevar a cabo, para poder utilizar agua proveniente de un pozo, como agua de alimentación a calderas de alta presión (2400 Psig)

CLAVE	SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	CLAVE	SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	CLAVE	SERVICIO	CARACTERÍSTICAS
CL - 100	REACTOR CLARIFICADOR	CAPACIDAD: NORMAL/DISEÑO: 4500 / 6000 GPM DIÁMETRO: 90 Ft - PROFUNDIDAD TOTAL: 235 Ft MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: CUERPO CONCRETO, DISTRIBUIDOR Y LATERALES: AC. AL C. A-516 Gr. 70	TV-100 A/B	TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA PRETRATADA	CAPACIDAD: 2000 Bis DIMENSIONES: DIÁMETRO: 24 Ft 6 IN ALTURA: 24 Ft	BA-103 A/B	BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION A CALDERA	CAPACIDAD: 350 GPM CABEZA: 5616 Ft POTENCIA ESTIMADA: 700 HP
F-100 A/B/C/D/E/F	FILTROS DE ARENA (A GRAVEDAD)	CAPACIDAD: NORMAL/DISEÑO: 900 / 1200 GPM DIMENSIONES: LARGO: 235 Ft ANCHO: 15.5 Ft PROFUNDIDAD: 14.95 Ft MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN: CUERPO CONCRETO,	BA-102 A/B	BOMBAS DE AGUA DESMINERALIZADA A DESAERADORES	CAPACIDAD: 1200 GPM CABEZA: 90.5 Ft POTENCIA ESTIMADA: 75 HP	BA-101 A/B	BOMBAS DE AGUA PRETRATADA A UDA	CAPACIDAD: 1200 GPM CABEZA: 164 Ft POTENCIA ESTIMADA: 100 HP
BA-100A/B	BOMBAS DE AGUA CRUDA A PRETRATAMIENTO	CAPACIDAD: NORMAL/DISEÑO: 4500 / 6000 GPM CABEZA: 92.4 Ft POTENCIA ESTIMADA: 200 HP	BA-104	BOMBA DE POZO	CAPACIDAD: 2000 GPM CABEZA: 102.7 Ft POTENCIA ESTIMADA: 50 HP	TV-102	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DESMINERALIZADA	CAPACIDAD: 15,000 Bis DIMENSIONES: DIÁMETRO: 58 Ft ALTURA: 32 Ft
						TV-101	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA A UDA	CAPACIDAD: 15,000 Bis DIMENSIONES: DIÁMETRO: 58 Ft ALTURA: 32 Ft
						UDA-100	UNIDAD DESMINERALIZADORA DE AGUA	CAPACIDAD: 1200 GPM COMPUESTA POR 3 TRENES



NOTAS:

- (1) P en kg/cm² man., T en °C.
- (2) NORMALMENTE SIN FLUJO.
- (3) FLUJO INTERMITENTE.
- (4) CARACTERÍSTICAS POR UNIDAD.
- (5) LOS EQUIPOS MARCADOS CON ESTA NOTA, ESTAN FUERA DEL ALCANCE DE CÁLCULO DE LA PRESENTE TESINA.

Capítulo II Clarifloculador

II.1 Clarifloculador

II.1.1 Fundamentos de la Coagulación - Sedimentación

Descripción: La **coagulación** es la acción de aglomerar los sólidos finamente divididos, en masas suspendidas que sedimentan más rápidamente

La **sedimentación** exclusivamente quitará las partículas de materia suspendida, grandes y fuertes en lagos o estanques, pero algunas impurezas suspendidas, como microorganismos de turbiedad, y color, son muy finamente divididas o incluso en forma coloidal, para que ellas sedimenten prontamente. Los basines de sedimentación tendrían que ser excesivamente grande para quitar estas partículas finas.

La pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en un agua, así como la existencia de cargas negativas repartidas en su superficie, dan lugar a una gran estabilidad de las suspensiones coloidales.

En el campo del tratamiento de aguas, la coagulación es, por definición, el fenómeno de desestabilización de las partículas coloidales, que puede conseguirse especialmente por medio de la neutralización de sus cargas eléctricas. Se llama coagulante al producto utilizado para esta neutralización.

La agrupación de las partículas descargadas, al ponerse en contacto unas con otras, constituye la floculación, que da lugar a la formación de flóculos capaces de ser retenidos en una fase posterior del tratamiento del agua. Algunos productos pueden favorecer la formación del flóculo; a éstos se les llama floculantes.

La separación sólido-líquido, del flóculo formado y del agua, puede hacerse por filtración, por decantación o flotación, seguidas o no de filtración.

La coagulación y la floculación intervienen generalmente en el tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento público y en la preparación de aguas industriales de fabricación. Con estos procedimientos se consigue la neutralización de los coloides del agua y su adsorción en la superficie de los precipitados formados en el proceso de floculación. También pueden adsorberse sobre el flóculo ciertas sustancias disueltas (materia orgánica, contaminantes diversos)

En el tratamiento de aguas residuales urbanas, con frecuencia es tal la concentración de materia en suspensión que puede conseguirse una floculación mediante simple agitación. Con el fin de favorecer la eliminación de la contaminación coloidal, puede introducirse un coagulante.

Las aguas residuales industriales presentan composiciones muy variables, según la industria considerada. En algunos casos, el agua contiene un constituyente capaz de flocular por simple agitación o que lo hace mediante la adición de un floculante; otras veces, es necesario utilizar un coagulante que dé origen a un precipitado que pueda flocularse a continuación.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

La coagulación consiste en introducir en el agua un producto capaz de neutralizar la carga de los coloides, generalmente electronegativos, presentes en el agua y de formar un precipitado. Este producto se conoce con el nombre de coagulante

Principales Coagulantes

Los coagulantes principalmente utilizados son sales de aluminio o de hierro. En algunos casos, pueden utilizarse igualmente productos de síntesis, tales como los polielectrólitos catiónicos.

La sal metálica actúa sobre los coloides del agua por medio del catión, que neutraliza las cargas negativas antes de precipitar.

Al polielectrólito catiónico se le llama así porque lleva cargas positivas que neutralizan directamente los coloides negativos. Los polielectrólitos catiónicos se emplean generalmente junto con una sal metálica, en cuyo caso permiten una importante reducción de la dosis de dicha sal que habría sido preciso utilizar. Puede llegarse incluso a suprimir completamente la sal metálica, con lo que se consigue reducir notablemente el volumen de fango producido.

Tres de los coagulantes más usados se indican en la tabla No. 11.

Tabla No. 11. Coagulantes mas usados

Coagulante	Nombre popular o comercial	Fórmula Química	Rango de pH óptimo para su uso
Sulfato de aluminio	Alumbre	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$	5.5 a 7.5
Sulfato Ferroso	Caparrosa verde	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	8.0 a 11.0
Sulfato Férrico	Ferrisol o Ferriflóculo	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ó $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	8.0 a 11.0 también 5.0 a 6.0 para remover color

El alumbre es el más usado normalmente, porque es el de más bajo costo y el menos corrosivo en su manejo. Además, la alúmina disuelta que permanece después de la coagulación inadecuadamente controlada es casi blanca en color y causa menos problemas que el hierro residual rojizo de los coagulantes férricos. El último es no obstante a menudo más eficaz que el alumbre con algunos tipos de turbiedad o color.

Una mezcla de alumbre y coagulantes de hierro ha demostrado su superioridad en ciertos momentos para la coagulación de ciertos suministros de agua.

Las reacciones químicas entre cada uno de estos tres coagulantes mayores y alcalinidad del bicarbonato de calcio en agua, la cual forma el precipitado de hidróxido

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

o el floculo, se muestra en las ecuaciones siguientes (se omite la cristalización del agua en los coagulantes por simplicidad).



Factores que influyen en la coagulación:

La materia orgánica, si esta presente en cantidades apreciables, inhibe la coagulación y disminuye el rango de pH óptimo. Para la oxidación de materia orgánica, una perclorinación es deseable, porque aumenta el rango de pH óptimo por eso hace a la coagulación más fácil de controlar.

Ciertos orgánicos, como por ejemplo el fenol, formado del procesamiento de coque en aguas de desecho, necesita un oxidante mayor que el cloro, como por ejemplo el dióxido de cloro, para su destrucción.

Equipos para coagulación y sedimentación

Dos tipos generales de equipo están disponibles; el tipo convencional con floculación y sedimentación en tanques o compartimientos separados y los del tipo contacto con sólidos suspendidos con floculación y sedimentación en un tanque.

La figura No. 3 muestra el arreglo de un mezclador flash, con floculación y sedimentación en compartimientos separados; El agua entra primero al mezclador flash, donde es mezclada con los químicos por medio de un agitador de alta velocidad. Se necesitan normalmente varios minutos de retención en la cámara.

El agua mezclada entra entonces en la cámara de floculación, donde palas rodando despacio proporcionan una agitación más leve y estimulan el crecimiento del floculo el cual entrapa la turbidez, el color, y otra materia suspendida.

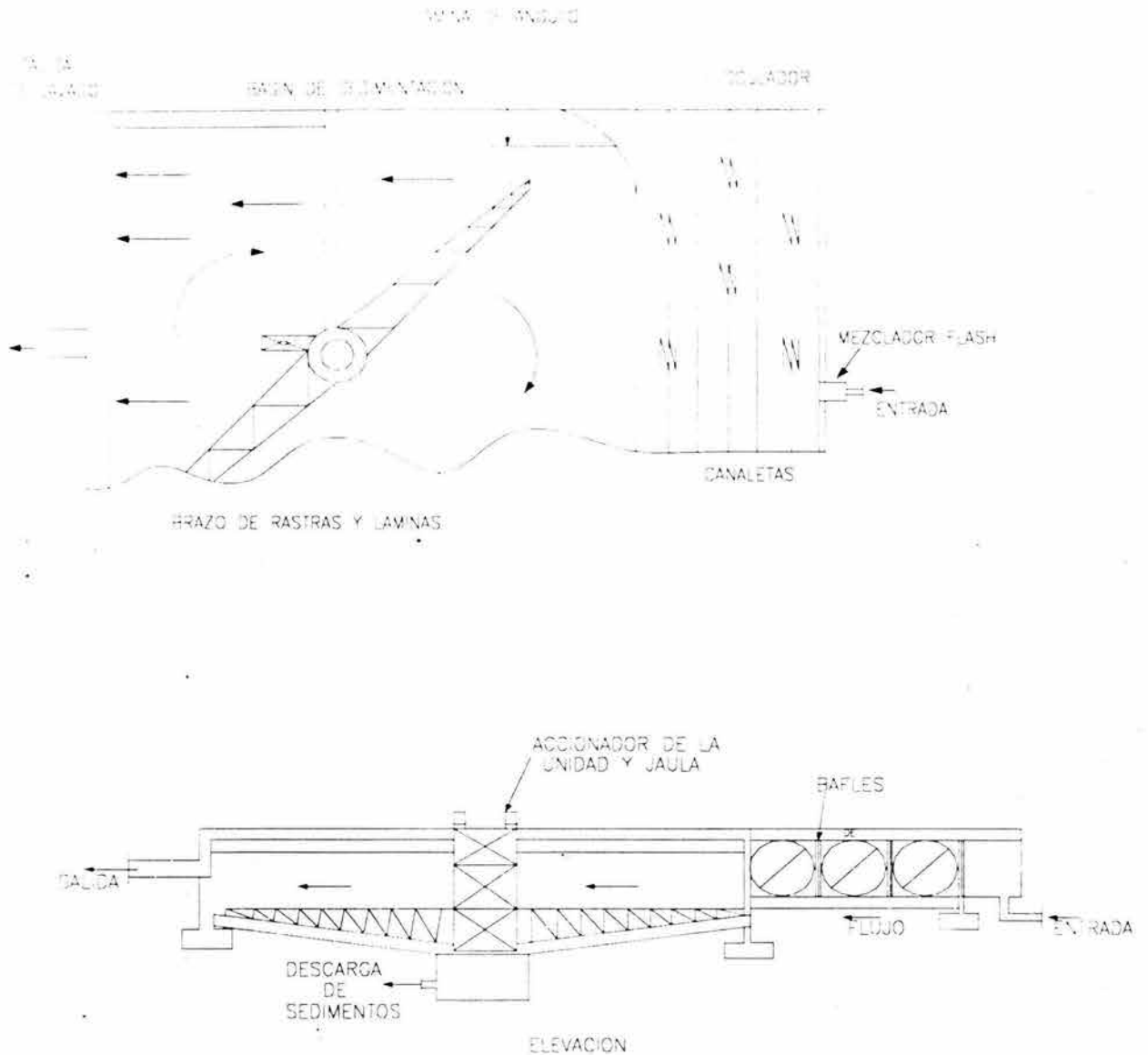
Aproximadamente de 20 a 60 minutos de retención son admitidos en el floculador.

El agua floculada es entonces uniformemente distribuida al basin de asentamiento de flujo, donde flocula y precipita. Una rastra de lodo que gira despacio, arrastra el lodo fijo al centro para la descarga del desecho. El agua clarificada fluye al lavador o canal que se encuentra en la cima, del cual pasa a los filtros

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II
II.1 Clarifloculador

Figura No. 3 Mezclador flash convencional con el floculador y el sedimentador en compartimentos separados



La figura No. 4 muestra un reactor clarifloculador con recirculación de lodos, que es el tipo de equipo que se usará en el pretratamiento analizado en esta tesina

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo II
II.1 Clarifloculador

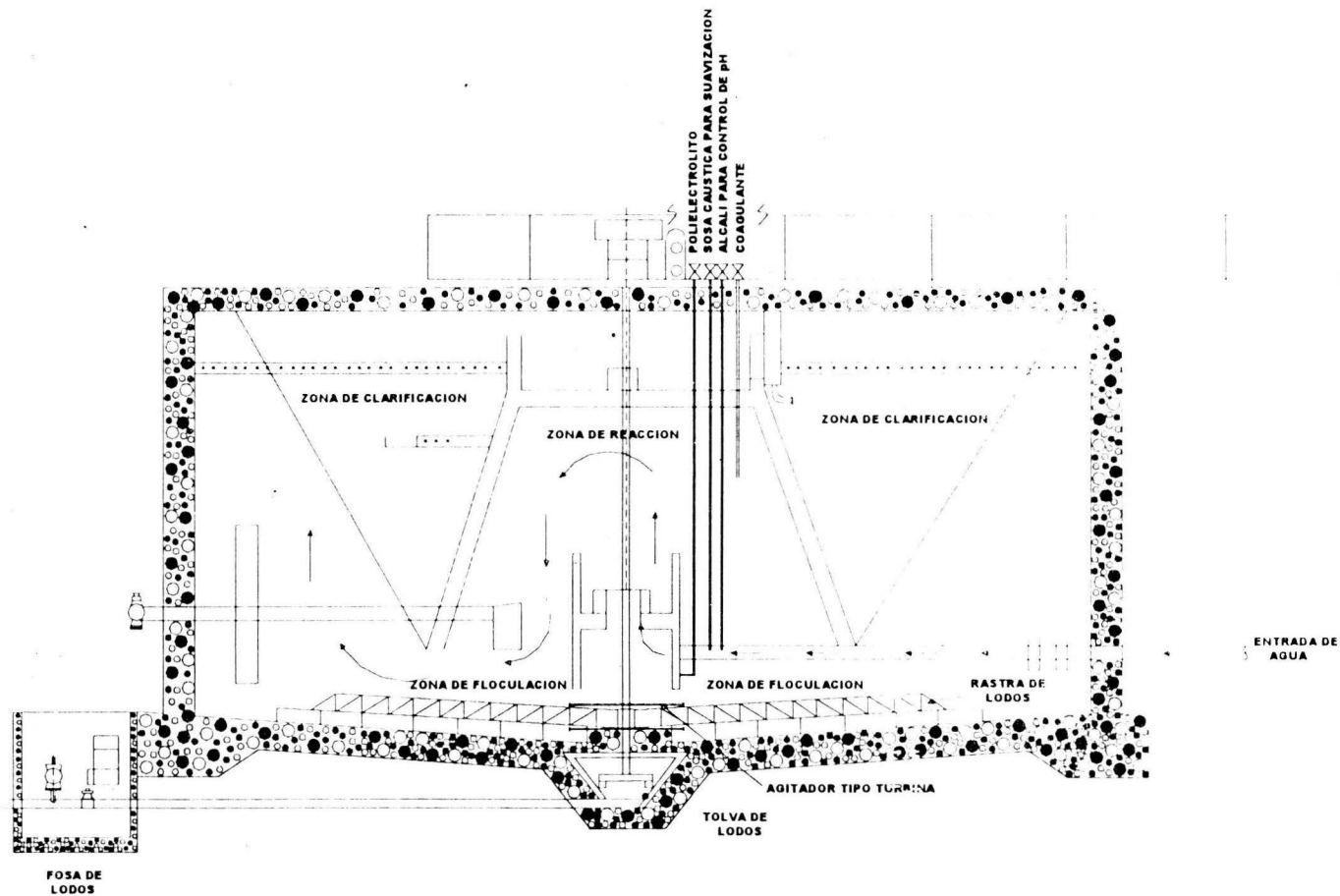


Figura No. 4 Reactor clarifloculador con recirculación de lodos

Eliminación de Bicarbonatos y carbonatos en el agua (Proceso de Suavización)

El proceso de suavización de agua a temperatura ambiente por adición de químicos, tales como cal y sosa cáustica, fueron desarrollados comercialmente hace alrededor de unos 100 años en Gran Bretaña. El uso de cal para reducir la llamada dureza temporal es atribuida a Clark, quien recibió la patente para el proceso de suavización por cal en 1841. El método combinado cal fría – sosa se conoce también como proceso Clark – Porter.

El término "temporal" se refiere a los carbonatos, o mejor dicho, a la dureza debida a los bicarbonatos. Expresa el carácter transitorio de esta dureza cuando el agua es calentada. El bicarbonato de calcio, por ejemplo, se descompone en carbonato de calcio, el cual es insoluble, por lo cual precipita.

El término "permanente" se refiere a la dureza debida a no carbonatos, como los sulfatos de calcio y magnesio y a los cloruros. Estos permanecen solubles aún después de calentar el agua y por esta razón, no precipitan.

Del análisis de agua cruda, las cantidades de dureza permanente y temporal pueden rápidamente ser calculadas como sigue:

La H será la dureza total (Ca + Mg) como CaCO_3 y la A será la alcalinidad como CaCO_3 , la cual consiste únicamente de iones de bicarbonatos presentes en el agua natural.

Cuando $H > A$:

La dureza temporal, o bicarbonatos es igual a A.

La dureza permanente o debida a no carbonatos es igual a $H - A$

Cuando $H = A$:

La dureza por bicarbonatos es igual a H o a A.

La dureza debida a no carbonatos es igual a cero

Cuando $H < A$:

La dureza por bicarbonatos es igual a H.

La dureza debida a no carbonatos es igual a cero

Bicarbonatos de sodio están presentes y son igual a $A - H$

Reacciones químicas

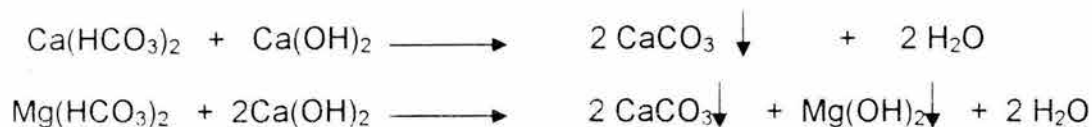
La cal reacciona con la dureza debida a bicarbonatos para precipitar carbonatos de calcio e hidróxidos de magnesio. Estos precipitados son posteriormente sedimentados y el agua sedimentada es finalmente clarificada por filtración.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

Las ecuaciones moleculares que se llevan a cabo por la adición de cal son las siguientes:



Podemos observar, que el bicarbonato de magnesio (en la segunda ecuación) requiere dos veces más cal que el bicarbonato de calcio, así mismo notamos que la dureza debida a bicarbonatos puede ser removida con la adición de cal, sin la formación de otros compuestos disueltos.

El tratamiento con cal, de esta forma, reduce el total de sólidos disueltos.

Algo del dióxido de carbono libre presente, puede también ser removido por adición de cal, aumentando el valor de pH al óptimo requerido por el proceso. La remoción del dióxido de carbono por cal puede escribirse como sigue:



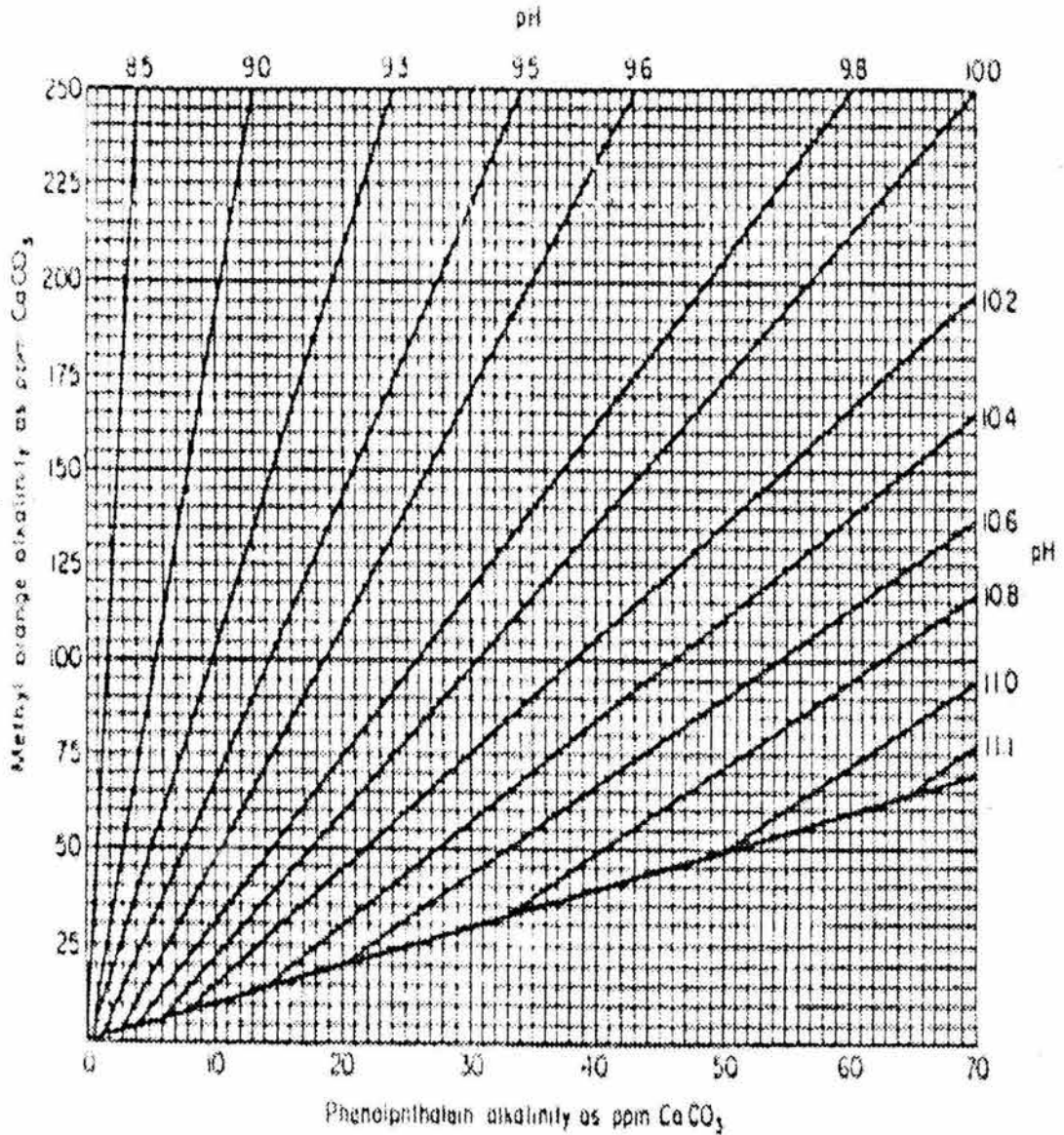
Si la cantidad de dióxido de carbono libre es alta, puede ser parcialmente removida por aereación.

La dosificación de cal, al agua cruda, generalmente se lleva a cabo en cantidades alrededor de 23 ppm, sin embargo en aguas crudas con alta turbidez o color, esta dosificación puede aumentarse a 34 ppm o incluso hasta 51 ppm (2 a 3 gr/gal).

Si además se tiene excesiva materia orgánica, de 5 a 10 ppm de cloro pueden ser también adicionado.

El valor de pH del agua suavizada por cal es usualmente mayor a 10, y puede ser calculada de las alcalinidades M (alcalinidad al anaranjado de metilo) o P (alcalinidad a la fenoftaleína), consultando la figura No. 5

Figura No. 5 Alcalinidades al anaranjado de metilo y/o a la fenoftaleína contra valores de pH



Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

Criterios de diseño para determinar tipo de reactivos químicos a usar en el pretratamiento

1.- El agua que se enviará a pretratamiento, proviene de un pozo, el cual tiene el siguiente análisis de agua:

Tabla No. 12 Análisis del agua de pozo

Ion	Impurezas expresadas como ppm de CaCO ₃ , (excepto donde se indica un *)
Ca ⁺⁺	162.0
Mg ⁺⁺	59.9
Na ⁺	48
H ⁺	0
K ⁺	14.3

Total de Cationes	241.4
HCO ₃ ⁻	127.1
CO ₃ ⁼	0
OH ⁻	0
SO ₄ ⁼	140.2
Cl ⁻	16.9
Total de Aniones	241.4
DUREZA	221.9
ALCALINIDAD	127.1
CO ₂ * (como CO ₂)	5.4
SiO ₂ * (como SiO ₂)	25.9
pH	7.5
Turbidez	500
Color	30

2.- De acuerdo a esta composición se utilizará alumbre y polielectrolito, para la floculación y cloro para la disminución de alcalinidad

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

Al adicionar 20 ppm de alumbre y 2 ppm de polielectrolito como floculante, tendremos los siguientes resultados (considerando los criterios marcados en la tabla No. 10 página 17 de esta tesina), tendremos la siguiente modificación al análisis de agua:

Tabla No. 13 Análisis de agua modificado al adicionar 20 ppm de alumbre y 2 ppm de polielectrolito como floculante

Ion	Impurezas expresadas como ppm de CaCO ₃ (excepto donde se indica un *)
Ca ⁺⁺	162.0
Mg ⁺⁺	59.9
Na ⁺	48
H ⁺	0
K ⁺	14.3

Total de Cationes	241.4
Ion	Impurezas expresadas como ppm de CaCO ₃ (excepto donde se indica un *)
HCO ₃ ⁻	118.1
CO ₃ ⁼	0
OH ⁻	0
SO ₄ ⁼	149.2
Cl ⁻	16.9
Total de Aniones	241.4
DUREZA	221.9
ALCALINIDAD	118.1
CO ₂ * (como CO ₂)	13.4
SiO ₂ * (como SiO ₂)	25.9

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

**Capítulo II
II.1 Clarifloculador**

Al adicionar además 5 ppm de Cloro para reducir la alcalinidad de agua, el análisis quedaría, (usando la misma tabla No. 10 página 17 de esta tesina), tendremos la siguiente modificación al análisis de agua:

Tabla No. 14 Análisis de agua después de adicionar alumbre, polielectrolito y cloro (a la salida del clarifloculador)

Ion	Impurezas expresadas como ppm de CaCO ₃ (excepto donde se indica un *)
Ca ⁺⁺	162.0
Mg ⁺⁺	59.9
Na ⁺	48
H ⁺	0
K ⁺	14.3

Total de Cationes	284.2
HCO ₃ ⁻	111.1
CO ₃ ⁼	0
OH ⁻	0
SO ₄ ⁼	149.2
Cl ⁻	13.9
Total de Aniones	284.2
DUREZA	221.9
ALCALINIDAD	111.1
CO ₂ * (como CO ₂)	19.9
SiO ₂ * (como SiO ₂)	25.9

DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DE UN REACTOR CLARIFLOCULADOR TIPO LECHO DE LODOS SUSPENDIDOS, CON RECIRCULACIÓN DE LODOS:

- 1) El agua cruda entra al pozo de reacción a través del tubo de alimentación justo debajo del impulsor. En esta parte el agua cruda es mezclada con los reactivos químicos y con los precipitados recirculados desde el paso la recirculación de los precipitados, se efectúa a través del impulsor tipo turbina, el cual bombea grandes volúmenes a baja velocidad.

De tal forma que cuando los reactivos son agregados a los sólidos precipitados previamente en el agua, se crean grandes áreas superficiales sobre las cuales se pueden formar nuevos precipitados, lo cual facilita la formación de partículas largas, densas y fácilmente sedimentables. La baja velocidad del impulsor minimiza los esfuerzos cortantes que puedan provocar el rompimiento de las partículas formadas.

- (2) La mezcla de agua cruda y los lodos se eleva a través del pozo de reacción y es descargada dentro de la zona de floculación.

Durante el mezclado de químicos, el agua es normalmente recirculada hasta cinco veces el flujo de entrada. El control sobre la dinámica del proceso mezclado- floculación, es efectuado a través del impulsor de velocidad variable.

- (3) La mezcla de agua, sólidos y químicos disminuyen poco a poco su turbulencia hidráulica durante su paso a través de la zona de floculación.

De esta forma, se asegura un pleno contacto entre los precipitados suspendidos y las impurezas a remover del agua cruda. Por otro lado, el tiempo de retención en esta zona es importante para permitir que los fenómenos de reacción y floculación se efectúen en forma completa y, de esta forma la separación de los precipitados formados y el agua, sea rápida en la zona de asentamiento.

- 4) La mayor parte del agua y precipitados suspendidos, entran por la parte inferior del pozo de reacción y son recirculados. Esto provoca el contacto entre sólidos independientemente del nivel de lodos que se tenga.

Los precipitados formados previamente actúan como núcleos o semillas que aceleran la reacción entre el agua cruda y los reactivos químicos.

- (5) Una parte del agua (equivalente al flujo del influente), entra la zona clarificada y se eleva hasta el colector del efluente.

Los floculos formados sedimentan a una mayor velocidad que la velocidad de elevación en la zona de clarificación, por lo tanto, se obtiene una mayor separación entre las partículas y el agua. esto trae como consecuencia, un efluente claro de alta calidad.

- (6) Los precipitados sedimentados son continuamente movidos a través del piso hacia el centro de la unidad con ayuda del movimiento lento de las rastras, las cuales cubren el área total del fondo de clarificador prácticamente.

El lodo acumulado es transferido a la tolva de lodos en el centro de la unidad; aquí, los lodos son concentrados reduciendo de esta manera, la cantidad total de purgas.

Los lodos sedimentados son concentrados en la tolva de lodos, punto en el cual se efectúa el drenado de dichos lodos.

- (7) El lodo en exceso es removido a través de un sistema automático de purga. Para limpiar la línea de purga se inyecta agua a través de esta (retrolavado). La apertura de la válvula de purga permite el flujo de lodos hacia una fosa de colección de lodos. En la mayoría de las instalaciones, estas operaciones son automáticas con opción a operación manual.

Se debe de cuidar mantener una cantidad de lodos hasta un nivel predeterminado con el fin de obtener óptimos resultados.

- (8) El agua clara se eleva y se colecta uniformemente.

La colección uniforme asegura el uso completo del área entera de asentamiento. El efluente contiene menos de 5 ppm de turbidez.

II.1.2.- MEMORIA DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DEL CLARIFLOCULADOR

Flujo normal manejado = 4500 GPM = 601.57 Ft³/min = 1022.07 m³/hr

Flujo máximo manejado = 6000 GPM = 802.09 Ft³/min = 1362.76 m³/hr

ZONA DE REACCION:

Diámetro del impulsor = $1.2 \times \text{Flujo}_{\text{máximo}}^{0.5}$

donde:

Diámetro del impulsor en in

Flujo máximo en GPM

Así tendremos:

Diámetro del impulsor = $1.2 \times 6000^{0.5} = 92.95 \text{ in} = 7.746 \text{ Ft}$, tomaremos:

Diámetro del impulsor = 8 Ft = 2.44 m.

Altura del impulsor = 0.2 x Diámetro del impulsor

Altura del impulsor = 0.2 x 8 = 1.6 Ft = 0.49 m.

Espesor de las navajas = 3/8 in (recomendado en base a la experiencia)

Numero de varillas de ajuste = 3 (recomendado en base a la experiencia)

Área del impulsor = $\pi/4 \times \text{Diámetro del impulsor}^2$

Área del impulsor = $3.1416/4 \times 8^2 = 50.265 \text{ Ft}^2$, redondeando tendremos:

Área del impulsor = 51 Ft²

Considerando como primer criterio de diseño, que el área de la zona de reacción será mínimo el doble del área del impulsor, por lo tanto tendremos:

Área de la zona de reacción mínima = 2 Área del impulsor = 2 x 51

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

Área de la zona de reacción mínima = 102 Ft²

Diámetro de la zona de reacción = $(\text{Área de la zona de reacción} \times 4 / \pi)^{0.5}$

Diámetro de la zona de reacción = $(102 \times 4 / \pi)^{0.5} = 11.396$ Ft, redondeando tendremos: Diámetro de la zona de reacción = 12 Ft

Con este diámetro de la zona de reacción, el área de la zona de reacción calculada será

Área de la zona de reacción calculada = $\pi/4 \times \text{Diámetro del impulsor}^2 = \pi/4 \times 12^2 = 113.097$ Ft²: tomaremos:

Área de la zona de reacción calculada = 113 Ft²

Número de baffles de la zona de reacción = 4

Localización de los baffles = 90°

Ancho de cada baffle = 0.0834 x diámetro de la zona de reacción

Ancho de cada baffle = $0.0834 \times 12 = 1.0008$ Ft, tomaremos:

Ancho de cada baffle = 1 Ft

Tiempo de residencia mínimo recomendado para llevar a cabo el tratamiento en la zona de reacción = 1 min.

Considerando este tiempo, el volumen total que se requiere almacenar en la zona de reacción será:

Vol. de almto. requerido en la zona de reacción = 4500 galones = 601.566 Ft³ (a condiciones normales de operación)

Vol. de almto. requerido en la zona de reacción = 6000 galones = 802.088 Ft³ (a condiciones máximas de operación)

Altura mínima requerida en la zona de reacción = $\frac{\text{Vol. de almto. Requerido}}{\text{Área de la zona de reacción}}$

Calculando la altura, para el flujo normal tendremos:

Altura mínima requerida en la zona de reacción = $\frac{601.566}{113} = 5.324$ Ft

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

En forma similar, para el flujo máximo manejado tendremos:

$$\text{Altura mínima requerida en la zona de reacción} = \frac{802.088}{113} = 7.098 \text{ Ft}$$

Por lo tanto, la altura mínima requerida en la zona de reacción será = 7.5 Ft, y con esta altura, el volumen total almacenado en la zona de reacción será:

Volumen total almacenado en la zona de reacción = Área de la zona de reacción x altura de la zona de reacción

$$\text{Vol. total almacenado en la zona de reacción} = 113 \times 7.5 = 847.5 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Vol. total almacenado en la zona de reacción} = 6,339.71 \text{ galones}$$

Calculando el tiempo de residencia obtenido tendremos:

Cuando se maneja el flujo normal:

$$\theta_{\text{residencia}} \text{ a flujo normal} = \frac{\text{Vol. de almt. en zona de reacción (Ft}^3\text{)}}{\text{Flujo normal manejado (Ft}^3\text{/min)}}$$

$$\theta_{\text{residencia}} \text{ a flujo normal} = \frac{847.5}{601.566} = 1.41 \text{ minutos} > \text{ de 1 minuto, que es el tiempo mínimo recomendado para llevar a cabo el tratamiento}$$

$$\theta_{\text{residencia}} \text{ a flujo máximo} = \frac{847.5}{802.88} = 1.06 \text{ minutos} > \text{ de 1 minuto, que es el tiempo mínimo recomendado para llevar a cabo el tratamiento}$$

ZONA DE FLOCULACIÓN:

$$\text{Diámetro superior} = 32 \text{ Ft (radio} = 16 \text{ Ft)}$$

$$\text{Diámetro inferior} = 48 \text{ Ft (radio} = 24 \text{ Ft)}$$

$$\text{Altura} = 12 \text{ Ft}$$

$$\text{Angulo de conicidad} = \text{máximo } 60^\circ, \text{ decir : } 56^\circ$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

$$\text{VOLUMEN TOTAL} = \left[\frac{\pi \times \text{ALTURA}}{3} \right] \left[\text{RADIO INFERIOR}^2 + \text{RADIO SUPERIOR}^2 + \text{RADIO INFERIOR} \times \text{RADIO SUPERIOR} \right]$$

$$\text{Volumen Total} = \frac{\pi \times 12}{3} \times (24^2 + 16^2 + 24 \times 16) = 15,280.71 \text{ Ft}^3$$

$$\text{Volumen Total} = 114,307.02 \text{ galones}$$

$$\text{Volumen de la zona de reacción dentro de la zona de floculación} = 847.5 \text{ Ft}^3 = 6,339.71 \text{ galones}$$

$$\text{Vol. Efectivo de la zona de floculación} = \text{Vol. total} - \text{Vol. de la zona de reacción}$$

$$\text{Vol. Efectivo de la zona de floculación} = 114,307.02 - 6,339.71$$

$$\text{Vol. Efectivo de la zona de floculación} = 107,967.31 \text{ galones} = 14,433.21 \text{ Ft}^3$$

$$\text{TIEMPO DE FLOCULACION A FLUJO NORMAL} = \frac{\text{VOLUMEN EFECTIVO DE FLOCULACION}}{\text{FLUJO NORMAL MANEJADO}}$$

$$\text{Tiempo de floculación a flujo normal} = \frac{107,967.31}{4500} = 23.99 \text{ minutos, tomaremos:}$$

$$\text{Tiempo de floculación a flujo normal} = 24 \text{ minutos}$$

$$\text{Tiempo de floculación a flujo máximo} = \frac{107,967.31}{6000} = 17.99 \text{ minutos, tomaremos:}$$

$$\text{Tiempo de floculación a flujo normal} = 18 \text{ minutos}$$

ZONA DE CLARIFICACIÓN:

Criterios para el diseño, en base a la experiencia y al tipo de equipo a utilizar:

- La carga hidráulica varía dependiendo de la densidad de las partículas pero en general podemos decir que operan en regímenes de alrededor de 10,000 a 15,000 litros/m²/día
- El tiempo mínimo recomendado para llevar a cabo la clarificación es de 120 minutos

Calculo del diámetro:

Manejando el flujo normal tendríamos:

Flujo normal = 4500 GPM = 24'526,800 Litros/día

Considerando una carga hidráulica de 12,500 litros/m²/día (promedio de las cargas hidráulicas recomendadas), tendremos:

$$\text{Área hidráulica mínima recomendada} = \frac{24'526,800 \text{ Litros/día}}{12,500 \text{ litros/m}^2/\text{día}} = 1962.14 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador} = \left[\frac{\text{Área hidráulica min.}}{\pi} \right]^{0.5}$$

$$\text{Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador} = \left[\frac{1962.14}{\pi} \right]^{0.5} = 24.99 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador} = 25 \text{ m} = 82 \text{ Ft}$$

Manejando el flujo máximo tendríamos:

Flujo normal = 6000 GPM = 32'702,400 Litros/día

Considerando una carga hidráulica de 12,500 litros/m²/día (promedio de las cargas hidráulicas recomendadas), tendremos:

$$\text{Área hidráulica mínima recomendada} = \frac{32'702,400 \text{ Litros/día}}{12,500 \text{ litros/m}^2/\text{día}} = 2616.19 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador} = \left[\frac{\text{Área hidráulica min.}}{\pi} \right]^{0.5}$$

$$\text{Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador} = \left[\frac{2616.19}{\pi} \right]^{0.5} = 28.86 \text{ m}$$

De acuerdo a lo anterior, el diámetro del clarifloculador será:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

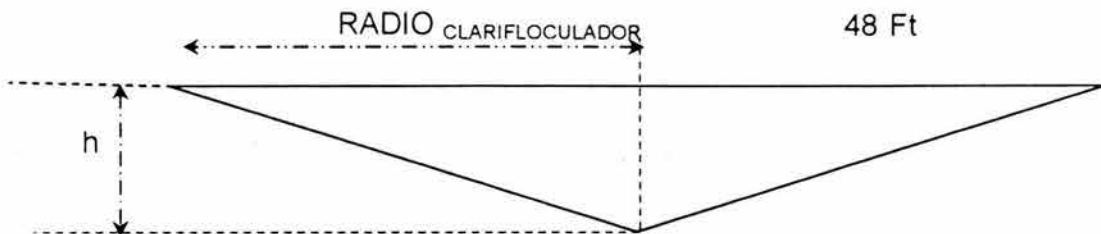
Diámetro mínimo recomendado para el clarifloculador = 29.3 m = 96 Ft

Volumen de la parte cilíndrica = π x radio del clarifloculador² x altura

Volumen de la parte cilíndrica = π x 48² x 12 = 86,858.75 Ft³ = 2,459.57 m³

Calculo del volumen en el fondo del clarificador:

El fondo del clarificador es cónico, por lo cual tendremos la siguiente figura:



El cono tiene una pendiente de 1:12, por lo cual la altura de esta parte cónica se calcula como:

$$h = \text{Radio del clarifloculador} \times (1/12) = 48 \times (1/12) = 4 \quad \text{Ft} = 1.22 \text{ m}$$

Y el volumen se calcula como:

$$\text{Volumen del fondo del clarifloculador} = \frac{\pi}{3} \times \text{Radio del clarifloculador}^2 \times h$$

$$\text{Volumen del fondo del clarificador} = \frac{\pi}{3} \times 48^2 \times 4$$

$$\text{Volumen del fondo del clarificador} = 9,650.97 \text{ Ft}^3 = 273.29 \text{ m}^3$$

Volumen total del clarifloculador = Vol. de la parte cilíndrica + Vol. del fondo

$$\text{Volumen total del clarifloculador} = 86,858.75 + 9,650.97 = 96,509.72 \text{ Ft}^3 \quad \text{ó}$$

$$\text{bien: Volumen total del clarifloculador} = 721,939.03 \text{ Galones}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

$$\theta_{\text{MAXIMO DE CLARIFICACION}} = \frac{\text{Volumen total del clarifloculador}}{\text{Flujo total manejado}}$$

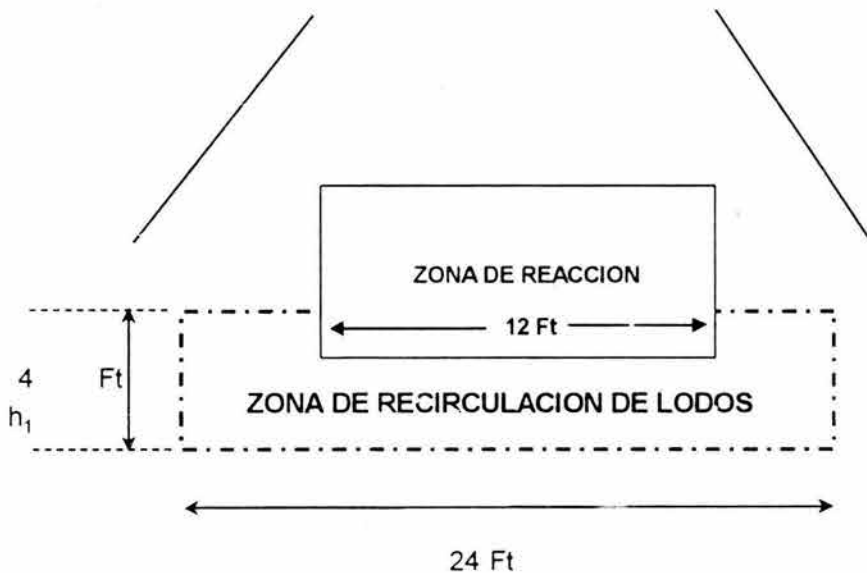
Manejando el flujo normal, tendríamos:

$$\theta_{\text{MAXIMO DE CLARIFICACION}} = \frac{721,939.03}{4500} = 160.43 \text{ minutos} > \text{a los } 120 \text{ minutos recomendados para llevar a cabo la clarificación}$$

Manejando el flujo máximo, tendríamos:

$$\theta_{\text{MAXIMO DE CLARIFICACION}} = \frac{721,939.03}{6000} = 120.32 \text{ minutos} > \text{a los } 120 \text{ minutos recomendados para llevar a cabo la clarificación}$$

ZONA DE RECIRCULACIÓN DE LODOS



Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

Para evitar atascamientos en la operación de las rastras de lodos, se considera que solo puede permitirse que los lodos se acumulen en la zona de reacción, a una altura máxima de 1.5 Ft (h_2).

Así tendremos:

$$\text{Volumen del cilindro exterior} = \pi \times \text{radio de recirculación de lodos}^2 \times h_1$$

$$\text{Volumen del cilindro exterior} = \pi \times (24/2)^2 \times 4 = 1809.56 \text{ Ft}^3 = 51.24 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del cilindro interior} = \pi \times \text{radio de de la zona de reacción}^2 \times h_2$$

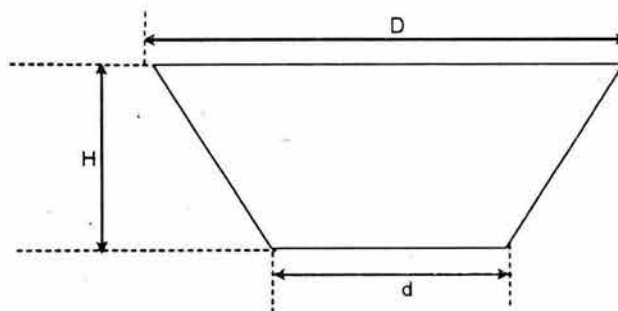
$$\text{Volumen del cilindro interior} = \pi \times (12/2)^2 \times 1.5 = 169.65 \text{ Ft}^3 = 4.8 \text{ m}^3$$

Vol. total de la zona de recolección de lodos = Vol. del cilindro exterior - Vol. cilindro interior

$$\text{Vol. total de la zona de recolección de lodos} = 1809.56 - 169.65$$

$$\text{Vol. total de la zona de recolección de lodos} = 1639.91 \text{ Ft}^3 = 46.43 \text{ m}^3$$

CALCULO DE LA TOLVA DE LODOS



$$\text{Volumen} = 0.044 \times \text{flujo máximo manejado (en GPM)}$$

Sustituyendo el flujo máximo tendremos:

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

$$\text{Volumen} = 0.044 \times 6000$$

$$\text{Volumen} = 264 \text{ Ft}^3 = 7.48 \text{ m}^3$$

$$H = 6 \text{ Ft} = 1.829 \text{ m}$$

$$d = 12 \text{ in} = 1 \text{ Ft} = 0.305 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = \left[\frac{\pi \times H}{3} \right] \left[R^2 + r^2 + Rr \right]$$

$$\text{Volumen} = \left(\frac{\pi \times 6}{3} \right) \times (R^2 + 0.5^2 + 0.5R)$$

$$\text{Volumen} = 6.283 R^2 + 3.1416R + 1.5708$$

$$\text{Si el Volumen} = 264 \text{ Ft}^3$$

$$6.283 R^2 + 3.1416 R + 1.5708 = 264 \text{ Ft}^3$$

$$6.283 R^2 + 3.142 R - 262.429 = 0$$

Resolviendo la ecuación cuadrática utilizando la fórmula:

$$R = \frac{b \pm (b^2 - 4ac)^{0.5}}{2a}$$

donde:

$$a = 6.283$$

$$b = 3.142$$

$$c = -262.429$$

tendremos:

$$R = \frac{3.142 \pm \left[3.142^2 - 4(6.283)(-262.429) \right]^{0.5}}{2(6.283)}$$

Resolviendo la ecuación, tendríamos:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

$$R_1 = 6.71 \text{ Ft, redondeando} = 7 \text{ Ft}$$

$$R_2 = -6.21 \text{ Ft}$$

Tomando el valor de R_1 , por ser este el valor real (positivo), $D = 2 \times 7 = 14 \text{ Ft}$

Por lo cual el volumen real de la tolva de lodos será:

$$\text{Volumen de la tolva} = \left(\frac{\pi \times 6}{3} \right) \times (7^2 + 0.5^2 + (0.5)(7))$$

$$\text{Volumen de la tolva} = 331.438 \text{ Ft}^3 = 9.39 \text{ m}^3$$

Volumen total del clarifloculador:

$$\text{Volumen de la parte cilíndrica} = 86,858.75 \text{ Ft}^3 = 2,459.57 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del fondo} = 9,650.97 \text{ Ft}^3 = 273.29 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la tolva de lodos} = 331.438 \text{ Ft}^3 = 9.39 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 96,841.164 \text{ Ft}^3 = 2,742.24 \text{ m}^3 = 724,418.39 \text{ GALONES}$$

Calculo del tiempo de residencia en el clarifloculador:

A flujo normal:

$$\theta_{\text{residencia}} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Flujo normal}} = \frac{724,418.39 \text{ Galones}}{4500 \text{ GPM}} = 160.98 \text{ minutos,}$$

redondeando:

$$\theta_{\text{residencia}} = 141 \text{ minutos}$$

A flujo máximo:

$$\theta_{\text{residencia}} = \frac{\text{Volumen total}}{\text{Flujo máximo}} = \frac{724,418.39 \text{ Galones}}{6000 \text{ GPM}} = 120.73 \text{ minutos}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

redondeando:

$$\theta_{\text{residencia}} = 121 \text{ minutos}$$

Área de clarificación:

$$\text{Área total} = \pi \times \text{Radio del clarifloculador}^2 = \pi \times 48^2 = 7238.23 \text{ Ft}^2 = 672.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de la zona de floculación} = \pi \times \text{Radio superior del cono truncado}^2$$

$$\text{Área de la zona de floculación} = \pi \times 16^2 = 804.25 \text{ Ft}^2 = 74.72 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de clarificación} = \text{Área total} - \text{Área de floculación}$$

$$\text{Área de clarificación} = 7238.23 - 804.25$$

$$\text{Área de clarificación} = 6,433.98 \text{ Ft}^2 = 597.74 \text{ m}^2$$

Calculo de las capacidades de flujo

$$\text{A flujo normal} = \frac{\text{Flujo normal en GPM}}{\text{Área de clarificación Ft}^2} = 0.699 \text{ GPM/Ft}^2$$

$$\text{A flujo máximo} = \frac{\text{Flujo normal en GPM}}{\text{Área de clarificación Ft}^2} = 0.933 \text{ GPM/Ft}^2$$

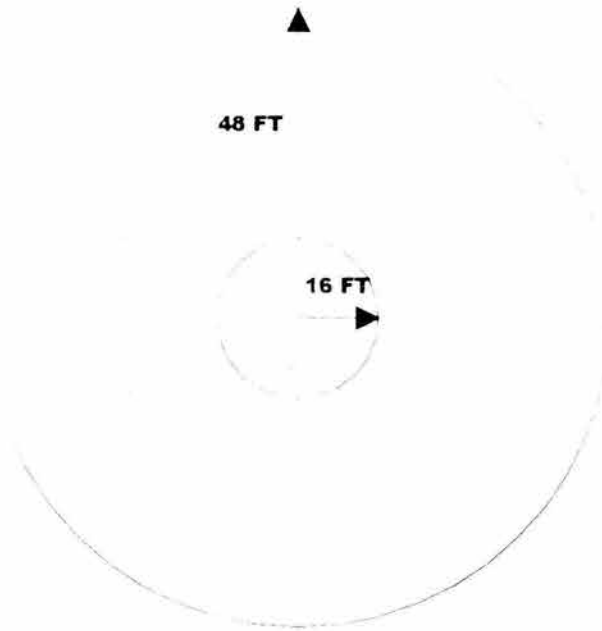
Calculo de las velocidades de flujo

ZONA	AREA (Ft ²)	VELOCIDADES (Ft/seg)	
		NORMAL	MAXIMA
REACCION	113.00	0.0887	0.1183
ENTRADA A FLOCULACION	804.248	0.0125	0.0166
SALIDA A FLOCULACION	1809.557	0.0055	0.0074
CLARIFICACION	6433.982	0.0016	0.0021
LECHO SUSPENDIDO	4624.424	0.0022	0.0029

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador



Numero de artesas = diámetro del clarifloculador x 0.175

Numero de artesas = 96 x 0.175 = 16.8 artesas, redondeando: 17 artesas

Calculo del flujo por artesa q_{artesa} :

Manejando el flujo normal:

$$q_{artesa} = \frac{4500 \text{ GPM}}{17} = 264.71 \text{ GPM} = 35.39 \text{ Ft}^3/\text{min} = 0.59 \text{ Ft}^3/\text{seg}$$

Manejando el flujo máximo:

$$q_{artesa} = \frac{6000 \text{ GPM}}{17} = 352.94 \text{ GPM} = 47.18 \text{ Ft}^3/\text{min} = 0.79 \text{ Ft}^3/\text{seg}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

La velocidad recomendada por los fabricantes para las artesas es de 2 a 3 Ft/seg

Considerando $vel_{artesa} = 2 \text{ Ft/seg}$ (se elige ésta ya que nos proporcionará el área mayor de cada artesa)

Calculo del área transversal de la artesa

Manejando el flujo normal:

$$\text{Área transversal de la artesa} = \frac{\text{Flujo manejado por cada artesa}}{v \text{ a través de la artesa}}$$

$$\text{Área transversal de la artesa} = \frac{0.59 \text{ Ft}^3/\text{seg}}{2 \text{ Ft/seg}} = 0.295 \text{ Ft}^2 = 42.46 \text{ in}^2$$

Manejando el flujo máximo:

$$\text{Área transversal de la artesa} = \frac{0.79 \text{ Ft}^3/\text{seg}}{2 \text{ Ft/seg}} = 0.395 \text{ Ft}^2 = 52.62 \text{ in}^2$$

Para el flujo normal:

$$\text{Si } a = 5 \text{ in} \quad b = 8.49 \text{ in}$$

Para el flujo máximo:

$$\text{Si } a = 5 \text{ in} \quad b = 11.32 \text{ in}$$

Decir que las dimensiones de cada artesa serán:

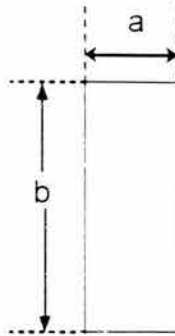
$$A = 5 \text{ in} \quad b = 11 \text{ in}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

$$\text{Área artesa} = 55 \text{ in}^2 = 0.382 \text{ Ft}^2 = 0.035 \text{ m}^2$$



donde:

a = Ancho de la artesa

b = Largo de la artesa

Velocidad real a través de la artesa:

Manejando el flujo normal:

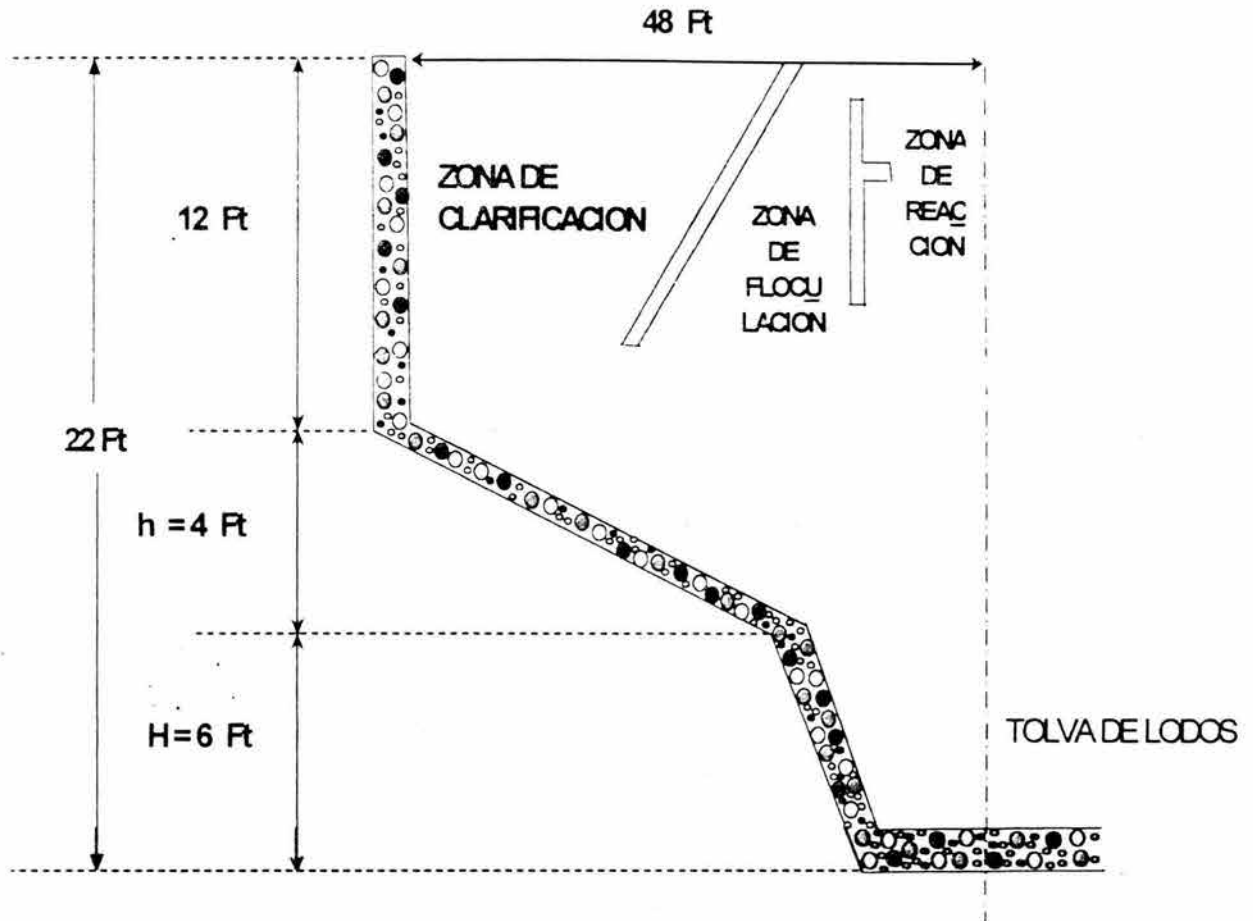
$$\text{Vel}_{\text{artesa}} = \frac{\text{Flujo manejado por cada artesa}}{\text{Área de la artesa}}$$

$$\text{Vel}_{\text{artesa}} = \frac{0.59 \text{ Ft}^3/\text{seg}}{0.382 \text{ Ft}^2} = 1.54 \text{ Ft/seg} = 0.47 \text{ m/seg}$$

Manejando el flujo máximo:

$$\text{Vel}_{\text{artesa}} = \frac{0.59 \text{ Ft}^3/\text{seg}}{0.382 \text{ Ft}^2} = 2.06 \text{ Ft/seg} = 0.63 \text{ m/seg}$$

Resumen de las dimensiones del clarifloculador:



CALCULO DEL AGITADOR EN LA ZONA DE REACCION

Criterios de diseño

- 1.- Se tiene un agitador tipo turbina
- 2.- Se considera que el agua cruda puede ser recirculada hasta 5 veces el flujo máximo de entrada, para garantizar la formación de floculos en la zona de reacción
- 3.- Se considera que la velocidad de agitación de la turbina a flujo máximo será de 240 Ft/min

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

De acuerdo a estos criterios tendremos:

$$\text{Vel. de agitación del agitador tipo turbina (RPM)} = \frac{v}{\pi \times D_T}$$

donde:

v = velocidad del agitador en Ft/min

D_T = Diámetro del agitador tipo turbina en Ft

A la vez, el diámetro de la turbina puede calcularse con la fórmula:

$$D_T = \left[\frac{\# \text{ de veces que el flujo es recirculado} \times Q_{\max} \times \pi}{0.4 \times v} \right]^{0.5}$$

donde:

D_T = Diámetro del agitador tipo turbina en Ft

Q_{\max} = Flujo máximo manejado en Ft³/min

v = Velocidad de la turbina en Ft/min

Sustituyendo valores tenemos

$$D_T = \left[\frac{(5 \times 802.088) \times \pi}{(0.4 \times 240)} \right]^{0.5} = 11.5 \text{ Ft}$$

$$\text{RPM} = \frac{240}{\pi \times 11.5} = 6.65$$

Calculo de la potencia de la turbina:

$$\text{HP} = \frac{8.6 \times D_T^5 \times \rho_{\text{Fluido}} \times \text{RPS}^3}{g_c \times 550}$$

donde:

HP = Potencia de la turbina en HP

DT = Diámetro del agitador tipo turbina en Ft

ρ_{Fluido} = Densidad del fluido en Lb/Ft³

RPS = Velocidad de la turbina en rev/seg

g_c = Aceleración de la gravedad en Lb/seg²

550 = Factor de conversión entre HP y Lb-Ft/seg

Sustituyendo valores tenemos:

$$\text{HP} = \frac{8.6 \times 11.5^5 \times 62.4 \times (6.65/60)^3}{32.2 \times 550} = 8.3$$

Por lo que se requiere poner un motor de 10 HP para mover el agitador tipo turbina

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA EN LAS RASTRAS PARA MOVER LOS SÓLIDOS

Criterios de diseño

- 1.- Se considera que la velocidad de movimiento de las rastras será de 16 Ft/min
- 2.- Se considera que el diámetro de las rastras es igual al diámetro del clarifloculador, es decir 96Ft

$$\text{RPM} = \frac{16}{\pi \times 100} = 0.051 \text{ RPM}$$

$$\text{Torque requerido} = 30 \times 48^2 = 69,120 \text{ Lb-Ft}$$

La velocidad radial \bar{w} puede calcularse como:

$$\bar{w} = 0.051 \times 2\pi \quad \text{y está dada en radianes/seg}$$

$$\bar{w} = 0.00534 \text{ radianes/seg}$$

$$\text{HP} = \frac{\text{vel radial} \times \text{Torque}}{550}$$

donde:

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \text{Potencia de las rastras en HP} \\ \text{vel. radial} = \bar{w} &= \text{velocidad del agitador en radianes/seg} \\ 550 &= \text{Factor de conversión entre HP y Lb-Ft/seg} \end{aligned}$$

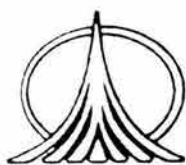
$$\text{HP} = \frac{0.00534 \times 69,120}{550} = 0.67$$

Por lo que se requiere poner un motor de 3/4 HP para mover las rastras

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador



PLANTA:
CLIENTE:

Fecha de
Emisión

II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA

Hoja 1

De 6

Servicio: Reactor clarifloculador para el acondicionamiento de agua a la unidad desmineralizadora UDA-100

1. **CLAVE DEL EQUIPO** CL - 100

2. **CAPACIDAD DEL EQUIPO**

Normal = 4.500 GPM

Máximo = 6.000 GPM

3. **TIPO**

Lecho de lodos suspendidos, con recirculación de lodos

4. **PROCEDENCIA DEL AGUA**

Agua de pozo (se suministra al clarifloculador por bombeo a una presión de 30 psig a nivel de piso)

5. **MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**

Cuerpo Concreto

Distribuidor y los laterales Ac. al Carbón A-516 Gr 70

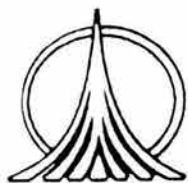
Internos Ac. al Carbón A-516 Gr 70

6. **ANÁLISIS DE AGUA A CUMPLIR**

La siguiente hoja muestra el análisis que deberá cumplirse en el clarifloculador

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

**Capítulo II
II.1 Clarifloculador**



**PLANTA:
CLIENTE:**

Fecha de Emisión:

II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA

**Hoja 2
De 6**

NOMBRE DEL PROYECTO:

DIRECCION:

IDENTIFICACION:

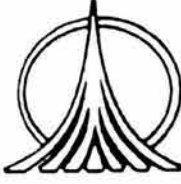
A - ENTRADA A CLARIFICADOR
B - SALIDA DEL CLARIFICADOR

CONSTITUYENTE		ANALISIS EN		ADICION DE ALUMBRE. EN CONCENTRACIONES DE 20 ppm	ADICION DE CLORO EN CONCENTRACIONES DE 5 ppm	ADICION DE ALUMBRE Y CLORO EN CONCENTRACIONES DE 20 Y 5 PPM RESPECTIVAMENTE (COLUMNA B)
		ppm COMO	A			
C A T I O N E S	CALCIO (Ca ⁺⁺)	CaCO ₃	162.0	162.0	162.0	162.0
	MAGNESIO (Mg ⁺⁺)	CaCO ₃	59.9	59.9	59.9	59.9
	SODIO (Na ⁺)	CaCO ₃	48.0	48.0	48.0	48.0
	HIDROGENO = FMA (H ⁺)	CaCO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0
	POTASIO (K ⁺)	CaCO ₃	14.3	14.3	14.3	14.3
			CaCO ₃		0.0	0.0
TOTAL DE CATIONES		CaCO ₃	241.4	241.4	241.4	284.2
A N I O N E S	BICARBONATO (HCO ₃ ⁻)	CaCO ₃	127.1	127.1	127.1	111.1
	CARBONATOS (CO ₃ ⁺⁺)	CaCO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0
	HIDROXIDOS (OH ⁻)	CaCO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0
	SULFATOS (SO ₄ ⁺⁺)	CaCO ₃	140.2	149.2	149.2	149.2
	CLORUROS (Cl ⁻)	CaCO ₃	16.9	16.9	23.9	23.9
	FOSFATOS (PO ₄ ⁺⁺)	CaCO ₃	0.0	0.0	0.0	0.0
			CaCO ₃		0.0	0.0
TOTAL DE ANIONES		CaCO ₃	241.4	241.4	241.4	284.2
DUREZA TOTAL		CaCO ₃	221.9	221.9	221.9	221.9
ALCALINIDAD		CaCO ₃	127.1	118.1	111.1	111.1
				0.0	0.0	
DIOXIDO DE CARBONO LIBRE		CO ₂	4.6	12.6	19.1	19.1
SILICE		SiO ₂	25.9	25.9	25.9	25.9
TURBIDEZ		CaCO ₃	500.0	500.0		1.0
		CaCO ₃				
PH		CaCO ₃	7.5		10.2	10.2
COSTOS DE OPERACION						
			*COSTO DE LOS QUIMICOS		*COSTO DE LOS	
QUIMICOS		Lbs/1000 GAL	POR Lb		QUIMICOS POR 1000 GAL	

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

	PLANTA: CLIENTE:	Fecha de Emisión:
	II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA	
	Hoja 3	De 6

7. ACCESORIOS MINIMOS INCLUIDOS:

- * Turbina de agitación (con motor eléctrico)
- * Rastras (con motor eléctrico)
- * Puente, soportes, escalera e internos
- * Reductor para rastras
- * Reductor para turbina
- * Tubería integral y conexiones

8. SISTEMAS DE DOSIFICACION DE QUIMICOS CONSISTENTES EN:

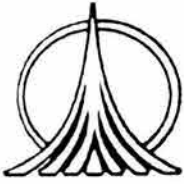
- a) Sistema de dosificación de alumbre (operación automática - manual)

Compuesto por:

- * Tanque de almacenamiento de alumbre construido en ac. Inoxidable tipo 304, tapa superior plana (semiabatible) y fondo cónico (para mayor detalle ver hoja de datos del tanque anexa)
- * Un agitador
- * Dos bombas dosificadoras
- * Filtros de succión para las bombas
- * Tubería para: succión y descarga de bombas, recirculación, agua de dilución y agua de lavado

- b) Sistema de dosificación de polielectrolito (operación automática - manual)

Compuesto por:

	PLANTA: CLIENTE:	Fecha de Emisión:
	II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA	Hoja 4
		De 6

- * Tanque de almacenamiento de polielectrolito construido en ac. Inoxidable tipo 304, tapa superior plana (semiabatible) y fondo cónico (para mayor detalle ver hoja de datos del tanque anexa)
- * Un agitador
- * Dos bombas dosificadoras

- * Filtros de succión para las bombas
- * Tubería para: succión y descarga de bombas, recirculación, agua de dilución y agua de lavado

9. SISTEMA DE INSTRUMENTACION

El fabricante de los equipos, deberá considerar dentro de su alcance, el suministro de toda la instrumentación necesaria para el correcto funcionamiento, tanto del clarificador, como de los sistemas de dosificación y de todos los equipos y accesorios que compongan el sistema que proponga

Se deberá de tomar en cuenta, la entrega de lo siguiente:

- * Sistema de control del clarificador
- * Sistema de control de cada uno de los sistemas de dosificación de químicos
- * Instrumentación automática
- * Instrumentación de campo

10. TABLERO DE CONTROL

TIPO Consola.

Incluye gabinetes locales

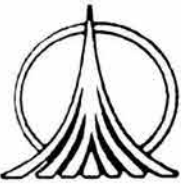
Con semigráfico y panel de alarmas

Cajas para cada una de las válvulas solenoides suministradas, requeridas para la correcta operación del equipo

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

	PLANTA: CLIENTE:	Fecha de Emisión:
	II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA	Hoja 5
		De 6

11. TUBERIAS, VAVULAS Y CONEXIONES

Se suministrara toda la tubería, válvulas y conexiones correspondientes a cada equipo, así como la de interconexión entre estos.

12. LOTE DE PARTES DE REPUESTO PARA DOS AÑOS DE OPERACIÓN, LA CUAL MINIMO DEBERA DE INCLUIR LO SIGUIENTE:

- Partes de repuesto para reductores de rastras (2 juegos)
- Partes de repuesto para válvulas (1 juego)
- Partes de repuesto para agitadores (3 juegos)
- Partes de repuesto para bombas centrífugas (1 juego para cada par de bombas iguales)
- Focos para el tablero (20 piezas)
- 1 lote de partes de repuesto para la instrumentación automática
- 1 lote de partes de repuesto para la instrumentación de campo
- Partes de repuesto para bombas dosificadoras (1 juego para cada par de bombas iguales)

NOTAS:

- 1.- El fabricante deberá cumplir con la documentación de embarque.
- 2.- El fabricante deberá entregar junto con los dibujos de cada uno de los equipos y componentes que compongan el sistema propuesto, los instructivos de operación y mantenimiento para revisión, y una vez aprobados estos, deberá de entregar por lo menos 3 copias (una para el cliente, otra para la firma y la ultima para tenerla en los archivos de la planta) de estos junto con los "dossier's" de calidad del equipo.

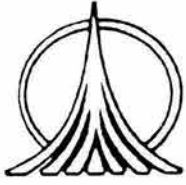
El fabricante al cotizar deberá desglosar sus precios en los siguientes conceptos:

- a) Reactor - clarificador
- b) cada uno de los equipos de dosificación de reactivos químicos
- c) Instrumentación suministrada (local y automática)
- d) Tablero de control
- e) Tubería, válvulas y conexiones

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo II

II.1 Clarifloculador

	PLANTA: CLIENTE:	Fecha de Emisión:
	II.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DEL CLARIFLOCULADOR DE AGUA	Hoja 6
		De 6

f) Partes de repuesto para dos años de operación (estas también deberán ser desglosad
as, indicando claramente cuales son para cada uno de los equipos y/o componentes del sistema.

- 3.- El fabricante deberá de indicar claramente las desviaciones que tenga a estas especificaciones, suministrando además el soporte técnico que avale los cambios que proponga de acuerdo a lo cotizado.
- 4.- El fabricante deberá presentar el diagrama de la unidad que proponga, incluyendo todas las condiciones de operación, así como el consumo de reactivos y servicios auxiliares que requiera la unidad para operar satisfactoriamente.
- 5.- El fabricante deberá presentar un arreglo preliminar del equipo cotizado.

El fabricante deberá cotizar para el equipo nacional, el costo en En moneda nacional. y L.A.B. en sitio de la obra, y para el equipo de importación, el costo en dólares y L.A.B. en frontera o puerto mexicano, mas cercano al sitio de la obra.

- 6.- Los fabricantes, deberán anexar las memorias de calculo de los equipos, así como el consumo de reactivos. De no entregar estas memorias, no se tomara en cuenta su oferta.

II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos

II.2.1.- Cálculo de los sistemas de dosificación de reactivos

II.2.1.a.- Cálculo del sistema de dosificación de alumbre:

Información sobre el químico utilizado:

Nombre químico: sulfato de aluminio

Nombre común: alumbre

El sulfato de aluminio se utiliza como coagulante de impurezas en todo tipo de aguas, ya sea para el uso industrial o doméstico. La función primordial del coagulante es la de suministrar iones capaces de neutralizar efectivamente las cargas eléctricas de la mayor parte del material coloidal existente en el agua y así causar su precipitación. La importancia de los coagulantes se debe, en parte, a las propiedades esponjosas del floculo, ya que este tipo de estructura posee amplias áreas superficiales a las que se adhieren las partículas coloidales o semicoloidales.

El floculo que forma el sulfato de aluminio al entrar en contacto con el agua en concentraciones muy diluidas es el hidróxido de aluminio. Este floculo se forma y trabaja efectivamente en un pH de 5.5 a 8.0. La dosificación más adecuada para cada tipo de agua se deberá obtener llevando a cabo pruebas de jarra comparativas.

Criterios para el diseño:

La dosificación de alumbre se realiza en soluciones al 20% (recomendación de los fabricantes)

La dosificación de alumbre (sulfato de aluminio) es igual a:
20 ppm que equivalen a 20 mg/litro = 0.17 Lb/1000 galones

Cantidad requerida de solución de alumbre al 20%:

Manejando el flujo normal = 4500 GPM

Solución de alumbre al 20% = 0.75 Lb/min de sulfato de aluminio al 100%

Manejando el flujo máximo = 6000 GPM

Solución de alumbre al 20% = 1.00 Lb/min de sulfato de aluminio al 100%

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos

Por lo tanto, para el diseño del sistema de dosificación, se considerarán los requerimientos requeridos para manejar el flujo máximo, así se requerirán dosificar:

Solución de alumbre al 20% = 1.00 Lb/min de sulfato de aluminio al 100%

Dado que se requiere preparar una solución al 20% tendremos:

$$W_{\text{solución al 20\%}} = 5.01 \text{ Lb/min}$$

$$\text{SpGr alumbre al 100\%} = 2.71$$

$$\rho_{\text{alumbre al 100\%}} = 169.104 \text{ Lb/Ft}^3$$

$$\rho_{\text{m alumbre}} = 342 \text{ Lb/lbmol}$$

$$\rho_{\text{molar del alumbre al 20\%}} = 0.4945 \text{ Lbmol/Ft}^3$$

Fracción mol:

$$\text{Moles alumbre en solun. Al 20\%} = 0.0585 \text{ Lbmol}$$

$$\text{Moles agua en solun. Al 20\%} = 4.4444 \text{ Lbmol}$$

$$\text{moles requeridas de solución al 20\%} = 4.5029 \text{ Lbmol}$$

$$X_{\text{alumbre en solun. Al 20\%}} = 0.013$$

$$X_{\text{agua en solun. Al 20\%}} = 0.987$$

$$\rho_{\text{molar de la solución de alumbre al 20\%}} = 3.428 \text{ Lbmol/Ft}^3$$

$$\text{Peso molecular de la solución de alumbre al 20\%} = 22.208 \text{ Lb/lbmol}$$

$$\rho_{\text{solución de alumbre al 20\%}} = 76.130 \text{ lb/ft}^3$$

$$Q_{\text{alumbre al 20\%}} = 0.066 \text{ Ft}^3/\text{min} = 0.492 \text{ GPM} \quad \text{redondeando:}$$

$$Q_{\text{alumbre al 20\%}} = 0.5 \text{ GPM}$$

Cálculo de la capacidad del tanque de almto.

Criterios de diseño

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos

Considerar que se tendrán tanques de almacenamiento de día, esto es que el tanque deberá tener como mínimo, el volumen requerido para dosificar durante día, la solución requerida de alumbre

L/d recomendada para el tanque = 1

Se considerará que el tanque se llena máximo al 80 % de su capacidad, así tendremos:

Capacidad mínima de almto del Tq, de alumbre = 900 galones = 3.4065 m³

Altura mínima = 1.631 m. redondeando: 1.7 m.

Diámetro mínimo = 1.7 m.

Volumen real del tanque = 3.86 m³ = 1,019.5 galones

Calculo de la bomba de dosificación de alumbre

Capacidad:	
Normal	0.5 GPM
Máxima	0.5 GPM
Cabeza	71.95 Ft
Potencia estimada hidráulica	0.01 HP
Potencia comercial del motor	1/8 HP

II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos

II.2.1.- Cálculo de los sistemas de dosificación de reactivos

II.2.1.b.- Cálculo del sistema de dosificación de Polielectrolito

Para lograr una precipitación exitosa, además de sulfato de aluminio, un ayudante de floculación debe ser dosificado. Este ayudante se conoce con el nombre de polielectrolito y se dosifica al agua con lodo automáticamente. El polielectrolito se recibe en el tanque de preparación de solución como un líquido concentrado al 5% y es altamente viscoso. Es disuelto y madurado a una concentración del 0.5%. El polielectrolito al 0.5% se inyecta con bombas dosificadoras para mezclarse con el agua llena de lodo.

CRITERIOS DE DISEÑO:

La dosificación recomendada en la mayoría de los polielectrolitos es de 2 -3 ppm, dependiendo entre otras cosas, de la naturaleza del polielectrolito. para fines de calculo se considerara dosificar la cantidad de 2 ppm de polielectrolito, lo que equivale a 2 mg/litro

El polielectrolito, se dosifica en solución al 1 % (recomendación de los fabricantes)

Así, la cantidad requerida de solución de polielectrolito al 1% será:

A flujo normal = 4500 GPM = 17,032.5 litros/minuto

$W_{\text{POLIELECTROLITO}} = 34,065 \text{ mg/minuto} = 34.065 \text{ g/min} = 0.075 \text{ Lb/min}$

Debido a que la concentración requerida para la solución de polielectrolito, es muy baja: soluciones al 1 % (de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de equipos de clarifloculación) se puede considerar que dicha solución tiene la densidad del agua, esto es:

$\rho_{\text{SOLUCIÓN DE POLIELECTROLITO AL 1\%}} = 62.4 \text{ Lb/Ft}^3$

$Q_{\text{SOLUCIÓN DE POLIELECTROLITO AL 1\%}} = 0.001 \text{ Ft}^3/\text{MIN} = 0.009 \text{ GPM}$

A flujo máximo = 6000 GPM = 22,710.0 litros/minuto

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo II

II.2 Sistema de Dosificación de Reactivos

$$W_{\text{POLIELECTROLITO}} = 45,420 \text{ mg/minuto} = 45.42 \text{ g/min} = 0.1001 \text{ Lb/min}$$

Debido a que la concentración requerida para la solución de polielectrolito, es muy baja: soluciones al 1 % de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de equipos de clarifloculación se puede considerar que dicha solución tiene la densidad del agua, esto es:

$$\rho_{\text{SOLUCION DE POLIELECTROLITO AL 1\%}} = 62.4 \text{ Lb/Ft}^3$$

$$Q_{\text{SOLUCION DE POLIELECTROLITO AL 1\%}} = 0.002 \text{ Ft}^3/\text{min} = 0.012 \text{ GPM}$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMTO.

CRITERIOS DE DISEÑO

$$L/d \text{ recomendada para el tanque} = 1$$

Considerar que se tendrán tanques de almacenamiento de día, esto es que el tanque deberá tener como mínimo, el volumen requerido para dosificar durante 1 día, la solución requerida de polielectrolito

Se considerará que el tanque se llena máximo al 80 % de su capacidad, así tendremos:

$$\text{Capacidad mínima de almto polielectrolito} = 21.61 \text{ galones} = 0.082 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura mínima} = 0.470 \text{ m. redondeando: } 0.5 \text{ m.}$$

$$\text{Diámetro mínimo} = 0.5 \text{ m.}$$

$$\text{Volumen real del tanque} = 0.10 \text{ m}^3 = 25.9 \text{ galones}$$

CALCULO DE LA BOMBA DE DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO

CAPACIDAD:

Normal	0.012 GPM
Máxima	0.012 GPM
Cabeza	71.95 Ft
Potencia estimada hidráulica	0.0003 HP
Potencia comercial del motor	1/16 HP



FOJA DE DATOS

II.2.2.- ESPECIFICACION DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACION DE REACTIVOS
 II.2.2.a.- PAQUETE DE DOSIFICACION DE ALUMBRE

EQUIPO No.: PA-110

PA-110

HOJA: 1

FECHA DE EMISION

DE: 1

28/05/2004

- INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR
- INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

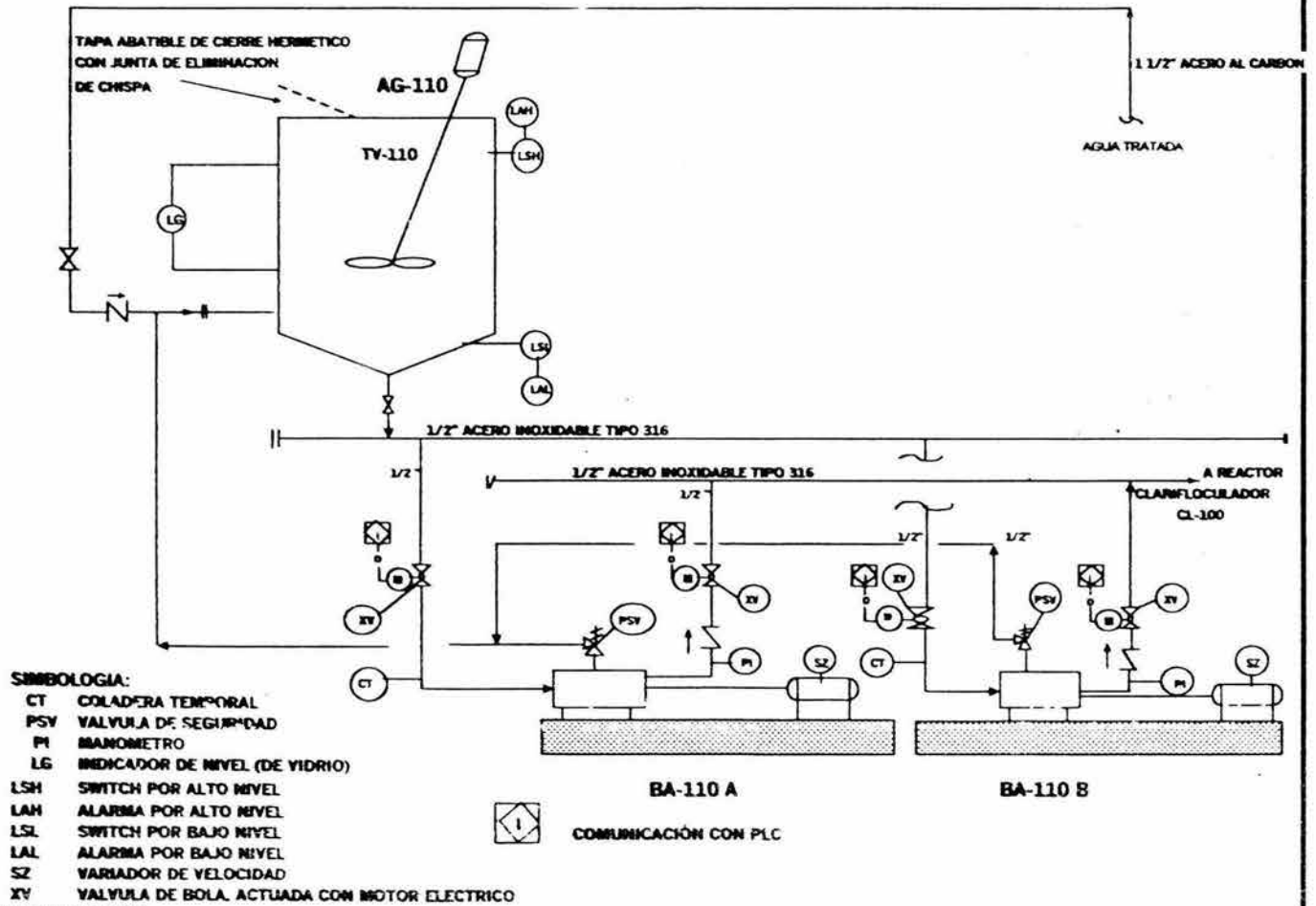
APLICABLE PARA: ○ COTIZACION ○ COMPRA ○ EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100

LUGAR: _____

SERVICIO: SISTEMA DE DOSIFICACION DE ALUMBRE (SULFATO DE ALUMINIO)

CANTIDAD REQUERIDA: UN PAQUETE



SIMBOLOGIA:

- CT COLADERA TEMPORAL
- PSV VALVULA DE SEGURIDAD
- PI MANOMETRO
- LG INDICADOR DE NIVEL (DE VIDRIO)
- LSH SWITCH POR ALTO NIVEL
- LAH ALARMA POR ALTO NIVEL
- LSL SWITCH POR BAJO NIVEL
- LAL ALARMA POR BAJO NIVEL
- SZ VARIADOR DE VELOCIDAD
- XY VALVULA DE BOLA, ACTUADA CON MOTOR ELECTRICO

ALCANCE DEL SUMINISTRO:

- 1.- EL PROMEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR TODO LO MOSTRADO EN ESTA HOJA DE DATOS INCLUYENDO LA INSTRUMENTACION, VALVULAS ROTORIZADAS, VALVULA CHECK Y DE CORTE, CONEXIONES Y ACCESORIOS QUE GARANTIZEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL PAQUETE COMPLETO.
- 2.- EL PROMEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR TODO EL PAQUETE MONTADO SOBRE UN PATIN.
- 3.- EL PROMEEDOR DEBERA GARANTIZAR QUE LA DISOLUCION Y HOMOGENEIZACION DE LA SOLUCION ALUMBRE - AGUA SE REALIZO COMPLETAMENTE, SUMINISTRANDO EL TIEMPO DE AGITACION REQUERIDO PARA ELLO.
- 4.- EL PROMEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR DIBUJOS DEL AGITADOR DONDE SE BIENSTRE, FORMA DE INSTALACION EN EL TANQUE, DIMENSIONES DE LA PLACA DE REFUERZO, ANGULO RECOMENDADO DE AGITACION.
- 5.- EL PROMEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR EL MOTOR DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS, ADECUADO PARA RECIBIR UNA SENAL DE 4-20 MILIAMPERES PARA REGULAR SU VELOCIDAD Y POR CONSIGUIENTE EL FLUJO BASEADO.
- 6.- EL PROMEEDOR DEBERA SUMINISTRAR UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON COMANDO DESDE EL PLC.
- 7.- EL PROMEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS, CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA, ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZGUE CONVENIENTE PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA, ASI COMO LA VENDOR DATA COMMITMENT ANEXA.

REFERENCIAS

REVISION

DESCRIPCION

POR/FECHA

APROBO

ELABORO

MAPE

0

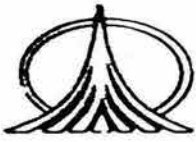
EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA

MAPE/28-05-04

REVISO:

APROBO FIRMA

APROBO CLIENTE:



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS TANQUES Y RECIPIENTES

EQUIPO No.:

TV-110

DP - A - 5500
FECHA EMISION:
28/05/2004

HOJA: 1 1
DE: 2 2

INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE

APLICABLE PARA: COTIZACION COMPRAS EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA: TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100

LUGAR:

SERVICIO: PREPARACION DE SOLUCION DE ALUMBRE (SULFATO DE ALUMINIO) 20% EN PESO

AREA:

CANTIDAD REQUERIDA: UNO

EQUIPO No.: TV-110

FABRICANTE:

MODELO:

CONDICIONES DE OPERACION

FLUIDO: SOLUCION DE ALUMBRE AL 20% EN PESO GRAVEDAD ESPECIFICA: 1.22
 PRESION: ATMOSFERICA PSIG TEMPERATURA: 100.4 F
 POSICION: VERTICAL VOLUMEN NOMINAL: 3.86 M³(DE TANGENTE A TANGENTE)
 VOLUMEN OPERACION: 80.00 % FACTOR SISMICO: VELOCIDAD DEL VIENTO: KM/H

CONSTRUCCION

PRESION DE DISEÑO: DE ACUERDO A CODIGO TEMPERATURA: DE ACUERDO A CODIGO F
 CODIGOS: API 650 PLACA SECRETARIA DEL TRABAJO Y P. S.: EL FABRICANTE DEBERA DE SU-
 MINISTRAR TODA LA INF. NECESARIA PARA OBTENERLA
 PRESION DE PRUEBA: DE ACUERDO A CODIGO TEMPERATURA: DE ACUERDO A CODIGO F
 CORROSION PERMISIBLE: CUERPO: _____ IN TAPAS: _____ IN OTROS: _____ IN
 RADIOGRAFIA: CUERPO Y TAPAS 85% OTRAS PRUEBAS: PRUEBA HIDROSTATICA PSIG
 TIPO DE TAPAS: FONDO CONICO TRAMO RECTO: _____ TIPO DE TECHO: PLANO
 TRATAMIENTO TERMICO: NO RELEVADO DE ESFUERZOS: NO
 ESCALERA: INTERIOR: NO EXTERIOR: SI
 ACABADO:
 LIMPIEZA INTERIOR: NO APLICA EXTERIOR: NO APLICA
 PINTURA: INTERIOR: NO APLICA EXTERIOR: NO APLICA
 RECUBRIMIENTO: EXTERIOR: NO APLICA ACABADO: NO APLICA
 AISLAMIENTO: NO
 ACCESORIOS: AGITADOR INSTALADO EN LA TAPA DEL TANQUE

MATERIALES

CUERPO: ACERO INOXIDABLE TIPO 316 TECHO: ACERO INOXIDABLE TIPO 316
 FONDO: ACERO INOXIDABLE TIPO 316 TAPAS: _____ DIMENSIONES
 FALDOR: _____ SOPORTES: ACERO AL CARBON DIAMETRO: 1.7 m.
 TORNILLOS: A-193 Gr B7 ESPARRAGOS: A-193 Gr B7 ALTURA: 1.7 m.
 EXTERNOS
 TUERCAS: A-194 Gr 2H OTROS:
 EXTERNAS

PESOS

NOTAS: TODAS LAS PARTES DE ACERO AL CARBON LLEVARAN RECUBRIMIENTO PRIMARIO TIPO RP-3 Y UN ACABADO TIPO RA-2.

VACIO: Kgs
 OPERACION: Kgs
 LLENO DE AGUA: Kgs

REFERENCIAS: CODIGO API-650

REVISION	DESCRIPCION	POR / FECHA	APROBO:	ELABORO	MAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	MAPE/28-5-04		REVISO	
				APROBO FIRMA	
				APROBO CLIENTE	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS

BOMBAS DOSIFICADORAS

EQUIPO No.: BA-110 A/B

DP- 110 A	HOJA: 1
FECHA DE EMISION	DE: 2
28/05/2004	

- INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR
 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

APLICABLE PARA: COTIZACION COMPRAS EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100 LUGAR:
 SERVICIO: DOSIFICACION DE ALUMBRE AL CLARIFLOCULADOR CL-100 AREA:
 No. DE BOMBAS REQ.: 2 No. MOTORES REQ.: 2 SUMINST POR: FAB. DE BOMBA MON. POR: FAB. DE BOMBA
 FABRICANTE BOMBA: TAMAÑO Y TIPO: No. SERIE:

CONDICIONES DE OPERACION

FLUIDO: SOLUCION DE ALUMBRE AL 20% OPERACION: CONTINUA INTERMITENTE
 pH CAPACIDAD MAXIMA A PRESION DE SUCCION: 0.5 GPM
 TFMP. BOMBEO: NORMAL 100.4 °F MAXIMA °F PRESION SUCCION NORMAL: PSIG DISEÑO: 0 PSIG
 PRESION DE VAPOR A TEMP. DE BOMBEO: 10 PSIA PRESION DESCARGA: 38.00 PSIG
 DENSIDAD RELATIVA A TEMP. DE BOMBEO: 1.220 CARGA DIFERENCIAL: 71.95 ft
 VISCOSIDAD A TEMP. DE BOMBEO: SSU 0.68 CPS HP HIDRAULICO: 0.03
 CORROSION/EROSION MISMO FLUIDO NPSH DISPONIBLE: 12.7 ft
 SOLIDOS PRESENTES: PORCIENTO EN PESO ALTURA S.N.M. ft PRESION BAR. 14.7 PSIA
 FORMA PART.: _____ TAM. MAX. PART. _____ MICRAS _____
 DENSIDAD APARENTE ABRASIVO SI NO
 GASES PRESENTES _____
 PORCIENTO EN VOLUMEN 100% TIPO _____
 COMPOSICION _____

CONSTRUCCION

BOQUILLAS	CANTIDAD	DIAMETRO	CLASIF. ANSI	CARA	LOCALIZACION
SUCCION PRODUCTO	1	<input type="checkbox"/>	150 #	RF	VERTICAL
DESCARGA PRODUCTO	1	<input type="checkbox"/>	150#	RF	VERTICAL

FUNCIONAMIENTO

BHP DISEÑO
 NPSH REQ. (AGUA) ft
 EFICIENCIA %
 RANGO %

CONEXIONES PARA: DREN VENTEO MANOMETRO

TIPO: EMBOLO PISTON DIAFRAGMA
 SIMPLEX DUPLEX TRIPLEX MULTIPLEX

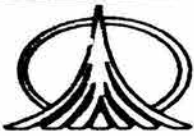
ACCION: SIMPLE DOBLE

CARCAZA: PRESION MAX. DE TRAB. PSIG TEMP. °F PRUEBA HIDROSTATICA PSIG

CILINDROS: TIPO DIAMETRO INTERIOR IN CARRERA PRES. PRUEBA HID. PSIG
 CAMISA PRES. MAX. DE TRABAJO DESPLAZAMIENTO DEL PISTON PSIG
 % DE CLARO VELOCIDAD NORMAL DEL PISTON % VELOCIDAD MAXIMA DEL PISTON
 EFICIENCIA VOLUMETRICA _____

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POR/FECHA	APROBO	ELABORO:	NAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE/28-5-04		REVISO:	
				APROBO FIRMA:	
				APROBO CLIENTE:	



HOJA DE DATOS BOMBAS DOSIFICADORAS

EQUIPO No.: BA-110 A/B

 DP-100 B
 FECHA DE EMISION
 28/05/2004

 HOJA: 2
 DE: 2

TRANSMISION: FABRICANTE TIPO
 TAMAÑO RELACION REDUCCION DE VELOCIDAD
 EFICIENCIA MECANICA %
 LUBRICACION: ANILLO ACEITE INUNDADO NEBLINA ACEITE
 SALPICADO FORZADO POR GRAVEDAD
 EMPAQUE: FABRICANTE INDICAR TIPO
 TAMAÑO INDICAR No. ANILLOS INDICAR

PRUEBAS E INSPECCION

COMPORTAMIENTO SIN TESTIGO
 COMPORTAMIENTO CON TESTIGO
 HIDROSTATICA SIN TESTIGO
 HIDROSTATICA CON TESTIGO
 NPSH REQUERIDO
 INSPECCION DE FABRICACION
 DESMONTAJE E INSPECCION DESPUES DE PRUEBAS
 OTRAS:

ACCESORIOS

AMORTIGUADOR DE PULSACION: SUCCION DESCARGA
 VALVULAS SUCCION: TIPO: NUMERO:
 VALVULAS DESCARGA: TIPO: NUMERO:
 VALVULA DE ALIVIO: INTEGRADA EN LINEA EXTERIOR
 PRESION DE AJUSTE: PSIG %SOBREPRESION
 LUBRICADOR DE EMPAQUE SI NO
 INDICADOR DE VELOCIDAD SI NO
 CONTADOR DE CARRERAS SI NO

MATERIALES

CARCAZA ACERO INOX. 316
 CILINDRO ACERO INOX. 316
 EMBOLO
 PISTON
 DIAFRAGMA ACERO INOX. 316
 PRENSAESTOPA
 ANILLO PRENSAEST.
 CAMISA
 ASIENTO DE LAS VALVULAS

TUBERIA AUXILIAR

AGUA ENFTO. CAMISA	GPM	PRESION	PSIG	TEMP.	°F
AGUA ENFTO. EMPAQUE	GPM	PRESION	PSIG	TEMP.	°F
AGUA ENFTO. TOTAL	GPM				
AGUA LIMPIEZA A CHORRO DE SELLOS	GPM	PRESION	PSIG		

OTROS REQUERIMIENTOS:

PESOS

BOMBA Kg
 BASE Kg
 MOTOR Kg

MOTOR

HP RPM ARMAZON VOLTS/FASES/CICLOS 220-440/3/60
 FABRICANTE BALEROS BOLAS LUBRICACION GRASA
 TIPO INDUCCION AISLAMIENTO F AMPERAJE A CARGA TOTAL
 ANILLO DE ARDILLA
 CARCAZA TCCV-XP AUMENTO DE TEMP. °F
 AMPERAJE A ROTOR BLOQUEADO

MOTOR

PRESION DE VAPOR PSIG TEMPERATURA °F SOBRECALENTAMIENTO DEL VAPOR °F
 CONTRAPRESION PSIA GASTO DE VAPOR LB/H MAXIMA VELOCIDAD DEL PISTON PPM
 LUBRICANTE DEL LADO DEL VAPOR

- NOTAS:**
- EL FLUIDO MANEJADO ES UNA SOLUCION DE ALUMBRE (SULFATO DE ALUMBRIO) AL 20% EN PESO
 - EL PROVEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA, ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZGUE CONVENIENTE (CATALOGOS, DIBUJOS DIMENSIONALES, TANTO DE LA BOMBA-MOTOR, COMO DE LA VALVULA DE ALIVIO, DATOS DE CORROSION PARA EL MATERIAL RECOMENDADO, ETC), PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA.
 - EL PROVEEDOR SERA RESPONSABLE DE QUE TODO EL PAQUETE DE DOSIFICACION FUNCIONE ADECUADAMENTE.
 - EL PROVEEDOR DEBERA SUMINISTRAR EL VARIADOR DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR DE ESTAS BOMBAS CON SEÑALIZACION AL CONTROL DISTRIBUIDO

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POR / FECHA	APROBO:	ELABORO:	MAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE/28-5-04		REVISO:	
				APROBO FIRMA	
				APROBO CLIENTE	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS
AGITADORES

EQUIPO No.: AG-110

AG-110 A
FECHA DE EMISION
28/01/2004HOJA: 1
DE: 2 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTEAPLICABLE PARA: COTIZACION COMPRAS EQUIPO CONSTRUIDOPLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100
SERVICIO: DISOLUCION DE ALUMBRE (SULFATO DE ALUMINIO) EN AGUA

LOCALIZACION:

AREA:

CANTIDAD REQUERIDA: UNO

EQUIPO NO.: AG-110

FABRICANTE: MODELO: TIPO: PORTATIL ENTRADA LATERAL ENTRADA SUPERIOR

CONDICIONES DE OPERACION

OPERACION: CONTINUA POR LOTES

MATERIALES A SER MEZCLADOS:

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO	GRAVEDAD ESPECIFICA	VISCOSIDAD (cp)	TEMPERATURA (°F)
AGUA	80	1.0	0.68	100 NORMAL/104 MAXIMO
ALUMBRE	20	2.71	—	100 NORMAL/104 MAXIMO

VER NOTA 1.

MEZCLA FINAL: SOLUCION DE ALUMBRE AL 20% EN PESO

SOLIDOS: NO HAY SOLUBLES INSOLUBLES ABRASIVOS CRISTALINOS ESPONJOSOS

MEZCLA: Lb/gal GRAVEDAD ESPECIFICA: 1.22 TAMAÑO DE PARTICULA VELOC. ASENTAMIENTO:

CLASE DE AGITACION: MEZCLADO DISOLUCION Y HOMOGENIZACION EMBULSIFICACION TRANS.DE CALOR DISPERSION GASEOSAGRADO DE AGITACION: LIGERO MEDIO VIOLENTOFORMACION DE ESPUMA: SI NOCICLO: (VER NOTA 2) POR LOTES: MINIMO 136 L NORMAL 544 L MAXIMO 612 L CONTINUO: FLUJOOPERACION DEL AGITADOR DURANTE EL LLENADO SI NO

(SE INICIARA EL MEZCLADO DESPUES DE HABER DOSIFICADO EL AGUA Y EL ALUMBRE)

SECUENCIA DE LLENADO:
1.- SE RECIBE EL AGUA EN EL TANQUE.
2.- SE INTRODUCHE EL ALUMBRE POR LA TAPA DEL TANQUE
3.- SE PROCEDE A REALIZAR LA MEZCLA PONIENDO EN OPERACION LOS AGITADORES

RECIPIENTES

CLAVE: TV-110 HORIZONTAL VERTICAL CAPACIDAD: 3.859 LITROS (NOMINAL) TAPA ABIERTA TAPA CERRADA

DIMENSIONES: DIAMETRO INTERNO 5.58 ft LARGO 5.58 ft (TANGENTE - TANGENTE)

TAPA TIPO: PLANA BRIDADA Y ABOMBADA CONICA SEMIELEPTICA 2:1FONDO TIPO: PLANO BRIDADA Y ABOMBADA CONICO SEMIELEPTICA 2:1

PRESION DE DISEÑO: ATMOSFERICO PSIG TEMPERATURA DE DISEÑO: DE ACUERDO A CODIGO API 650

NUMERO DE BAFLES: NO ANCHO — IN LARGO — IN

REFERENCIAS

REVISION

DESCRIPCION

POR/FECHA

APROBO

ELABORO

NAPE

0

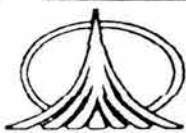
EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA

NAPE/28-5-04

REVISO:

APROBO FIRMA

APROBO CLIENTE



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No:

HOJA DE DATOS
AGITADORES

EQUIPO No: AG-110

AG-110 B HOJA 2
FECHA DE EMISION DE 20
20.05.2004

MATERIALES DE CONSTRUCCION

RECIPIENTE ACERO INOX TIPO 316 FLECHA AC INOXIDABLE TIPO 316 IMPULSOR ACERO INOX TIPO 316
BRIDAS DE MONTAJE ACERO INOX TIPO 316 CAJA DE EMPAQUES AC INOX TP 316
RODAMIENTO EMPAQUE NO SELLO MECANICO* SI
OTRAS PARTES MOJADAS ACERO INOXIDABLE

* EL PROVEEDOR INCLUIRA ADITAMENTO PARA REEMPLAZO DE SELLOS Y RODAMIENTOS CON TANQUE LLENO.

SELECCION

FABRICANTE MODELO
TAMANO REQUERIDO DE BRIDA PARA MONTAJE DEL AGITADOR
CLASIFICACION 150 # CARA R.F.
LOCALIZACION DEL AGITADOR EN EL DIAMETRO DE LA BOQUILLA INDICAR ANGULO (VER NOTA 3)
RECIPIENTE BOQUILLA EN LA TAPA CLASIFICACION DE LA BOQUILLA 150 # R.F.

DISEÑO

IMPULSOR UNO DIAMETRO TIPO PROPELA NUMERO DE ASPAS RPM
TIPO DE IMPULSOR: ESTATICA E HIDRAULICAMENTE BALANCEADO TIPO DE SOPORTE AL TANQUE AUTOSOPORTADO
BHP NORMALES (EXCLUYENDO TRANSMISION)
REDUCTOR DE VELOCIDAD INCLUIR TIPO SIMPLE
SELLO DE LA FLECHA EMPAQUE MECANICO
LIQUIDO DE SELLO AUTOLUBRICADO LUBRICACION CAJA DE ENGRANES ACEITE
FLECHA DIAMETRO EXTERIOR IN LONGITUD DESDE BRIDA DE MONTAJES IN
ACOPLAMIENTO DE FLECHA TIPO DIRECTO MEDIANTE REDUCTOR DE VELOCIDAD
TRANSMISION FABRICANTE TIPO AGMA CLASS II
TAMANO RELACION DE REDUCCION H.P NOMINALES BHP MAX
EFICIENCIA MECANICA % NUMERO DE REDUCCIONES SALIDA RPM
FACTOR DE SERVICIO 1.5 MINIMO VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS 16.000 HRS. MINIMO

MOTOR ELECTRICO

FABRICANTE TIPO INDUCCION JAULA DE ARDILLA VELOCIDAD
POTENCIA H.P VOLTS 440/220 FASES 3 CICLOS 60
FACTOR DE SERVICIO 1.15 ARMAZON TCCV-XP

OBSERVACIONES

1. SE REQUIERE OPERACION POR LOTES PARA UN SERVICIO DE MEZCLADO Y HOMOGENIZACION
2. EL PROVEEDOR DEBERA DE RECOMENDAR ALTURA, ANGULO DE POSICION, DIAMETRO DEL IMPULSOR Y LOCALIZACION TOMANDO EN CUENTA PARA ESTO LA LOCALIZACION Y EL NUMERO DE BOQUILLAS QUE TIENE EL TANQUE (VER SKETCH ANEXO)
3. EL PROVEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZGUE CONVENIENTE (CATALOGOS, DIBUJOS DIMENSIONALES, DIBUJOS DONDE SE MUESTRE LA FORMA DE MONTAJE, ETC) PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA.
4. EL PROVEEDOR DEBERA DE COTIZAR POR SEPARADO UN LOTE DE PARTES DE REPUESTO PARA 2 AÑOS DE OPERACION NORMAL.

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POR	FECHA	APROB	ELABOR	NAPE
1	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE	20.5.04		REV 00	
					APROB (F.P.M)	
					APROB CLIENTE	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA		REQUISICION No.:
HOJA DE DATOS		
II.2.2.- ESPECIFICACION DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACION DE REACTIVOS		EQUIPO No.: PA-111
II.2.2.b.- PAQUETE DE DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO		HOJA: 1
		FECHA DE EMISION DE: 1
		28/05/2004

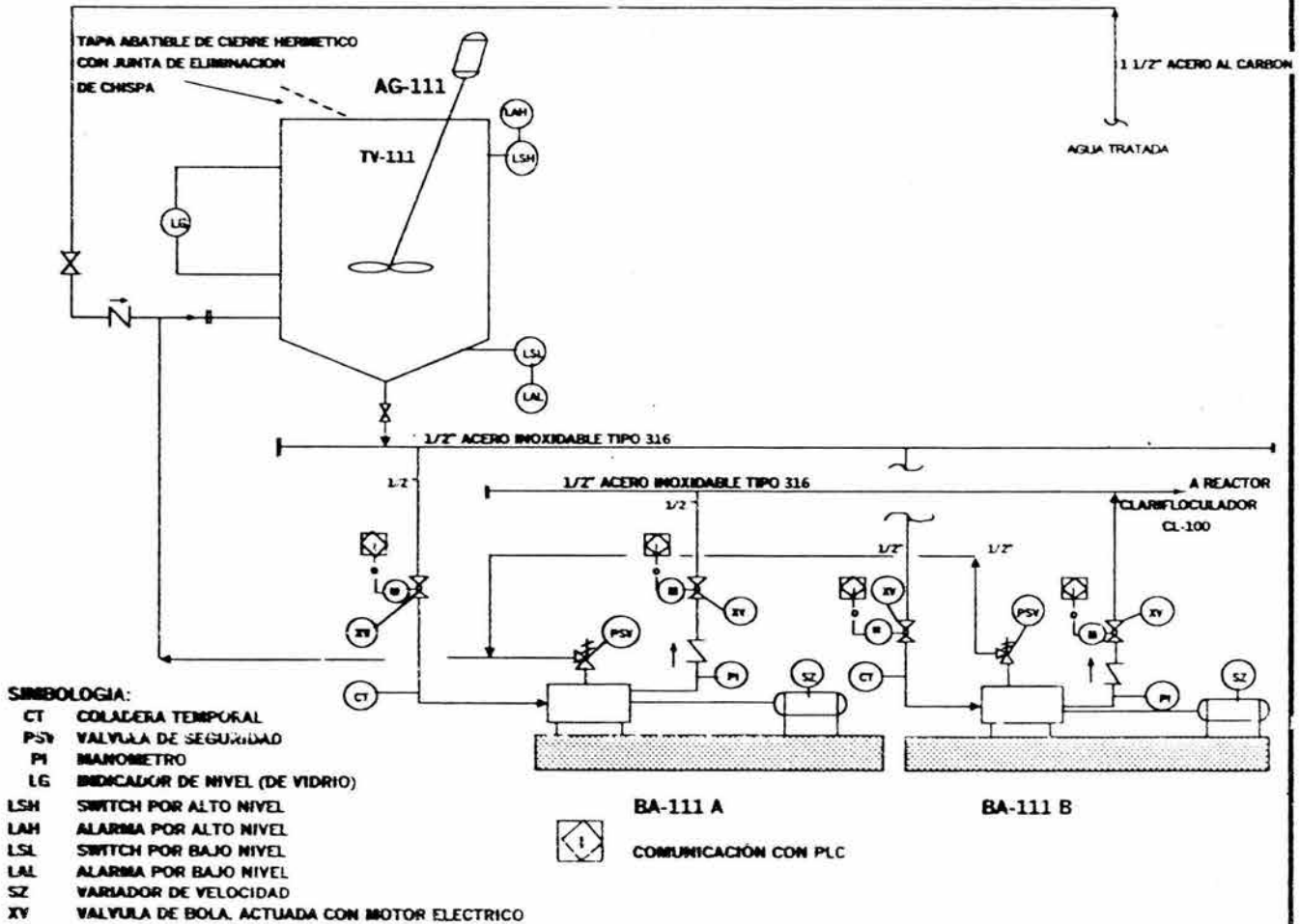
- INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR
 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

APLICABLE PARA: COTIZACION COMPRA EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100 LUGAR: _____

SERVICIO: SISTEMA DE DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO

CANTIDAD REQUERIDA: UN PAQUETE



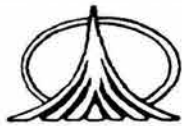
ALCANCE DEL SUMINISTRO:

- 1.- EL PROMOTOR DEBERA DE SUMINISTRAR TODO LO REGISTRADO EN ESTA HOJA DE DATOS INCLUYENDO LA INSTRUMENTACION, VALVULAS ROTORIZADAS, VALVULA CHECK Y DE CORTE, CONEXIONES Y ACCESORIOS QUE GARANTIZEN EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL PAQUETE COMPLETO
- 2.- EL PROMOTOR DEBERA DE SUMINISTRAR TODO EL PAQUETE MONTADO SOBRE UN PATIN
- 3.- EL PROMOTOR DEBERA GARANTIZAR QUE LA DISOLUCION Y HOMOGENEIZACION DE LA SOLUCION POLIELECTROLITO - AGUA SE REALICE COMPLETAMENTE, SUMINISTRANDO EL TIEMPO DE AGITACION REQUERIDO PARA ELLO.
- 4.- EL PROMOTOR DEBERA DE SUMINISTRAR DIBUJOS DEL AGITADOR DONDE SE MUESTRE, FORMA DE INSTALACION EN EL TANQUE, DIMENSIONES DE LA PLACA DE REFUERZO, ANGULO RECOMENDADO DE AGITACION.
- 5.- EL PROMOTOR DEBERA DE SUMINISTRAR EL MOTOR DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS, ADECUADO PARA RECIBIR UNA SEÑAL DE 4-20 MILIAMPERES PARA REGULAR SU VELOCIDAD Y POR CONSIGUIENTE EL FLUJO MANEJADO.
- 6.- EL PROMOTOR DEBERA SUMINISTRAR UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON COMANDO DESDE EL PLC.
- 7.- EL PROMOTOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS, CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA, ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZQUE CONVENIENTE PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA, ASI COMO LA VENDOR DATA COMMITMENT ANEJA.

REFERENCIAS					
REVISION	DESCRIPCION	POR/FECHA	APROBO	ELABORO:	MAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESIS	MAPE/28-05-04		REVISO	
				APROBO FIRMA	
				APROBO CLIENTE:	

Falta página

N° 72



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS BOMBAS DOSIFICADORAS

EQUIPO No.: BA-111 A/B

DP: 111 A	HOJA: 1
FECHA DE EMISION	DE: 2
28/05/2004	

- INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR
 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTE

APLICABLE PARA: COTIZACION COMPRAS EQUIPO CONSTRUIDO

PLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100 LUGAR:
 SERVICIO: DOSIFICACION DE POLIELECTROLITO AL CLARI-FLOCULADOR CL-100 AREA:
 No. DE BOMBAS REQ.: 2 No. MOTORES REQ.: 2 SUMINST POR: FAB. DE BOMBA MON POR: FAB. DE BOMBA
 FABRICANTE BOMBA: TAMANO Y TIPO: No SERIE:

CONDICIONES DE OPERACION

FLUIDO: SOLUCION DE POLIELECTROLITO AL 1% OPERACION: CONTINUA INTERMITENTE
 pH CAPACIDAD MAXIMA A PRESION DE SUCCION 0.012 GPM
 TEMP. BOMBEO: NORMAL 100.4 °F MAXIMA °F PRESION SUCCION NORMAL: PSIG DISEÑO: 0 PSIG
 PRESION DE VAPOR A TEMP. DE BOMBEO: 0.94 PSIA PRESION DESCARGA 38.00 PSIG
 DENSIDAD RELATIVA A TEMP. DE BOMBEO: 1.000 CARGA DIFERENCIAL: 87.78 ft
 VISCOSIDAD A TEMP. DE BOMBEO: SSU 0.68 CPS HP HIDRAULICO 0.0003
 CORROSION/EROSION MISMO FLUIDO NPSH DISPONIBLE 31.75 ft
 SOLIDOS PRESENTES: PORCIENTO EN PESO ALTURA S.N.M. ft PRESION BAR. 14.7 PSIA
 FORMA PART.: TAM. MAX. PART. MICRAS
 DENSIDAD APARENTE ABRASIVO SI NO
 GASES PRESENTES
 PORCIENTO EN VOLUMEN 100% TIPO
 COMPOSICION

CONSTRUCCION

BOQUILLAS	CANTIDAD	DIAMETRO	CLASIF. ANSI	CARA	LOCALIZACION
SUCCION PRODUCTO	1	<input type="checkbox"/>	150 #	RF	VERTICAL
DESCARGA PRODUCTO	1	<input type="checkbox"/>	150 #	RF	VERTICAL

FUNCIONAMIENTO

BHP DISEÑO
 NPSH REQ (AGUA) ft
 EFICIENCIA %
 RANGO %

CONEXIONES PARA: DREN VENTEO MANOMETRO
 TIPO: EMBOLO PISTON DIAFRAGMA
 SIMPLEX DUPLEX TRIPLEX MULTIPLEX
 ACCION: SIMPLE DOBLE
 CARCAZA: PRESION MAX. DE TRAB. PSIG TEMP. °F PRUEBA HIDROSTATICA PSIG
 CILINDROS: TIPO DIAMETRO INTERIOR IN CARRERA PRES. PRUEBA HID. PSIG
 CAMISA PRES. MAX. DE TRABAJO DESPLAZAMIENTO DEL PISTON %
 % DE CLARO EFICIENCIA VOLUMETRICA VELOCIDAD NORMAL DEL PISTON VELOCIDAD MAXIMA DEL PISTON

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POR/FECHA	APR/BO	ELABORO:	NAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE/28-5-04		REVISO:	
				APR. BO SPISA:	
				APROBO CLIENTE:	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS

BOMBAS DOSIFICADORAS

EQUIPO No.: BA-111 A/B

DP-111 B
FECHA DE EMISION
28/05/2004

HOJA: 2
DE: 2

TRANSMISION: FABRICANTE TIPO

TAMBAÑO RELACION REDUCCION DE VELOCIDAD

EFICIENCIA MECANICA %

LUBRICACION: ANILLO ACEITE INUNDADO NEBLINA ACEITE

SALPICADO FORZADO POR GRAVEDAD

EMPAQUE: FABRICANTE INDICAR TIPO

TAMBAÑO INDICAR No. ANILLOS INDICAR

PRUEBAS E INSPECCION

- COMPORTAMIENTO SIN TESTIGO
- COMPORTAMIENTO CON TESTIGO
- HIDROSTATICA SIN TESTIGO
- HIDROSTATICA CON TESTIGO
- NPSH REQUERIDO
- INSPECCION DE FABRICACION
- DESMONTAJE E INSPECCION DESPUES DE PRUEBAS
- OTRAS:

ACCESORIOS

ABORTIGUADOR DE PULSACION: SUCCION DESCARGA

VALVULAS SUCCION: TIPO: NUMERO:

VALVULAS DESCARGA: TIPO: NUMERO:

VALVULA DE ALIVIO: INTEGRADA EN LINEA EXTERIOR

PRESION DE AJUSTE: PSIG % SOBREPRESION

LUBRICADOR DE EMPAQUE SI NO

INDICADOR DE VELOCIDAD SI NO

CONTADOR DE CARRERAS SI NO

MATERIALES

CARCAZA ACERO INOX. 316

CILINDRO ACERO INOX. 316

EMBOLO

PISTON

DIAPHRAGMA ACERO INOX. 316

PRESAESTOPA

ANILLO PRESAEST.

CAMISA

ASIEN TO DE LAS VALVULAS

TUBERIA AUXILIAR

AGUA ENFTO. CAMISA	GPM	PRESION	PSIG	TEMP.	°F
AGUA ENFTO. EMPAQUE	GPM	PRESION	PSIG	TEMP.	°F
AGUA ENFTO. TOTAL	GPM				

AGUA LIMPIEZA A CHORRO DE SELLOS GPM PRESION PSIG

OTROS REQUERIMIENTOS:

PESOS

BOMBA Kg

BASE Kg

MOTOR Kg

MOTOR

HP RPM ARMAZON VOLTS/FASES/CICLOS 220-440/3/60

FABRICANTE BALEROS BOLAS LUBRICACION GRASA

TIPO INDUCCION AISLAMIENTO F AMPERAJE A CARGA TOTAL

JANLA DE ANILLO

CARCAZA TCCV-ZIP AUMENTO DE TEMP. °F

AMPERAJE A ROTOR BLOQUEADO

MOTOR

PRESION DE VAPOR PSIG TEMPERATURA °F SOBRECALENTAMIENTO DEL VAPOR °F

CONTRAPRESION PSIA GASTO DE VAPOR Lb/h MAXIMA VELOCIDAD DEL PISTON PPM

LUBRICANTE DEL LADO DEL VAPOR

NOTAS:

- EL FLUIDO MANEJADO ES UNA SOLUCION DE POLIET. ECTROLITO AL 1% EN PESO
- EL PROVEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA, ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZGUE CONVENIENTE (CATALOGOS, DIBUJOS DIMENSIONALES, TANTO DE LA BOMBA-MOTOR, COMO DE LA VALVULA DE ALIVIO, DATOS DE CORROSION PARA EL MATERIAL RECOMENDADO, ETC), PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA.
- EL PROVEEDOR SERA RESPONSABLE DE QUE TODO EL PAQUETE DE DOSIFICACION FUNCIONE ADECUADAMENTE.
- EL PROVEEDOR DEBERA SUMINISTRAR EL VARIADOR DE VELOCIDAD PARA EL MOTOR DE ESTAS BOMBAS CON SEÑALIZACION AL CONTROL DISTRIBUIDO

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POR / FECHA	APROBO:	ELABORO:	NAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE/28-5-04			
				REVISO:	
				API OBO FIRMA:	
				APROBO CLIENTE:	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.:

HOJA DE DATOS
AGITADORES

EQUIPO No.:

AG- 111

AG - 111 A

NOJA: 1 1

FECHA DE EMISION

DE: 2 2

28/05/2004

 INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR COMPRADOR INDICA INFORMACION PROPORCIONADA POR FABRICANTEAPLICABLE PARA: COTIZACION COMPRAS EQUIPO CONSTRUIDOPLANTA: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA CB-100
SERVICIO: DISOLUCION DE POLIELECTROLITO EN AGUA

LOCALIZACION:

AREA:

CANTIDAD REQUERIDA: UNO

EQUIPO NO.: AG-111

FABRICANTE: MODELO: TIPO: PORTATIL ENTRADA LATERAL ENTRADA SUPERIOR

CONDICIONES DE OPERACION

OPERACION: CONTINUA POR LOTES

MATERIALES A SER MEZCLADOS:

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO	GRAVEDAD ESPECIFICA	VISCOSIDAD (cp)	TEMPERATURA (°F)
AGUA	99	1.0	0.68	100 NORMAL/104 MAXIMO
POLIELECTROLITO	1			100 NORMAL/104 MAXIMO

VER NOTA 1.

MEZCLA FINAL: SOLUCION DE POLIELECTROLITO AL 1% EN PESO

SOLIDOS: NO HAY SOLUBLES INSOLUBLES ABRASIVOS CRISTALINOS ESPUMOSOS

MEZCLA: Lb/gal GRAVEDAD ESPECIFICA: 1 TAMAÑO DE PARTICULA VELOC. ASENTAMIENTO:

CLASE DE AGITACION: MEZCLADO DISOLUCION Y HOMOGENIZACION EMBULSIFICACION TRANS. DE CALOR DISPERSION GASEOSAGRADO DE AGITACION: LIGERO MEDIO VIOLENTOFORMACION DE ESPUMA: SI NOCICLO: (VER NOTA 2) POR LOTES: MINIMO 136 L NORMAL 544 L MAXIMO 612 L CONTINUO: FLUJOOPERACION DEL AGITADOR DURANTE EL LLENADO SI NO (SE INICIARA EL MEZCLADO DESPUES DE HABER DOSIFICADO EL AGUA Y EL ALUMBRIO)SECUENCIA DE LLENADO: 1.- SE RECIBE EL AGUA EN EL TANQUE.
2.- SE INTRODUCEN EL POLIELECTROLITO
3.- SE PRINDECE A REALIZAR LA MEZCLA PONIENDO EN OPERACION LOS AGITADORES

RECIPIENTES

CLAVE: TV-111 HORIZONTAL VERTICAL CAPACIDAD: 100 LITROS. (NOMINAL) TAPA ABIERTA TAPA CERRADA

DIMENSIONES: DIAMETRO INTERNO 0.793 R LARGO 0.793 R (TANGENTE - TANGENTE)

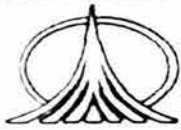
TAPA TIPO: PLANA BRIDADA Y ABOMBADA CONICA SEMI-EPTICA 2:1FONDO TIPO: PLANO BRIDADA Y ABOMBADA CONICO SEMI-EPTICA 2:1

PRESION DE DISEÑO ATMOSFERICO PSIG TEMPERATURA DE DISEÑO: DE ACUERDO A CODIGO API 650

NUMERO DE BAFLES NO ANCHO IN LARGO IN

REFERENCIAS

REVISION	DESCRIPCION	POB/FECHA	APROBO	ELABORO:	NAPE
0	EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA	NAPE/28-5-04		REVERO:	
				EXPROBO FINAL:	
				APROBO CLIENTE:	



SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA ALIMENTACION A CALDERA

REQUISICION No.

HOJA DE DATOS
AGITADORES

EQUIPO No. AG-111

AG-111 B
FECHA DE EMISION
28-05-2004HOJA: 2
DE: 2

MATERIALES DE CONSTRUCCION

RECIPIENTE: ACERO INOX. TIPO 316 FLECHA: AC. INOXIDABLE TIPO 316 IMPULSOR: ACERO INOX. TIPO 316
BRIDAS DE MONTAJE: ACERO INOX. TIPO 316 CAJA DE EMPAQUES: AC. INOX. TP. 316
RODAMIENTO: EMPAQUE: NO SELLO MECANICO* SI
OTRAS PARTES MOJADAS: ACERO INOXIDABLE

* EL PROVEEDOR INCLUIRA ADITAMENTO PARA REEMPLAZO DE SELLOS Y RODAMIENTOS CON TANQUE LLENO.

SELECCION

FABRICANTE: MODELO:
TAMANO REQUERIDO DE BRIDA PARA MONTAJE DEL AGITADOR:
CLASIFICACION: 150 # CARA: R.F.
LOCALIZACION DEL AGITADOR EN EL RECIPIENTE: BOQUILLA EN LA TAPA DIAMETRO DE LA BOQUILLA: INDICAR ANGULO: (VER NOTA 3)
CLASIFICACION DE LA BOQUILLA: 150 # P.F.

DISEÑO

IMPULSOR: UNO DIAMETRO: TIPO: PROPELA NUMERO DE ASPAS: RPM:
TIPO DE IMPULSOR: ESTATICA E HIDRAULICAMENTE BALANCEADO TIPO DE SOPORTE AL TANQUE: AUTOSOPORTADO.
BHP NORMALES (EXCLUYENDO TRANSMISION)
REDUCTOR DE VELOCIDAD: INCLUIR TIPO: SIMPLE
SELLO DE LA FLECHA EMPAQUE: MECANICO
LIQUIDO DE SELLO: AUTOLUBRICADO LUBRICACION CAJA DE ENGRANES: ACEITE
FLECHA: DIAMETRO EXTERIOR: IN LONGITUD DESDE BRIDA DE MONTAJES: IN
ACOPLAMIENTO DE FLECHA: TIPO: DIRECTO MEDIANTE REDUCTOR DE VELOCIDAD
TRANSMISION: FABRICANTE: TIPO: AGMA CLASS II
TAMANO: RELACION DE REDUCCION: H.P. NOMINALES: BHP MAX.:
EFICIENCIA MECANICA: % NUMERO DE REDUCCIONES: SALIDA: RPM:
FACTOR DE SERVICIO: 1.5 MINIMO VIDA UTIL DE LOS RODAMIENTOS: 16,000 HRS. MINIMO

MOTOR ELECTRICO

FABRICANTE: TIPO: INDUCCION JAULA DE AROILLA VELOCIDAD:
POTENCIA: H.P. VOLTS: 440/220 FASES: 3 CICLOS: 60
FACTOR DE SERVICIO: 1.15 ARMAZON: TCCV-XP

OBSERVACIONES

- 1.- SE REQUIERE OPERACION POR LOTES PARA UN SERVICIO DE MEZCLADO Y HOMOGENIZACION.
- 2.- EL PROVEEDOR DEBERA DE RECOMENDAR: ALTURA, ANGULO DE POSICION, DIAMETRO DEL IMPULSOR Y LOCALIZACION, TOMANDO EN CUENTA PARA ESTO LA LOCALIZACION Y EL NUMERO DE BOQUILLAS QUE TIENE EL TANQUE (VER SKETCH ANEXO).
- 3.- EL PROVEEDOR DEBERA DE SUMINISTRAR UNA COPIA DE ESTAS HOJAS DE DATOS CON LA INFORMACION DEBIDAMENTE COMPLEMENTADA ASI COMO TODA LA INFORMACION QUE JUZGUE CONVENIENTE (CATALOGOS, DIBUJOS DIMENSIONALES, DIBUJOS DONDE SE MUESTRE LA FORMA DE MONTAJE ETC) PARA LA CORRECTA EVALUACION DE SU OFERTA.
- 4.- EL PROVEEDOR DEBERA DE COTIZAR POR SEPARADO UN LOTE DE PARTES DE REPUESTO PARA 2 AÑOS DE OPERACION NORMAL.

REFERENCIAS

REVISION

DESCRIPCION

POR / FECHA

APROBO:

ELABORO:

NAPE

0

EMITIDO COMO EJEMPLO PARA TESINA

NAPE/28-5-04

REVISO:

APRUBO FIRMA

APROBO CLIENTE.

Capítulo III.- Filtración

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo III

III.1.1.- Fundamentos de la Filtración

Descripción: La filtración es el método mediante el cual se eliminan los materiales suspendidos, turbidez, neutralización, eliminación de Hierro y Manganeso, así como la retención de orgánicos suspendidos. Generalmente los pretratamientos inician con un proceso de filtración, conocido con el nombre de tamizado, el cual es un proceso de separación de sólidos en suspensión dentro de líquidos. Esta separación se realiza de un modo rápido, sin aporte de energía, con ausencia casi absoluta de mantenimiento y en unas condiciones que hacen el transporte de estos sólidos más fácil que en cualquier otro sistema, ya que salen escurridos. Las funciones principales que desarrolla son las siguientes:

- Deshidratación
- Recuperación
- Separación
- Depuración
- Concentración

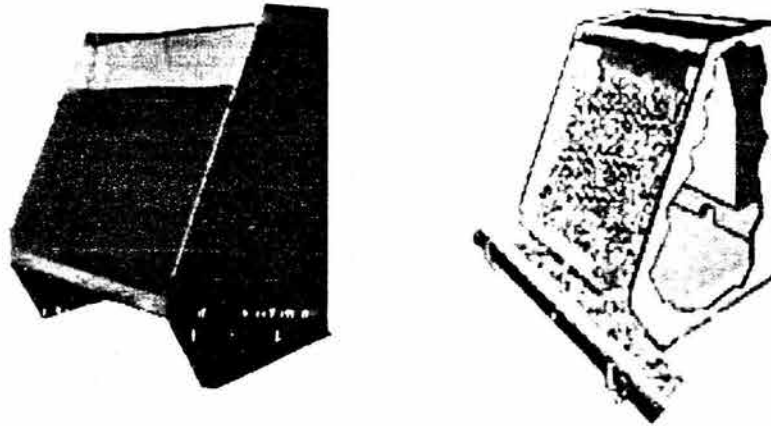
Esta operación se puede llevar a cabo con filtros del tipo: tamiz, filtros de arena, filtros de arena antracita, filtros a presión, etc. La selección del tipo de equipo mas adecuado para usar, se analiza en cada caso específico. Así por ejemplo, si lo que se pretende separar del agua son sólidos de gran tamaño o basura, con utilizar un tamiz es suficiente.

Los filtros a presión son el tipo preferido para muchas aplicaciones industriales, porque ellos tienen cuerpos de mas baja altura , no necesitan rebombeo, por lo que pueden operarse a una pérdida de presión mayor y por consiguiente pueden operarse mucho más tiempo entre retrolavados sucesivos y pueden operar a flujos más altos.

Los filtros de gravedad son el tipo preferido en plantas grandes, porque los recipientes pueden hacerse de concreto, pueden ser de forma rectangular y pueden construirse con paredes comunes entre ellos. Las autoridades competentes de salud normalmente deben aprobar los diseños de filtros en una planta propuesta cuando el agua filtrada se use para beber. Ellas prefieren el tipo de filtros a gravedad, porque pueden funcionar con sólo la presión proporcionada por la profundidad del agua sobre la cama ("cabeza de gravedad") y por consiguiente ayuda a prevenir flujos rápidos que podrían arrastrar materia suspendida, bacterias, etc.

Algunos ejemplos de tamices se muestran en la Figura No. 6:

Figura No. 6 Tamices para el filtrado de líquidos



Las principales características de los tamices son:

- Autolimpiante, los sólidos caen por sí mismos.
- Sin obstrucciones, el flujo es paralelo.
- Ausencia de mantenimiento, construido totalmente en acero inoxidable.
- Sin consumo de energía, no hay partes móviles.
- Reutilización de sólidos, sólidos escurridos.
- Fácil instalación.

Para el ejemplo que estamos estudiando se utilizará un filtro de gravedad, de arena. Los filtros de gravedad son hechos en tres tipos básicos: de concreto, de acero y de madera. En nuestro caso consideraremos un filtro de arena construido en concreto reforzado. Este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de un tanque con diferentes grosores o calibres de arena sílice (Arena de mar), antracita y otros medios filtrantes. Este proceso es generalmente el primero de toda la secuencia de purificado, es un trabajo mecánico para remover todas las partículas suspendidas en el agua, tiene la ventaja que es sumamente económico, ya que requiere muy poco mantenimiento (cambiar cada dos años).

Este proceso equivale a un filtrado de 20-15 micras, por lo que al pasar por este proceso, el agua no debe tener sustancias a la vista del ojo humano. El equipo requiere continuamente hacer un retrolavado, es decir hacer pasar el agua en sentido inverso.

La operación de los filtros esta basado en la filtración de 2- 3 GPM. /Ft² y flujos de retrolavado de 12 – 15 GPM. /Ft²; así mismo, el medio filtrante es grava y arenas

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo III

silices con diferentes tamaños. Todos los filtros cuentan con una válvula de seguridad para descargar el excedente de presión en caso de no realizar el retrolavado al filtro

Los filtros a gravedad pueden ser redondos pero preferentemente son cuadrados o rectangulares, con anchos de 5 a 15 Ft y de 5 a 30 Ft de longitud. La altura usualmente es de 10 a 14 Ft, aunque alturas hasta 16 Ft pueden usarse si se requieren corridas prolongadas del filtro.

Las camas en filtros de gravedad son similares a las de los filtros a presión verticales. Debajo del tope de los filtros un serie de artesas de lavado paralelas a aproximadamente 5 Ft del centro coleccionan el efluente del lavado uniformemente. Las artesas son lo bastante altas sobre la cama (normalmente 20 Ft) para evitar pérdida de material filtrante en el retrolavado. El dren bajo se ha hecho en muchos diseños, pero uno barato es el sistema de cabezal lateral similar al usado en filtros de presión. El cabezal puede hacerse de concreto y los laterales perforados de asbesto -cemento (en lugar de acero), para que ellos no se corroan.

Indicadores de pérdidas de presión y de flujo son frecuentemente usados. Los controladores de flujo en las salidas individuales también son a menudo incluidos; ellos mantienen velocidades constantes de flujo a través de cada unidad cuando las pérdidas de presión se incrementan durante la corrida. Previniendo variaciones repentinas en las velocidades de flujo, evitando tirar la materia suspendida, contenida en la cama del filtro, en el efluente. También pueden proporcionarse controladores automáticos para el retrolavado.

El filtro de gravedad se muestra en la figura No. 7.

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo III

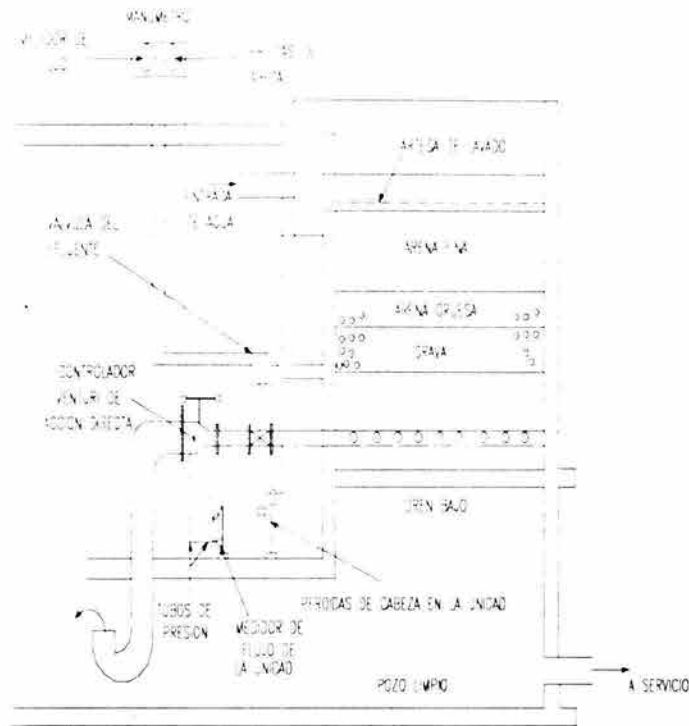


Figura No. 7 Filtro de gravedad (de arena)

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo III**

III.1.2.- MEMORIA DE CALCULO DE LOS FILTROS DE ARENA:

Criterios para el diseño:

- 1.- Se considerará que se instalarán 6 filtros, 5 de los cuales estarán en operación y 1 en retrolavado, esto con la finalidad de tener una operación continua en la operación de filtrado de agua, sin tener altas caídas de presión en el sistema total de filtrado.
- 2.- Se considerará una velocidad de filtración igual a 2.5 GPM/Ft², (punto medio de las velocidades de filtración recomendadas en la literatura)
- 3.- Se considerará que se tendrá una relación de largo/ancho igual a 1.5

Con estas consideraciones, las dimensiones de los filtros serán:

Para flujo normal: 4500 GPM

$$\text{Flujo manejado por cada filtro} = \frac{4500 \text{ GPM}}{5} = 900 \text{ GPM}$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = \frac{\text{Flujo manejado por filtro (GPM)}}{\text{Velocidad de filtración (GPM/Ft}^2\text{)}}$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = \frac{900 \text{ GPM}}{2.5 \text{ GPM/Ft}^2} = 360.00 \text{ Ft}^2 = 33.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Largo} = 1.5 \times \text{Ancho}$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = 1.5 \times \text{Ancho}^2$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = \left[\frac{\text{Área mínima requerida en cada filtro}}{1.5} \right]^{0.5}$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = \left[\frac{360}{1.5} \right]^{0.5}$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = 15.49 \text{ Ft} \quad \text{redondeando:}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo III

$$\text{Ancho del filtro} = 15.5 \quad \text{Ft} = 4.72 \text{ m}$$

$$\text{Largo del filtro} = 1.5 \times \text{Ancho} = 1.5 \times 15.5 = 23.25 \quad \text{Ft.} \quad \text{redondeando:}$$

$$\text{Largo del filtro} = 23.5 \quad \text{Ft} = 7.16 \text{ m}$$

$$\text{Área real del filtro} = 15.5 \times 23.5 = 364.25 \quad \text{Ft}^2 = 33.84 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad de filtración real} = \frac{\text{Flujo manejado por filtro}}{\text{Área real del filtro}} = \frac{900 \text{ GPM}}{364.25 \text{ Ft}^2}$$

$$\text{Velocidad de filtración real} = 2.47 \text{ GPM/FT}^2$$

$$2 < 2.47 > 3$$

Por lo tanto, las dimensiones del filtro son adecuadas

$$\text{Para flujo máximo:} \quad 6000 \text{ GPM}$$

$$\text{Flujo manejado por cada filtro} = \frac{6000 \text{ GPM}}{5} = 1200 \text{ GPM}$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = \frac{1200 \text{ GPM}}{2.5 \text{ GPM/Ft}^2} = 480.00 \text{ Ft}^2 = 44.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Área mínima requerida en cada filtro} = 1.5 \times \text{Ancho}^2$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = \left[\frac{\text{Área mínima requerida en cada filtro}}{1.5} \right]^{0.5}$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = \left[\frac{480}{1.5} \right]^{0.5}$$

$$\text{Ancho mínimo requerido} = 17.39 \text{ Ft,} \quad \text{redondeando:}$$

$$\text{Ancho del filtro} = 18 \quad \text{Ft} = 5.49 \text{ m}$$

$$\text{Largo del filtro} = 1.5 \times \text{Ancho} = 1.5 \times 18 = 27 \quad \text{Ft:}$$

$$\text{Área real del filtro} = 18 \times 27 = 486 \quad \text{Ft}^2 = 45.15 \text{ m}^2$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo III

$$\text{Velocidad de filtración real} = \frac{\text{Flujo manejado por filtro}}{\text{Área real del filtro}} = \frac{1200 \text{ GPM}}{486 \text{ Ft}^2}$$

$$\text{Velocidad de filtración real} = 2.47 \text{ GPM/FT}^2$$

$$2 < 2.47 > 3$$

Por lo tanto, las dimensiones del filtro son adecuadas y son las que se solicitarán para el diseño de los filtros

CALCULO DE LOS FLUJOS DE AGUA DE RETROLAVADO:

Considerando un tiempo de retrolavado igual a 5 minutos, el volumen total requerido para el retrolavado, será:

Para una velocidad de retrolavado igual a 12 GPM/Ft²

Flujo de agua de retrolavado = Área del filtro x velocidad de retrolavado

$$\text{Flujo de agua de retrolavado} = 486 \text{ Ft}^2 \times 12 \text{ GPM/Ft}^2$$

$$\text{Flujo de agua de retrolavado} = 5832.00 \text{ GPM}$$

Volumen retrolavado = Flujo de agua de retrolavado x tiempo de retrolavado

$$\text{Volumen retrolavado} = 5832 \text{ GPM} \times 5 \text{ minutos}$$

$$\text{Volumen retrolavado} = 29,160 \text{ GALONES} = 3,898.15 \text{ Ft}^3 = 110.38 \text{ m}^3$$

Para una velocidad de retrolavado igual a 15 GPM/Ft²

$$\text{Flujo de agua de retrolavado} = 486 \text{ Ft}^2 \times 15 \text{ GPM/Ft}^2$$

$$\text{Flujo de agua de retrolavado} = 7290.00 \text{ GPM}$$

$$\text{Volumen retrolavado} = 7290 \text{ GPM} \times 5 \text{ minutos}$$

$$\text{Volumen retrolavado} = 36,450 \text{ GALONES} = 4,872.68 \text{ Ft}^3 = 139.98 \text{ m}^3$$

Considerar 36,500 Galones, para el retrolavado de cada uno de los filtros

Altura alcanzada por el agua durante el retrolavado = $\frac{\text{Volumen de retrolavado}}{\text{Área del filtro}}$

$$\text{Altura alcanzada por el agua durante el retrolavado} = \frac{4,872.68 \text{ Ft}^3}{486 \text{ Ft}^2}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo III

Altura alcanzada por el agua durante el retrolavado = 10.03 Ft = 3.06 m.
Tomaremos = 3 m = 9.84 Ft

Volumen total de agua para retrolavado = Área del filtro x Altura

Volumen total de agua para retrolavado = $486 \text{ Ft}^2 \times 9.84 \text{ Ft}$

Volumen total de agua para retrolavado = $4,783.46 \text{ Ft}^3 = 135.45 \text{ m}^3 = 35,782.61 \text{ Galones}$

CALCULO DEL VOLUMEN DE ARENA REQUERIDO

De acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes la altura normal de la cama de arena es de 2 Ft

Volumen total de arena requerido = Área del filtro x altura de arena

Volumen total de arena requerido = $486 \text{ Ft}^2 \times 2 \text{ Ft} = 972 \text{ Ft}^3 = 90.3 \text{ m}^3$

El filtro quedaría:

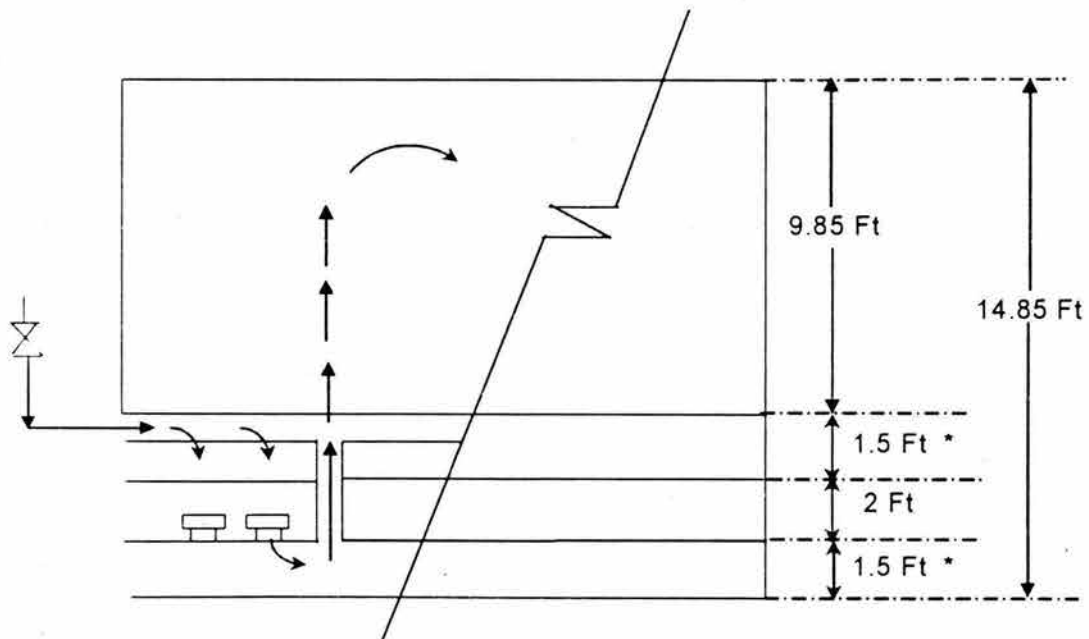


Figura No. 8 Dimensiones del Filtro de Arena

* Alturas recomendadas por los fabricantes de los equipos

DISTRIBUIDOR DE AGUA

Considerando un diámetro de cabezal igual a 16 in, laterales de 4 in de diámetro, con orificios de ¼ in de diámetro y 8 laterales por filtro (de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de este tipo de equipos), tendremos:

Si el tubo utilizado para fabricar el cabezal es de cédula 40 se tiene un diámetro externo igual a 16 in

$$\text{Área del cabezal} = \frac{\pi}{4} \times \text{diámetro interno}^2$$

$$\text{Área del cabezal} = \frac{\pi}{4} \times 16^2$$

$$\text{Área del cabezal} = 201.06 \text{ in}^2$$

Considerando que los laterales se formarán con tubería cédula 40 (por ser esta la tubería estándar), se tiene un diámetro externo igual a 4.026 in

$$\text{Área de cada lateral} = \frac{\pi}{4} \times \text{diámetro interno}^2$$

$$\text{Área de cada lateral} = \frac{\pi}{4} \times 4.026^2 = 12.73 \text{ in}^2$$

$$\text{Área de cada orificio} = \pi \times \text{diámetro del orificio}^2$$

$$\text{Área de cada orificio} = \pi \times 0.25^2$$

$$\text{Área de cada orificio} = 0.196 \text{ in}^2$$

NÚMERO DE ORIFICIOS POR LATERAL:

$$\text{Número de orificios x lateral} = \frac{\text{Área de cada lateral}}{\text{Área de cada orificio}}$$

$$\text{Número de orificios x lateral} = \frac{12.73 \text{ in}^2}{0.196 \text{ in}^2} = 64.95 \text{ redondeando:}$$

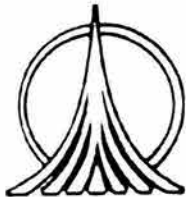
**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo III

Número de orificios x lateral = 65

Flujo manejado por cada lateral = $\frac{\text{Flujo manejado por filtro}}{\text{Número de laterales}}$

Flujo manejado por cada lateral = $\frac{1200 \text{ GPM}}{8}$

Flujo manejado por cada lateral = 150 GPM



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

**III.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE
FILTROS DE GRAVEDAD**

HOJA: 1
DE: 3

SERVICIO: Eliminación de la turbidez del agua tratada en el reactor clarifloculador CL-100

1. **CANTIDAD DE EQUIPOS:** 6 Seis (5 estarán en operación y 1 en retrolavado)

2. **CLAVE(S) DEL (LOS) EQUIPO (S)** FL-100 A/B/C/D/E/F

3. **CAPACIDAD DEL EQUIPO**

Normal = 900 GPM

Máximo = 1200 GPM

4. **TIPO**

Gravedad y operación semiautomática - manual con almacenamiento de agua de retrolavado

5. **PROCEDENCIA DEL AGUA**

Salida del clarifloculador

6. **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

Turbidez a la Entrada 10 PPM O U.T.J.*

Turbidez a la Salida 0.2 PPM O U.T.J.*

7. **PRESION DE ENTRADA** 30 Psig

8. **MATERIALES DE CONSTRUCCION**

Cuerpo Ac. al Carbón A-516 Gr 70
Distribuidor colector Ac. Inoxidable tipo 316 (cabezal y laterales)
Elementos Johnson Ac. Inoxidable tipo 316

9. **ACCESORIOS MINIMOS INCLUIDOS:**

Elementos Johnson (coladeras)
Arena
Registros de hombre
Falso fondo
Cabezal de distribución y laterales
Los juegos de puente y escalera (uno por cada batería de 3 filtros)



PLANTA:	FECHA DE EMISION
CLIENTE:	
III.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE FILTROS DE GRAVEDAD	
	HOJA: 2 DE: 3

10. SISTEMAS DE INSTRUMENTACION

El proveedor deberá incluir en su cotización como mínimo lo siguiente:

Sistema de alarmas para cada filtro

* U.T.J. = Unidades de Turbidez Jackson (numéricamente es igual a las ppm)

11. TUBERIAS, VAVULAS Y CONEXIONES

Se suministrará toda la tubería, válvulas y conexiones correspondientes a cada equipo, así como la interconexión entre éstos

12. LOTE DE PARTES DE REPUESTO PARA DOS AÑOS DE OPERACIÓN, LA CUAL MINIMO DEBERA DE INCLUIR LO SIGUIENTE:

400 Elementos Johnson

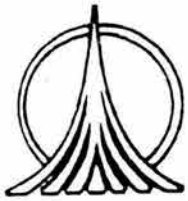
NOTAS:

- 1.- El fabricante deberá cumplir con la documentación de embarque .
- 2.- El fabricante deberá entregar junto con los dibujos de cada uno de los equipos y componentes que compongan el sistema propuesto, los instructivos de operación y mantenimiento para revisión y una vez aprobados éstos, deberá de entregar por lo menos 3 copias (una para el cliente, otra para la firma y la última para tenerla en los archivos de la planta), de éstos junto con los "Dossier's" de calidad del equipo.

El fabricante al cotizar deberá desglosar sus precios en los siguientes conceptos:

- a) Filtro
- b) Arena
- c) Precio unitario del Elemento Johnson
- d) Sistema de Alarmas (por filtro)
- e) Tuberías, válvulas y conexiones requeridas por filtro
- f) Partes de repuesto

- 3.- El fabricante deberá de indicar claramente las desviaciones que tenga a estas especificaciones suministrando además el soporte técnico que avale los cambios que proponga de acuerdo a lo cotizado.



PLANTA:	FECHA DE EMISION
CLIENTE:	
III.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE FILTROS DE GRAVEDAD	
	HOJA: 3 DE: 3

- 4.- El fabricante deberá presentar el diagrama de la unidad que proponga, incluyendo todas las condiciones de operación, así como el consumo de reactivos y servicios auxiliares que requiera la unidad para operar satisfactoriamente.
- 5.- El fabricante deberá presentar un arreglo preliminar del equipo cotizado.

El fabricante deberá cotizar para el equipo nacional, el costo en moneda nacional y L.A.B. En sitio de la obra, y para el equipo de importación el costo en dólares y L.A.B. en frontera o puerto mexicano, mas cercano al sitio de la obra.
- 6.- Los fabricantes deberrán anexar las memorias de cálculo de los equipos, de no entregar estas memorias, no se tomará en cuenta su oferta.

Capítulo IV.- “Desmineralización”

IV.1.1 Fundamentos de la Desmineralización

Descripción: La desmineralización es el proceso mediante el cual se removerán las impurezas minerales iónicas presentes en el agua.

Para llevar a cabo la desmineralización se utilizan las resinas de intercambio iónico, las cuales tienen la capacidad de eliminar selectivamente los iones **disueltos**, mantenerlos temporalmente unidos en combinación química, y cederlos de nuevo frente a una solución de regenerante. Las resinas se comportan como un electrolito cualquiera, con la particularidad que todos los grupos reactivos están unidos a un polímero insoluble que forma la matriz de la resina. La acción de intercambio iónico es una reacción reversible. Si designamos a la resina por [R] podemos escribir:



y aplicando la ley de acción de masas se obtiene un coeficiente de selectividad (equivalente a la constante de equilibrio):

$$K_r = (A) \cdot ([R]B) / ([R]A) \cdot (B)$$

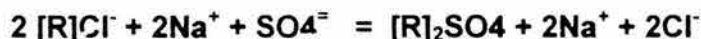
Que no es exactamente una constante sino que depende de las condiciones experimentales. Aunque la resina tome con preferencia unos iones (A) frente a otros iones (B), al tratarse de una reacción reversible podemos invertir esta tendencia aumentando la concentración de (B) muy por encima de la de (A), este es el fundamento de la regeneración de las resinas.

Sus características principales son las siguientes:

- * Actúan selectivamente, de forma que pueden preferir un ión sobre otro con factores relativos de afinidad de 15 o más.
- * La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir puede avanzar en dos sentidos.
- * En la reacción se mantiene la electroneutralidad. Un ión simple se intercambiará por otro ión simple. Por ejemplo:



y, similarmente, un ión bivalente necesitará dos iones monovalentes para realizar el intercambio:



Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

La capacidad teórica de intercambio de una resina es la cantidad de grupos ionogenicos por unidad de peso o de volumen. Dado que las resinas se hinchan y contraen según la forma iónica, la referencia al peso es mucho más constante, pero se suele usar la capacidad volumétrica de la forma completamente hinchada, expresada en meq/litro. La capacidad aparente es un valor práctico que indica cuántos iones de la solución pueden ser captados realmente bajo las condiciones específicas de operación. La capacidad aparente de una resina catiónica para el Na^+ por ejemplo, depende del pH de la solución, de la concentración de Na^+ en la solución y del nivel de regeneración o volumen de regenerante empleado. Pero, además, situada en el recipiente de intercambio, dependerá de la fuga de ión Na^+ que se considere admisible. Es importante considerar que los vertidos de la regeneración son corrosivos y en general, aún después de mezclarlos, se precisará una neutralización previa al envío del efluente como vertido.

Principales tipos de resinas

La mayoría de las resinas empleadas hoy en día son sintéticas, basadas en un copolímero de estireno-divinilbenceno, tratado apropiadamente para agregarle los grupos funcionales. La sulfonación da lugar a resinas catiónicas y la aminación a resinas aniónicas. Algunas resinas tienen una matriz acrílica en lugar de estirénica, u otros grupos polimerizados (epoxi, etc.).

Existen cuatro tipos principales:

- Catiónica fuerte (CF),
- Catiónica débil (CD),
- Aniónica fuerte (AF) y,
- Aniónica débil (AD).

La diferencia más importante es que las resinas fuertes operan a cualquier pH, pero tienen una capacidad más limitada que las débiles y deben regenerarse más frecuentemente. Su regeneración es ineficiente e implica un alto costo por la gran cantidad de regenerante requerida. En cambio, las resinas de carácter débil, además de mayor capacidad, se regeneran casi estequiométricamente, es decir, con un exceso mínimo de regenerante, pero operan dentro de pH limitados y no captan todos los iones.

Resinas catiónicas fuertes

Son capaces de eliminar todos los cationes del agua. Presentan máxima selectividad para los cationes trivalentes, intermedia para los bivalentes e inferior para los monovalentes. Las resinas catiónicas aguantan temperaturas altas de más 100 grados centígrados.

Resinas catiónicas débiles

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Captan el calcio y magnesio de la alcalinidad bicarbonatada, liberando ácido carbonico, que se puede eliminar de forma simple y barata por desgasificación mediante aeración. No operan a pH inferior a 7. Su capacidad es aproximadamente el doble de la catiónica fuerte y, aunque su fuga de calcio es baja, es alta en sodio. Incluso se puede emplear en su regeneración el exceso de ácido usado en la regeneración de la catiónica fuerte. También son más resistentes a los oxidantes como el cloro.

Resinas aniónicas fuertes

Son capaces de eliminar todos los aniones de ácidos débiles o fuertes operando a cualquier ph. Su selectividad para los aniones bivalentes es superior a los monovalentes. Son menos estables que las homólogas catiónicas, su duración bastante inferior y resisten temperaturas límites inferiores. Absorben irreversiblemente los ácidos húmicos de descomposición vegetal, perdiendo capacidad. Para su protección se puede usar una columna previa de resina aniónica débil o de carbón activo. Las resinas del tipo I eliminan mucho mejor la sílice y dan más calidad de agua pero también son más difíciles de regenerar. Las temperaturas máximas que resisten van de 35 a 60 grados centígrados.

Resinas aniónicas débiles

Eliminan los aniones de los ácidos fuertes, Cl^- , SO_4^- , NO_3^- , pero no los de los ácidos débiles, CO_3^- , CO_3H^- , $SiOH^-$, y no funcionan a pH superior a 6. Su capacidad es el doble de las aniónicas fuertes y resisten el ensuciamiento orgánico. Aunque no eliminan el carbónico o la sílice, son útiles situadas después de una catiónica fuerte para disminuir el costo de los regenerantes utilizados y proteger las aniónicas fuertes de la materia orgánica, y hasta eliminar color del agua.

Las resinas son plásticos, polímeros activados, desarrollados desde hace aproximadamente 50 años para intercambiar iones. Más del 90% de las resinas corresponden a polímeros de estireno o acrílico, formados por largas cadenas. Estas cadenas se cruzan luego con un monómero (generalmente divinilbenceno), formando un copolímero (resultante del cruzamiento, por ejemplo, entre estireno y divinilbenceno), que toma la forma de una malla reticulada o matriz del copolímero.

A mayor "cruzamiento" o crosslinking, menores son los "agujeros" que quedan en la matriz que podrían retener el agua. De manera que al aumentar el cruzamiento disminuye la capacidad de retención de humedad.

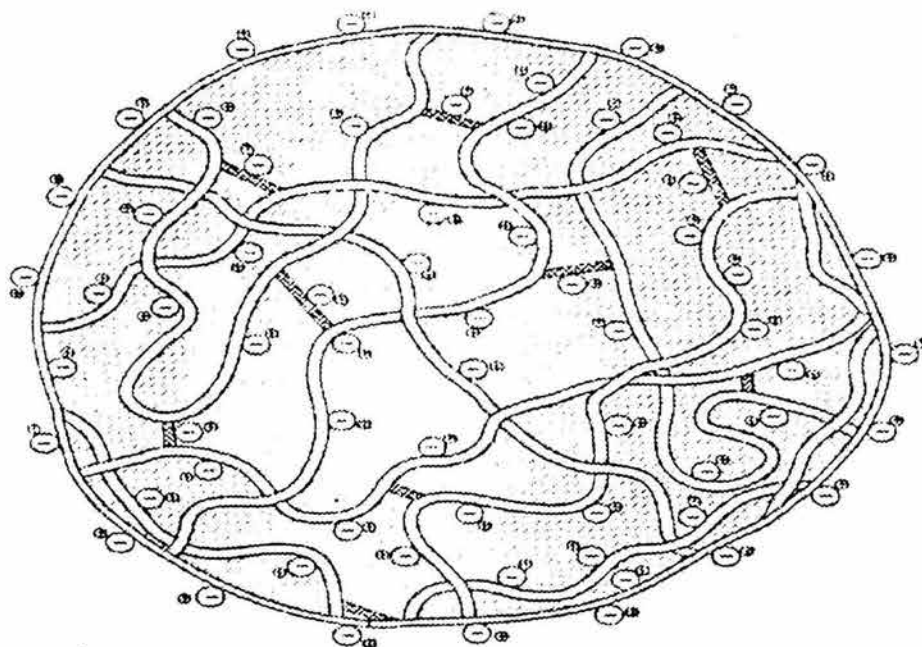
Esta descripción elemental se adapta perfectamente a las resinas estándar catiónicas. Son resinas fuertes de tipo gel que se usan para ablandar agua o decationizarla.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Cuando las resinas son macroporosas, la matriz que se forma al realizar el cruzamiento presenta discontinuidades, como si fuera un queso gruyere, que dan lugar a la porosidad.

La figura No. 9 muestra esquemáticamente lo anterior.



- ⊖ SITIO DE INTERCAMBIO CARGADO NEGATIVAMENTE FIJO
- ⊕ SITIO DE INTERCAMBIO CARGADO POSITIVAMENTE MOVIL
- CADENA DE POLIESTIRENO
- ▬ CRUZAMIENTOS DE DIVINILBENCENO
- ~ AGUA DE HIDRATACION

Figura No. 9 Esquema de una resina hidratada de intercambio catiónico

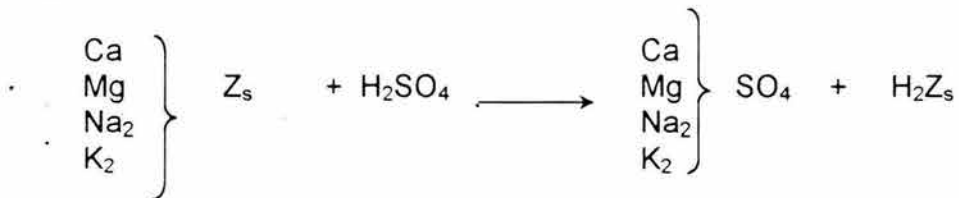
Para la desmineralización del agua, se utilizan diferentes combinaciones de estos tipos de resina, las cuales se emplean dependiendo de las necesidades de calidad de agua a obtener, estos son algunos de los principales:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

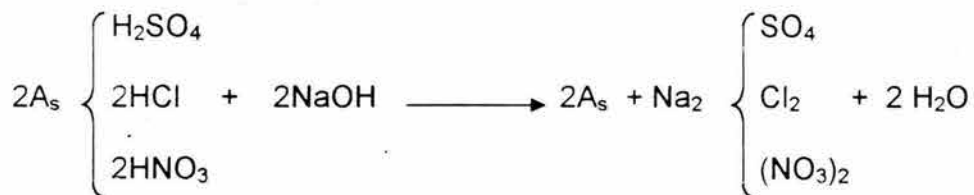
Capítulo IV

1. Doble columna, se llama así al tren de intercambio compuesto por una columna conteniendo resina catiónica y otra columna conteniendo resina aniónica.
2. Triple columna se llama así al tren de intercambio compuesto por una columna conteniendo resina catiónica, otra columna conteniendo resina aniónica y otra tercera conteniendo ambas.
3. Lecho mixto, es cuando en una misma columna se tiene resina catiónica y resina aniónica. Este tipo de arreglos se utiliza cuando se requiere calidades superiores de agua. Con el lecho mixto final se consiguen calidades de agua con conductividades inferiores a 1 microsiemens, y concentraciones de sílice entre 0,001 y 0,005 ppm.

Debido a que la resina catiónica lleva a cabo el intercambio de cationes por medio de los iones de hidrógeno, ésta se regenera con ácido, el cual puede ser clorhídrico o sulfúrico, lo más recomendable es emplear ácido sulfúrico, de tal forma de eliminar los cationes captados por la resina, como sulfatos, de acuerdo a la siguiente ecuación:



En forma similar la resina aniónica se regenera con sosa cáustica, la cual también eliminará los aniones captados por la resina, por la formación de su respectiva sal de sodio, de acuerdo a la siguiente ecuación:



**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo IV

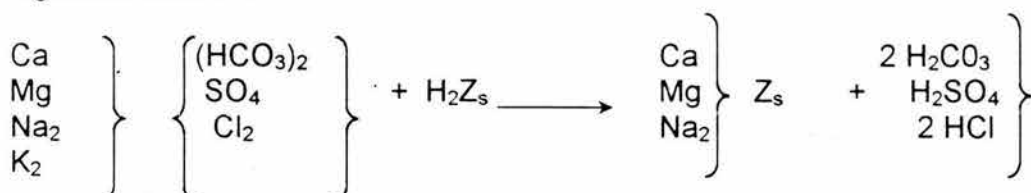
Tabla No. 15 Características de los principales tipos de resinas

Tipo de resina	Capacidad útil (eq/l)	Regenerante
CF(abland.)	1 - 1.5	ClNa (10%)
CF(desmin.)	1 - 1.5	ClH (4 - 10%)
	-	SO ₄ H ₂ (1.3%)
CD	1 - 2.2	ClH (4%)
	-	SO ₄ H ₂ (0.8%)
AF (tipo I)	0.4 - 0.7	NaOH (4%)
AF (tipo II)	0.5 - 0.8	NaOH (4%)
AD	0.8 - 1.2	NaOH (1 - 4%)

El desmineralizador de lechos mixtos se integra de una combinación de resinas catiónicas y aniónicas, las cuales "pulen" el agua, generando agua de alta calidad.

Si sabemos que la conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica, la cantidad de sólidos disueltos en el agua se puede medir en base a conductividad eléctrica o al inverso de ésta, la cual es conocida como resistencia. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, y por consiguiente para aguas que tienen muy pocos sólidos disueltos es más eficiente medir la resistencia, para de esta forma conocer la cantidad de sólidos disueltos en el agua.

En la primera fase de la desmineralización (el intercambio de cationes es por iones de hidrógeno) los bicarbonatos se convierten a ácido carbónico, de acuerdo a la siguiente reacción:



El ácido carbónico se descompone en dióxido de carbono gaseoso y agua, de acuerdo a la ecuación:



Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

El dióxido de carbono libre formado por la descomposición del ácido carbónico, siendo gaseoso, es removido por un desgasificador, o descarbonador, por lo cual deberá ser colocado, después de las unidades de intercambio catiónico.

El intercambio iónico en la desmineralización tiene lugar con reacciones en equilibrio (reversibles). Estas pueden expresarse en forma simple por las siguientes dos ecuaciones:

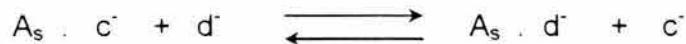
Intercambio catiónico



Donde:

Z_s es la matriz de la resina y el sitio fijo aniónico del intercambiador catiónico y a^+ y b^+ son dos cationes.

En forma similar, el intercambio aniónico se puede expresar como



Donde:

A_s es la matriz de la resina y el sitio fijo catiónico del intercambiador aniónico y c^- y d^- son dos aniones.

La dirección de la reacción dependerá principalmente de la "selectividad" de la resina, que no es otra cosa que la afinidad de la resina a los diferentes iones presentes en el agua ó en la solución, lo que se expresa como "coeficientes de selectividad" K .

En general, a bajas concentraciones de iones en el agua o en la solución, los iones divalentes son mas fuertemente atrapados por una resina, que los monovalentes, y los trivalentes mas que los divalentes. Incluso, entre iones de la misma valencia, la resina tiene preferencia. Por ejemplo, las siguientes series, expresan la selectividad relativa de resinas catiónica ácidas fuertes con respecto a los cationes principales:



Las resinas aniónicas base fuerte, muestran las siguientes selectividades relativas para los principales aniones monovalentes:



IV.1.2.- MEMORIA DE CALCULO DE LA UNIDAD DESMINERALIZADORA

SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE DESMINERALIZACION

Bases de diseño:

Para la determinación del tipo de sistema adecuado para llevar a cabo la desmineralización del agua, se tienen que considerar los siguientes aspectos:

- a) Aplicación del agua tratada
- b) La fuga de sílice máxima permitida en el agua tratada

Para poder seleccionar el tipo de sistema de desmineralización es necesario considerar que el agua desmineralizada producida, será alimentada a una caldera de alta presión y 69 ton/hr de capacidad, por lo que se requiere una concentración de sílice de 0.1 ppm y 5 ppm de sólidos. así mismo, se deberá contar con un descarbonatador para eliminar el CO₂.

De acuerdo a lo anterior, se requiere una desmineralización de agua con una fuga de sílice baja.

SELECCIÓN DEL TIPO DE RESINA REQUERIDO PARA CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA

Considerando un fabricante del tipo de resinas usadas para desmineralización del agua, (las cuales son conocidas en el medio comercial con el nombre de "AMBERLITE[®]")

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

El nombre y las principales características de éste tipo de productos son los siguientes:

Tabla No. 16 Características principales de las resinas tipo “AMBERLITE®”

Resina	Tipo	Matriz	Capacidad Total Mínima [eq/L]	Comentarios
200C Na	SAC	MR	1.70	Resina extremadamente estable, usada bajo condiciones de oxidación en la industria de acabado de metales
252 Na	SAC	MR	1.80	También disponible en la forma H y en el grado RF Ambersep®. Buena regenerabilidad Para pulido de condensado y aplicaciones especiales.
GT73	WAC	MR	1.20	Grupos Tioles. Para remover cadmio, mercurio y otros metales pesados
IR120 Na	SAC	Gel	2.0	Resina estándar para suavización y desmineralización. También disponible en la forma H.
IRA402 Cl	SBA type 1	Gel	1.30	Para lograr baja fuga de sílice
IRA410 Cl	SBA type 2	Gel	1.25	Alta capacidad de operación
IRA458 Cl	SBA	Gel	1.25	Matriz acrílica. Resistencia alta al ensuciamiento orgánico. También disponible en el grado RF para los Sistemas de Amberpack™.
IRA478R F Cl	SBA bifuncional	Gel	1.15	Acrílico. Capacidad muy alta para las aguas con sílice pequeño.
IRA67	WBA	Gel	1.60	Acrílico. Capacidad muy alta.
IRA743	WBA	MR	0.80	Resina de Chelating para remover el boro. Estabilidad física y química alta. Fuga muy baja de boro.
IRA900 Cl	SBA	MR	1.0	Para pulido de condensado o como una trampa orgánica. Grado Ambersep® (forma SO4 y OH) y disponible en grado RF.
IRA958 Cl	SBA	MR	0.80	Para remover el color del azúcar, o como una trampa orgánica.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Tabla No. 16 Características principales de las resinas tipo “AMBERLITE®”
(CONTINUACIÓN)

Resina	Tipo	Matriz	Capacidad Total Mínima [eq/L]	Comentarios
IRA96	WBA	MR	1.25	Styrenic. Resina estándar WBA, estabilidad muy alta. Disponible en los grados RF y SB
IRC50	WAC	MR	3.00	Methacrylic. Para las aplicaciones en bioquímica y recuperación de metales.
IRC86	WAC	Gel	4.10	Para la desalcalinización industrial. También disponible en los grados para Sistemas Strataued™ (SB)
IRC748	WAC	MR	1.35	Resina de Chelating con funcionalidad del iminodiacetic. Para la recuperación de metales de transición.
MB6113	MIX	Gel	-	Resina para cama mixta con indicador colorido de agotamiento.
SR1L Na	SAC	Gel	1.90	Para suavizar el agua para beber Resina sin solventes.
XAD4	ADS	MR	-	Adsorbente de Polimérico. Para la recuperación del fenol.
XAD7HP	ADS	MR	-	Adsorbente de Poliméricos con una matriz de éster acrílico. Para la remoción de sustancias no-aromáticas.
XAD16	ADS	MR	-	Adsorbente de Poliméricos. Para la producción de antibióticos.
XAD1600	ADS	MR	-	Adsorbente de Poliméricos con tamaño de partícula uniforme. Incrementa el rendimiento y la pureza.

De acuerdo a esto y considerando las características de los diferentes tipos de resinas utilizados en los sistemas de desmineralización, tenemos que el sistema mas adecuado para llevar a cabo la desmineralización del agua será:

SISTEMA ELEGIDO:

C. FUERTE - DESGASIFICADOR - ANION FUERTE
AMBERLITE IR-120 - DESGASIFICADOR - AMBERLITE IRA-402

ya que la resina IR-120 tipo catión fuerte, es la resina estándar usada para desmineralización y la resina IRA402 tipo anión fuerte es la que se utiliza cuando se quiere lograr una baja fuga de sílice (dato importante que se debe de cumplir para evitar corrosión durante la operación de la caldera).

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

El análisis de agua obtenido después del pretratamiento y el cual será nuestra alimentación a la unidad desmineralizadora, es el siguiente:

ANIONES	ppm	CATIONES	ppm
HCO ₃ ⁻	111.1	Ca ⁺⁺	162.0
CO ₃ ⁼	0.0	Mg ⁺⁺	59.9
OH ⁻	0.0	Na ⁺	48.0
Cl ⁻	23.9	K ⁺	14.3
SO ₄ ⁼	149.2		
PO ₄ ⁼	0.0		
TOTAL DE ANIONES	284.2	TOTAL DE CATIONES	284.2

CO ₂ (como CO ₂)	19.9	como CaCO ₃ = 19.9 x 1.13 =	22.487
Sílice (como SiO ₂)	25.9	como CaCO ₃ = 25.9 x 0.83 =	21.497

Flujo a la salida de la unidad desmineralizadora = 1200 GPM = 272.52 m³/Hr

Fuga de Sodio requerida de acuerdo a bases de diseño = 5 ppm

El efluente de la unidad desmineralizadora contendrá, de acuerdo a las bases de diseño fijadas::

5 ppm máx. De TDS* y 0.1 ppm de SiO₂ como CaCO₃

*TDS = Sólidos disueltos totales

SELECCIÓN DE LOS NIVELES DE REGENERACION

UNIDAD ANIONICA

Para determinar los niveles de regeneración requeridos en la resina aniónica, se tienen que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- 1.- Fijar fuga de sílice = 0.1 ppm como CaCO₃
- 2.- Temperatura recomendada de operación = 120 °F
- 3.- concentración de sílice a la entrada

- Del análisis al entrar a la unidad aniónica se tiene:

Considerando que después de la torre descarbonadora tendremos 5 ppm de CO₂ como CO₂, tendremos

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

$$\text{CO}_2 \text{ (como CaCO}_3\text{)} = 5 \times 1.13 = 5.65 \text{ redondeando:}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (como CaCO}_3\text{)} = 6 \text{ ppm}$$

$$\text{Total de aniones} = \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^- + \text{CO}_2^{2-} + \text{SiO}_2$$

$$\text{Total de aniones} = 149.2 + 23.9 + 6 + 21.497$$

$$\text{Total de aniones} = 200.6 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{Concentración de Si} = \left[\frac{21.497}{200.6} \right] \times 100 = 10.72$$

$$\% (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) = \left[\frac{23.9 + 149.2}{200.6} \right] \times 100 = 86.29$$

$$\% \text{ ALC (CO}_2\text{)} = \left[\frac{6}{200.6} \right] \times 100 = 2.99$$

$$\text{Acidez mineral total (TMA)} = \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$$

$$\text{Acidez mineral total (TMA)} = 23.9 + 149.2 = 173.1 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\% \text{ TMA} = \left[\frac{173.1}{200.6} \right] \times 100 = 86.3$$

NIVEL DE REGENERACION DEL ANION

Para un nivel de regeneración de 4 Lb NaOH/Ft³

Si se quiere una fuga de sílice de 0.1 ppm como CaCO₃ y con la concentración de Si y la temperatura, tenemos de la Gráfica No. 1 una concentración de Sílice de 0.04 ppm como CaCO₃

$$0.04 \text{ ppm de Si como CaCO}_3 < 0.1 \text{ ppm de Si como CaCO}_3$$

Por lo tanto el nivel para la regeneración del anión será = 4 Lb NaOH/Ft³

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

CAPACIDAD TEORICA DE LA RESINA

Con un nivel de regeneración de: 4 Lb NaOH/Ft³ y:

% Si = 10.72

% Alc = 2.99

% TMA = 86.3

De la grafica No. 2, tenemos una capacidad de la resina igual a 12.5 Kgr como CaCO₃/Ft³ de resina.

Corrigiendo por Cl⁻ y SO₄⁼ (cuyo factor de corrección es de 0.9375 de acuerdo a la gráfica No. 3), la capacidad de la resina será:

Capacidad de la resina aniónica (CT) = 12.5 x 0.9375 = 11.72 Kgr como CaCO₃/Ft³ de resina.

Aniones totales intercambiados = 200.6

TEA = $\frac{200.6}{17.1}$ = 11.73 gr/GAL = 0.01173 Kgr/GAL

VOLUMEN A TRATAR POR CICLO

Si la unidad desmineralizadora cuenta con tres trenes, de los cuales 2 estarán operando, uno regenerando, y la duración de un ciclo es de 12 hrs*, todo esto con la finalidad de garantizar en forma continua la operación de la desmineralizadora y por lo tanto la calidad del agua alimentada a la caldera, tendremos:

Vol. total de agua por tren = $\frac{\text{Flujo de la desmineralizadora} \times \text{duración del ciclo}}{\text{Número de trenes operando}}$

Vol. total de agua por tren = $\frac{1200 \text{ GPM} \times 12 \text{ Hr} \times (60 \text{ minutos}/1 \text{ Hr})}{2}$

Vol. total de agua por tren = 432,000.00 GALONES

* No se elige una duración menor del ciclo de operación de la desmineralizadora, para evitar incrementar los costos de su operación, ya que como se verá en esta memoria de cálculo, el tiempo requerido para la regeneración de las resinas (tanto aniónica como catiónica) es aprox. El 25% del tiempo propuesto para la operación del ciclo. Así mismo no se propone que la duración del ciclo de

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

operación sea mayor, para cumplir con los tamaños normalizados para las columnas que almacenarán la resina.

Kilogramos a remover de aniones (Ka) = TEA x Vol. total de agua por tren

Kilogramos a remover de aniones (Ka) = 0.1173 Kgr/GAL x 432.000 Galones

Kilogramos a remover de aniones (Ka) = 5067.79 Kilogramos a remover por ciclo

Cálculo del volumen de resina aniónica (VR)_a

$$(VR)_a = \frac{\text{KILOGRAMOS A REMOVER EN EL ANION (K)}_a}{\text{CAPACIDAD CORREGIDA DE LA RESINA (CT)}}$$

$$(VR)_a = \frac{5067.79 \text{ Kilogramos a remover}}{11.72 \text{ Kg como CaCO}_3/\text{Ft}^3} = 432.41 \text{ Ft}^3$$

Volumen requerido de resina aniónica (VR)_a = 432.41 Ft³

Corrección del volumen de resina, debido al agua de enjuague agregada:

Para la resina elegida, los fabricantes de éstas recomiendan de 40 - 90 GAL/Ft³ de resina para la cantidad de agua de enjuague

Considerando para el diseño 65 GAL/Ft³, el agua requerida para enjuagar la resina será:

Agua de enjuague = 432.41 Ft³ de resina x 65 GAL/Ft³ de resina

Agua de enjuague = 28,106.34 GALONES

En base a las ppm CaCO₃ contenidas en el agua de enjuague se calcularán los kilogramos totales que hay que remover debido a dicha operación.

Así, y debido a que el agua de enjuague del anión, debe decationizada ya que de otra forma se introducirían a la resina una cantidad de iones altos (igual a la cantidad alimentada a la unidad catiónica), lo que provocaría que se requiriera un volumen mayor de resina para poder eliminarlos, entonces las ppm CaCO₃ involucradas serán:

Total de aniones = 200.6 ppm CaCO₃

Transformando a Kilogramos/GAL = $\frac{200.6}{17,100} = 0.01173 \text{ Kilogramos/GAL}$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Por lo que los kilogramos a remover en el agua de enjuague (KE)_a serán:

$$(KE)_a = 28.106.34 \text{ GALONES} \times 0.01173 \text{ Kilogramos/GAL}$$

$$(KE)_a = 329.69 \text{ Kilogramos}$$

Y los Kilogramos totales a remover en la unidad aniónica, (KT)_a serían

(KT)_a = Kilogramos a remover durante el ciclo de opn. X Kilogramos a remover por la introducción del agua de enjuague

$$(KT)_a = 5067.79 \text{ Kilogramos} + 329.69 \text{ Kilogramos} = 5397.48 \text{ Kilogramos por ciclo}$$

Y el volumen de la resina aniónica corregida, total (VC)_a sería:

$$(VC)_a = \frac{\text{Kilogramos totales a remover por ciclo}}{\text{Capacidad de la resina}}$$

$$(VC)_a = \frac{5397.48 \text{ Kilogramos por ciclo}}{11.72 \text{ Kg como CaCO}_3/\text{Ft}^3 \text{ de resina.}} = 460.54 \text{ Ft}^3$$

Y la Relación real de enjuague = $\frac{\text{Vol. de enjuague}}{\text{Vol. de la resina corregida}}$

$$\text{Relación real de enjuague} = \frac{28,106.34 \text{ GALONES}}{460.54 \text{ Ft}^3} = 61.03 \text{ GAL/Ft}^3$$

CALCULO DE LA ALTURA DE LA RESINA

Si las unidades normalizadas por PEMEX cuentan con un diámetro de 10.5 Ft,

Se cuenta con una área transversal de:

$$A_{\text{TANQUE}} = \frac{\pi}{4} \times \text{diámetro del tanque}^2$$

$$A_{\text{TANQUE}} = \frac{\pi}{4} \times 10.5^2 = 86.59 \text{ Ft}^2$$

Por lo que la altura de la resina (h_{RESINA}) sería igual a:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

$$h_{RESINA} = \frac{\text{Vol. de la resina corregido}}{\text{Área transversal del tanque}}$$

$$h_{RESINA} = \frac{460.54 \text{ Ft}^3}{86.59 \text{ Ft}^2} = 5.31 \text{ Ft} \quad \text{tomaremos: } 5.50 \text{ Ft}$$

Si la altura normalizada de tanque es de 13.5 Ft, el % de espacio libre que puede utilizarse para la expansión de la resina será:

$$\% \text{ Libre en el tanque} = \frac{(13.5 - 5.5)}{13.5} \times 100 = 59.26 \% > 50 \% \text{ que el fabricante}$$

del tipo de resina aniónica usada, recomienda para su expansión, por lo cual no existe ningún problema, para utilizar los tamaños normalizados.

SOSA CAUSTICA REQUERIDA PARA LLEVAR A CABO LA REGENERACION

$$W_{SOSA} = \text{Nivel de regeneración} \times \text{Vol. de resina}$$

$$W_{SOSA} = 4 \text{ Lb NaOH/Ft}^3 \times 460.54 \text{ Ft}^3$$

$$W_{SOSA} = 1,842.16 \quad \text{Lb de NaOH}$$

CALCULO DE LA REGENERACION PARA LA UNIDAD ANIONICA

Se usa NaOH al 4% y 120 °F (ver tabla No. 11)

La sosa cáustica al 4% contiene 0.3481 Lb NaOH/GAL

La sosa cáustica al 50% contiene 6.364 Lb NaOH/GAL

LAS ETAPAS DE REGENERACION SON:

1.- RETROLAVADO

Su finalidad es eliminar las trazas de material finamente dividido que pudiera estar presente en la cama de la resina. Durante el lavado se produce la expansión del "lecho" o "cama" que consiste en que las perlas de resina se separan y ascienden a la parte superior de la columna; este retrolavado debe hacerse de tal forma que toda la cama sea removida. El tiempo mínimo de duración del retrolavado será igual al valor que resulte de dividir el volumen del tanque en galones, entre la velocidad de flujo (GPM) recomendada por el fabricante de la resina. Por lo tanto se tiene:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Velocidad de flujo recomendada por el fabricante de la resina = 260 GPM

$$\text{Vol. Tanque} = \frac{\pi}{4} \times \text{diámetro del tanque}^2 \times \text{Altura del tanque}$$

$$\text{Vol. Tanque} = \frac{\pi}{4} \times 10.5^2 \times 13.5$$

$$\text{Vol. Tanque} = 1,168.97 \text{ Ft}^3 = 8,745.43 \text{ GALONES}$$

$$\theta_{\text{RETROLAVADO}} = \frac{\text{Vol. del tanque}}{\text{Vel. de flujo}}$$

$$\theta_{\text{RETROLAVADO}} = \frac{8,745.43 \text{ GALONES}}{260 \text{ GPM}} = 33.64 \text{ minutos, tomaremos: 34 minutos}$$

Vol. de retrolavado = Velocidad de flujo recomendada por el fabricante de la resina x tiempo de retrolavado

$$\text{Vol. de retrolavado} = 260 \text{ GPM} \times 34 \text{ minutos} = 8840 \text{ GALONES}$$

2.- PRECALENTAMIENTO

Debido a las características y/o propiedades de algunas resinas de intercambio iónico, en particular las aniónicas, se hace necesario que el regenerante básico este a una mayor temperatura que la resina; por tal razón, el agua de dilución proveniente de la cisterna, es precalentada hasta una temperatura de 135 °F (recordando que la temperatura de entrada a la unidad aniónica es 120 °F).

El agua caliente es enviada a la unidad aniónica donde se precalienta "la cama" acondicionando de esta manera la resina y evitando el choque térmico por la diferencia de temperaturas, además de que esta temperatura es la óptima en que la resina logra su mayor capacidad de regeneración, de acuerdo a los estudios realizados por los fabricantes de este tipo de resinas

El volumen del precalentamiento, es igual al volumen de la resina, así tendremos:

$$\text{Vol. Precalentamiento} = 460.54 \text{ Ft}^3 = 3,445.06 \text{ GALONES}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

3.- REGENERACION (A CO-CORRIENTE)

$$W_{SOSA} = \text{Nivel de regeneración} \times \text{Vol. de resina}$$

$$W_{SOSA} = 4 \text{ Lb NaOH/Ft}^3 \times 460.54 \text{ Ft}^3$$

$$W_{SOSA} = 1,842.16 \text{ Lb de NaOH}$$

$$W_{SOSA \text{ AL } 50\%} = \frac{1,842.16 \text{ Lb de NaOH}}{6.364 \text{ Lb NaOH/GAL}} = 289.47 \text{ Galones de sosa al } 50\%$$

$$W_{SOSA \text{ AL } 4\%} = \frac{1,842.16 \text{ Lb de NaOH}}{0.3481 \text{ Lb NaOH/GAL}} = 5,292.04 \text{ Galones de sosa al } 4\%$$

$$\text{Agua requerida para la dilución} = W_{SOSA \text{ AL } 4\%} - W_{SOSA \text{ AL } 50\%}$$

$$\text{Agua requerida para la dilución} = 5,292.04 - 289.47$$

$$\text{Agua requerida para la dilución} = 5,002.26 \text{ Galones}$$

De acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de las resinas, la regeneración se lleva a cabo durante máximo 50 min, con lo cual tendremos los siguientes flujos, a un régimen de 0.25 GPM/Ft³ de resina.

$$\text{Flujo de dilución} = \text{Vol. de resina} \times \text{régimen de dilución}$$

$$\text{Flujo de dilución} = 460.54 \text{ Ft}^3 \times 0.25 \text{ GPM/Ft}^3 \text{ de resina}$$

$$\text{Flujo de dilución} = 115.135 \text{ GPM}$$

Cálculo del tiempo requerido para la dilución tenemos:

$$\theta \text{ de dilución} = \frac{\text{Agua requerida para la dilución}}{\text{Flujo de dilución}}$$

$$\theta \text{ de dilución} = \frac{5,002.26 \text{ Galones}}{115.135 \text{ GPM}} = 43.45 \text{ min} < \text{a los } 50 \text{ min recomendados}$$

Por lo que consideramos que un tiempo de 50 minutos

$$Q_{DILUCION} = \frac{\text{AGUA REQUERIDA PARA LA DILUCION}}{\theta_{DILUCION}}$$

$$Q_{DILUCION} = \frac{5,002.26 \text{ Galones}}{50 \text{ minutos}} = 100.05 \text{ GPM tomaremos: } 100 \text{ GPM}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

$$Q_{\text{SOSA AL 50\%}} = \frac{\text{Vol. de sosa al 50\%}}{\theta \text{ de dilución}}$$

$$Q_{\text{SOSA AL 50\%}} = \frac{289.47 \text{ Galones de sosa al 50\%}}{50 \text{ minutos}} = 5.79 \text{ GPM, redondeando: 6 GPM}$$

$$Q_{\text{SOSA AL 4\%}} = \frac{\text{Vol. de sosa al 4\%}}{\theta \text{ de dilución}}$$

$$Q_{\text{SOSA AL 4\%}} = \frac{5,292.04 \text{ Galones de sosa al 4\%}}{50 \text{ minutos}}$$

$$Q_{\text{SOSA AL 4\%}} = 105.84 \text{ GPM, redondeando: 106 GPM}$$

$$\theta_{\text{PRECALENTAMIENTO}} = \frac{\text{Vol. de precalentamiento}}{Q_{\text{SOSA AL 4\%}}}$$

$$\theta_{\text{PRECALENTAMIENTO}} = \frac{3,445.06 \text{ GALONES}}{106 \text{ GPM}}$$

$$\theta_{\text{PRECALENTAMIENTO}} = 32.5 \text{ minutos, redondeando: 33 minutos}$$

4.- DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento se lleva a cabo con agua y su objetivo es arrastrar trazas de sosa que aun permanezcan en los ductos y columnas aniónicas.

Los resultados de esta etapa son iguales a los del precalentamiento.

$$\text{Vol. de desplazamiento} = 3,445.06 \text{ Galones}$$

$$\text{Flujo de Desplazamiento} = 106 \text{ GPM}$$

$$\theta_{\text{DESPLAZAMIENTO}} = 33 \text{ minutos}$$

5.- PARO DE LA UNIDAD

En esta es la etapa en la cual todas las válvulas permanecen cerradas. En operación normal, su finalidad principal es la de dar tiempo a que el agua del enjuague al anión (agua decationizada proveniente de las unidades catiónicas) llegue a la unidad aniónica y realice su función.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

6.- ENJUAGUE A DREN

Finalmente, se realiza el último enjuague de la resina aniónica consiguiendo con este enjuague que la resina quede lista para el siguiente ciclo en servicio.

De acuerdo a las recomendaciones hechas por el fabricante de la resina, para la resina IRA-402 se recomienda un flujo de enjuague de 25 - 75 GAL/Ft³.

Considerando 50 GAL/Ft³. (por ser este el punto medio de los flujos recomendados por los fabricantes)

Volumen de enjuague = Vol. de la resina x flujo de enjuague

Volumen de enjuague = 460.54 Ft³ x 50 GAL/Ft³ = 23,027 Galones tomaremos:

Volumen de enjuague = 25,000.00 Galones

Los fabricantes de éste tipo de resinas recomiendan una velocidad de enjuague de 5 - 10 GPM/Ft², considerando para el diseño, una velocidad de 7.5 GPM/Ft² (por ser este el punto medio de las velocidades recomendadas por los fabricantes de éste tipo de resinas)

Flujo de enjuague = Vel. de enjuague x Área del tanque

Flujo de enjuague = 7.5 GPM/Ft² x 86.59 Ft² = 649.43 GPM, redondeando: 650 GPM

$\theta_{\text{ENJUAGUE}} = \frac{\text{Vol. de enjuague}}{\text{Flujo de enjuague}} = \frac{25,000.00 \text{ Galones}}{650 \text{ GPM}} = 38.46 \text{ min.}, \text{ redondeando:}$

$\theta_{\text{ENJUAGUE}} = 39 \text{ minutos}$

RESULTADOS DE LA REGENERACION EN LA UNIDAD ANIONICA

ETAPA	FLUJO (GPM)	DURACION (MIN)	A DESECHO (GAL)
RETROLAVADO	260	34	8840
PRECALENTAMIENTO	106	33	3445.06
REGENERACION	106	50	5,292.04
DESPLAZAMIENTO	106.00	33	3445.06
ENJUAGUE	650	39	25,000.00
TOTAL	1228	189	46022.16

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo IV

UNIDAD CATIONICA

Para determinar los niveles de regeneración requeridos en la resina catiónica, se tienen que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1.- Fijar fuga de sodio = 5 ppm como CaCO₃

2.- Porcentaje de alcalinidad debida a bicarbonatos y a la concentración de sodio

$$\% \text{ Alc} = \frac{\text{ppm HCO}_3^-}{\text{TC}} \times 100 = \frac{(111.1)}{284.2} \times 100 = 39.09$$

$$\% \text{ Na} = \frac{\text{ppm Na}^+ + \text{ppm K}^+}{\text{TC}} \times 100 = \frac{(43 + 14.3)}{284.2} \times 100 = 21.92$$

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{ppm Ca}^{++}}{\text{TC}} \times 100 = \frac{(162.0)}{284.2} \times 100 = 57.00$$

$$\% \text{ Mg} = \frac{\text{ppm Mg}^{++}}{\text{TC}} \times 100 = \frac{(59.9)}{284.2} \times 100 = 21.08$$

NIVEL DE REGENERACION DEL CATION

Con un % Alc = 39.09, un % de Na = 21.92 y una fuga de sodio de 5 ppm como CaCO₃, tendremos

- Considerando un nivel de 6 Lb H₂SO₄/Ft³, DE LA GRAFICA No. 4 se tiene:

% catión = 1.2 %, con lo cual se calcula una fuga de: 3.4104 ppm de Na como CaCO₃
< 5 ppm de Na como CaCO₃

Por lo tanto el nivel para la regeneración del catión será = 6 Lb H₂SO₄/Ft³

CAPACIDAD TEORICA DE LA RESINA

Utilizando regeneración a contracorriente, con un nivel de regeneración de: 6 Lb H₂SO₄/Ft³, tenemos una capacidad teórica de la resina de: 14.75 Kg/Ft³ de resina. (ver Gráfica No. 5)

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

CORRIGIENDO POR:	FACTOR DE CORRECCION
% Na = 21.92	0.85 (Ver Gráfica No. 6)
% ALC = 39.09	0.95 (Ver Gráfica No. 7)
$h_{MAX. DE RESINA} = 7$ Ft (de acuerdo a recomendación de los fabricantes del tipo de resinas usadas)	1.06 (Ver Gráfica No. 8)
Total de sólidos = 284.2	1.01 (Ver Gráfica No. 9)

Capacidad de resina corregida $(CT)_c = 14.75 \times 0.85 \times 0.95 \times 1.01 \times 1.06$

Capacidad de resina corregida $(CT)_c = 12.75$ Kg/Ft³ de resina.

La unidad catiónica proveerá el agua para la regeneración aniónica. El enjuague aniónico recirculado puede tener la mitad de los sólidos del agua (de acuerdo a la recomendación de los fabricantes del tipo de resinas que se están utilizando).

Así, se incluirá la mitad del flujo de enjuague recirculado.

Agua para la regeneración aniónica =	46,022.16 GALONES
Agua de servicio =	432,000.00 GALONES
TOTAL	478,022.16 GALONES

Total de cationes = 284.2 como ppm CaCO₃

$$TC = \frac{\text{total de cationes}}{17100 \text{ Kgr/GAL}} = \frac{284.2}{17,100}$$

$$TC = 0.01662 \text{ Kgr/GAL}$$

Total de cationes a remover = TC x Vol. total manejado

$$\text{Total de cationes a remover} = 0.01662 \text{ Kgr/GAL} \times 478,022.16 \text{ GALONES}$$

$$\text{Total de cationes a remover} = 7,944.73 \text{ Kilogramos}$$

$$\text{VOLUMEN DE RESINA CATIONICA} = \frac{\text{KILOGRAMOS A REMOVER DE CATIONES}}{(CT)_c}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

$$\text{Volumen de resina catiónica} = \frac{7.944.73 \text{ Kilogramos}}{12.75 \text{ Kg/Ft}^3 \text{ de resina}}$$

$$\text{Volumen de resina catiónica} = 623.04 \text{ Ft}^3, \quad \text{tomaremos: } 624 \text{ Ft}^3$$

Si la resina se vende en recipientes de 7 Ft³ c/u, el volumen de resina será:

$$\text{No. de recipientes requeridos} = \frac{624 \text{ Ft}^3}{7 \text{ Ft}^3} = 89.01 \quad \text{tomaremos: } 90$$

Vol. real de resina catiónica = Vol. de cada recipiente x total de recipientes

$$\text{Vol. real de resina catiónica} = 7 \text{ Ft}^3 \times 90 = 630 \text{ Ft}^3$$

CALCULO DE LA ALTURA DE LA RESINA

$$h_{\text{RESINA CATIONICA}} = \frac{\text{Vol. de la Resina}}{\text{Área del Tanque}}$$

$$h_{\text{RESINA CATIONICA}} = \frac{630 \text{ Ft}^3}{86.59 \text{ Ft}^2} = 7.28 \text{ Ft}$$

Si la resina catiónica, requiere el 75% para su expansión de acuerdo a la recomendación del fabricante de este tipo de resina, la altura total requerida es:

$$h_{\text{TOTAL}} = 1.75 \times h_{\text{RESINA CATIONICA}} = 1.75 \times 7.28$$

$$h_{\text{TOTAL}} = 12.73 \text{ Ft} < 13.5 \text{ Ft (de la normalización de PEMEX)}$$

LAS ETAPAS DE REGENERACION SON:

1.- RETROLAVADO

Consiste en un flujo ascendente de agua a través del lecho de resina. Para llevar a cabo esta etapa se utiliza agua pretratada.

El flujo de retrolavado y el diseño interno de la unidad, deberán evitar pérdidas de resina durante la etapa de retrolavado

De acuerdo a las tablas de los fabricantes de este tipo de resinas, para la resina catiónica elegida se tiene una velocidad igual a 7 GAL/Ft², durante un tiempo de 10 minutos

$$\text{Flujo de retrolavado} = \text{Vel. de retrolavado} \times \text{Área transversal del tanque}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Flujo de retrolavado = $7 \text{ GAL/Ft}^2 \times 86.59 \text{ Ft}^2 = 606.13 \text{ GPM}$, redondeando:

Flujo de retrolavado = 607 GPM

Vol. de retrolavado = Flujo de retrolavado x tiempo de retrolavado

Vol. de retrolavado = 607 GPM x 10 minutos = 6070 Galones

2.- REGENERACION (A CONTRACORRIENTE)

Cuando la resina catiónica no sea capaz de intercambiar mas iones, (cationes), la resina deberá regresarse a su estado original usando ácido.

Para llevar a cabo esta etapa se utiliza H_2SO_4 , en una sola etapa y a una concentración de 1.3% ya que se utiliza regeneración a contracorriente, (ver tabla No. 11)

El H_2SO_4 al 1.3% contiene 0.11 Lb de $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{GAL}$

El H_2SO_4 de 66 °Be contiene 15.3 Lb de $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{GAL}$

Flujo total de H_2SO_4 = Nivel de regeneración x Vol. de resina

Flujo total de H_2SO_4 = 6 Lb/Ft^3 de resina x 630 Ft^3 de resina

Flujo total de H_2SO_4 = 3,780 Lb de H_2SO_4

DILUCION DE ACIDO AL 1.3%

$$\text{Volumen}_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ AL } 1.3\%} = \frac{3,780 \text{ Lb de } \text{H}_2\text{SO}_4}{0.11 \text{ Lb de } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{GAL}} = 34,363.64 \text{ Galones}$$

$$\text{Volumen}_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ AL } 98\%} = \frac{3,780 \text{ Lb de } \text{H}_2\text{SO}_4}{15.3 \text{ Lb de } \text{H}_2\text{SO}_4/\text{GAL}} = 247.06 \text{ Galones}$$

Agua requerida para dilución = $\text{Volumen}_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ AL } 1.3\%} - \text{Volumen}_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ AL } 98\%}$

Agua requerida para dilución = 34,363.64 Galones - 247.06 Galones

Agua requerida para dilución = 34,116.58 Galones

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Así mismo los fabricantes recomiendan una velocidad de flujo igual a 670 GPM, con lo cual el tiempo requerido de dilución es:

$$\theta_{\text{REGENERACION}} = \frac{\text{Vol. requerido de ácido al 1.3\%}}{\text{Vel. de flujo}}$$

$$\theta_{\text{REGENERACION}} = \frac{34,363.64 \text{ Galones}}{670 \text{ GPM}} = 51.29 \text{ minutos, redondeando} = 52 \text{ minutos}$$

$$\text{Flujo de ácido al 1.3\%} = \frac{\text{Vol. requerido de ácido al 1.3\%}}{\theta_{\text{REGENERACION}}}$$

$$\text{Flujo de ácido al 1.3\%} = \frac{34,363.64 \text{ Galones}}{60 \text{ GPM}} = 572.73 \text{ GPM, redondeando: } 574 \text{ GPM}$$

$$\text{Flujo de ácido al 98\%} = \frac{\text{Vol. requerido de ácido al 98\%}}{\theta_{\text{REGENERACION}}}$$

$$\text{Flujo de ácido al 98\%} = \frac{247.06 \text{ Galones}}{60 \text{ minutos}} = 4.12 \text{ GPM, redondeando: } 5 \text{ GPM}$$

$$\text{Flujo de agua de dilución} = \frac{\text{Agua requerida para dilución}}{\theta_{\text{REGENERACION}}}$$

$$\text{Flujo de agua de dilución} = \frac{34,116.58 \text{ Galones}}{60 \text{ minutos}} = 568.61 \text{ GPM redondeando:}$$

$$\text{Flujo de agua de dilución} = 569 \text{ GPM}$$

3.- DESPLAZAMIENTO

En esta etapa se persigue purgar con agua las líneas que condujeron el regenerante ácido a la columna y además desplazar el ácido presente en la misma.

El flujo de desplazamiento se fija igual al flujo de dilución, esto es: 569 GPM

Volumen desplazado = Vol. de la resina = 630 Ft³ = 4,712.7 Galones
redondeando:

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

Volumen desplazado = 4,713 GALONES

$$\theta_{\text{DESPLAZAMIENTO}} = \frac{\text{Volumen desplazado}}{\text{Flujo de desplazamiento}}$$

$$\theta_{\text{DESPLAZAMIENTO}} = \frac{4,713 \text{ GALONES}}{569 \text{ GPM}} = 8.28 \text{ minutos, redondeando: } 9 \text{ minutos}$$

4.- ENJUAGUE A DREN

Tiene como finalidad lavar la resina de las impurezas y trazas de ácido que aun permanecen dentro de la columna

Vel. de enjuague recomendado por el fabricante de este tipo de resina.: 50 - 75 GAL/Ft³

Los fabricantes de la resina recomiendan usar 50 GAL/Ft³ de resina

Volumen de enjuague = Vol. de la resina x Vel. de enjuague

Volumen de enjuague = 630 Ft³ x 50 GAL/ Ft³ de resina

Volumen de enjuague = 31,500.00 Galones

Así mismo, los fabricantes de la resina recomiendan flujo de enjuague igual a 1000 GPM

$$\theta_{\text{ENJUAGUE}} = \frac{\text{Vol de enjuague}}{\text{Flujo de enjuague}}$$

$$\theta_{\text{ENJUAGUE}} = \frac{31,500.00 \text{ Galones}}{1000 \text{ GPM}} = 31.5 \text{ minutos, redondeando: } 32 \text{ minutos}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

RESULTADOS DE LA REGENERACION EN LA UNIDAD CATIONICA

ETAPA	FLUJO (GPM)	DURACION (MIN)	A DESECHO (GAL)
RETROLAVADO	607	10	6070
REGENERACION	670	52	34363.64
DESPLAZAMIENTO	569	9	4,712.70
ENJUAGUE	1000.00	32	31500.00
TOTAL	2846	103	76646.34

REGENERACION SIMULTANEA DE LAS UNIDADES ANIONICAS Y CATIONICAS

Los tiempos finales para las regeneraciones aniónica y catiónica de acuerdo a las tablas de resultados fueron:

189 minutos, para la aniónica y 103 minutos para la catiónica, lo que nos da un tiempo total de:

$$\theta_{TOTAL} = 189 \text{ minutos} + 103 \text{ minutos} = 292 \text{ minutos}$$

Este tiempo puede reducirse con la regeneración simultánea del catión y del anión, como sigue:-

UNIDAD CATIONICA		UNIDAD ANIONICA	
ETAPA	MINUTOS	ETAPA	MINUTOS
ESPERA		RETROLAVADO	34
RETROLAVADO	10	PRECALENTAMIENTO	33
INYECCION ACIDO AL 1.3%	52	SUBTOTAL	67
DESPLAZAMIENTO	9		
ENJUAGUE	32	INYECCION	50
SUBTOTAL	103	DESPLAZAMIENTO	33
ESPERA	86	ENJUAGUE	39
		SUBTOTAL	122
TOTAL	189	TOTAL	189
USAR EL EFLUENTE PARA EL ENJUAGUE RECIRCULADO EN LA UNIDAD ANIONICA			

Así, la regeneración catiónica se completa mientras se empieza a enjuagar la unidad aniónica, esto reduce el tiempo total final a: 189 minutos

DISEÑO DEL DESCARBONATADOR

Flujo que sale del descarbonatador

Flujo de servicio =	1200	GPM
Enjuague aniónico =	650	GPM
TOTAL	1850	GPM

CO₂ después del desgasificador: 5 ppm

CO₂ a la entrada = ppm CO₂ como CaCO₃ + ppm HCO₃⁻ como CaCO₃

CO₂ a la entrada = 133.6 ppm CO₂, como CaCO₃

DIAMETRO DE LA TORRE

Flujo a tratar:

Normal:	1200	GPM
Máximo:	1850	GPM

Velocidad de flujo recomendada en la literatura, para este tipo de equipos 20 GPM/Ft²

Área de flujo requerida = 92.50 Ft²

Diámetro mínimo requerido = 10.85 Ft, redondeando: 11 Ft

Área de flujo real = 95.03 Ft²

CALCULO DE LA ALTURA DEL EMPAQUE

1.- Masa velocidad del liquido

$$L = \frac{500 \times \text{Flujo a tratar máximo} \times 4}{\pi \times D^2}$$

donde:

L = Masa velocidad en Lbs/Ft²/Hr

D = Diámetro de la torre en Ft

Flujo máximo a tratar en GPM

$$L = \frac{500 \times 1850 \times 4}{\pi \times D^2}$$

$$L = 9,733.443 \text{ Lbs/Ft}^2/\text{Hr}$$

2:- Masa velocidad del gas

Temperatura de operación = 25 °C = 77 °F

$$G = 3 \times \frac{\text{GPM}}{\text{Ft}^2} \times 4.85 \times \frac{459.4}{459.4 + ^\circ\text{F}}$$

$$G = 242.58 \text{ Lbs/Ft}^2/\text{Hr}$$

3.- Masa velocidad molar de la corriente del liquido

$$\frac{L_m}{H_1 G_m} = \frac{L}{19} \times \frac{29}{G} \times \frac{1}{H}$$

Donde H = Cte. De Henry

Para una temperatura de 25 °C H = 1,640 (ver Tabla No. 17)

$$\frac{L_m}{H_1 G_m} = 0.037 \text{ moles/ Hr / Ft}^2$$

4.- Cálculo de la relación de las ppm de CO₂ en el agua (la cual esta en equilibrio con el aire atmosférico)

$$\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}}$$

donde:

C_{W1} = Concentración a la salida en ppm de CO₂

C_{W2} = Concentración a la entrada en ppm DE CO₃

C_{WE} = Relación en el equipo de las ppm de CO₂ en el agua con el aire atmosférico

Para una temperatura de 25 °C, se tiene C_{WE} = 1.76 (ver Tabla No. 18)

C_{W1} = 10 ppm

C_{W2} = 133.6 ppm

$$\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}} = 15.998 \text{ redondeando:}$$

$$\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}} = 16$$

5.- Cálculo del numero de unidades de transferencia (NTU)

Con:

$$\frac{L_m}{H_1 G_m} = 0.0373 \text{ moles/ Hr / Ft}^2 \text{ y } \frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}} = 16$$

De la Tabla No. 19, se tiene:

$$NTU = 2.835$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

6.- Cálculo de la altura de transferencia para el grado de eliminación de CO₂ (HTU)

$$HTU = A \times L^b \times NSc^{0.5}$$

donde:

a Y b = Constantes que dependen del tipo de empaque empleado

NSc = Número de Schmidt

Usando silletas behr de 1" (ver Tabla No. 20), tenemos

$$\left. \begin{array}{l} a = 5.1739E-03 \\ b = 0.26186 \end{array} \right\} \text{ Constantes}$$

$$NSc^{0.5} = 23.654$$

$$HTU = 1.355$$

7.- Cálculo de la profundidad del empaque

$$Z = \frac{(NTU \times HTU)^B}{A}$$

donde:

$$A = 1.79$$

$$B = 1.1765$$

$$Z = 2.457 \text{ Ft}$$

Considerando un factor de seguridad del 10% al 15%, tendremos:

$$2.702 < Z > 2.825$$

$$\text{tomaremos } Z = 3 \text{ Ft}$$

Dimensiones de la torre descarbonatadora

$$\text{Diámetro} = 11 \text{ Ft}$$

$$\text{Altura} = 3 \text{ Ft}$$

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

8.- Cálculo del flujo de aire requerido en la torre descarbonatadora

$$W_{\text{AIRE}} = 3\text{PCM/GPM} \times \text{Flujo de diseño en GPM}$$

$$W_{\text{AIRE}} = 3\text{PCM/GPM} \times 1850 \text{ GPM}$$

$$W_{\text{AIRE}} = 5550 \text{ PCM}$$

9.- Cálculo de la caída de presión por Ft de altura del empaque

Con:

$$G = 242.58 \quad \text{Lbs/Ft}^2/\text{Hr}$$

$$L = 9733.443 \quad \text{Lbs/Ft}^2/\text{Hr}$$

$$G/\phi = 242.584$$

De la Figura No. 11 b tenemos:

$$\Delta P = 0.07 \quad \text{PULG. H}_2\text{O/Ft EMPAQUE}$$

$$\Delta P \text{ TOTAL} = \Delta P \times \text{ALTURA DEL EMPAQUE}$$

$$\Delta P \text{ TOTAL} = 0.07 \text{ PULG. H}_2\text{O/Ft EMPAQUE} \times 3 \text{ Ft}$$

$$\Delta P \text{ TOTAL} = 0.21 \text{ PULG. H}_2\text{O}$$

10.- Cálculo de volumen de empaque

$$\text{Vol. de empaque} = \text{AREA} \times \text{ALTURA}$$

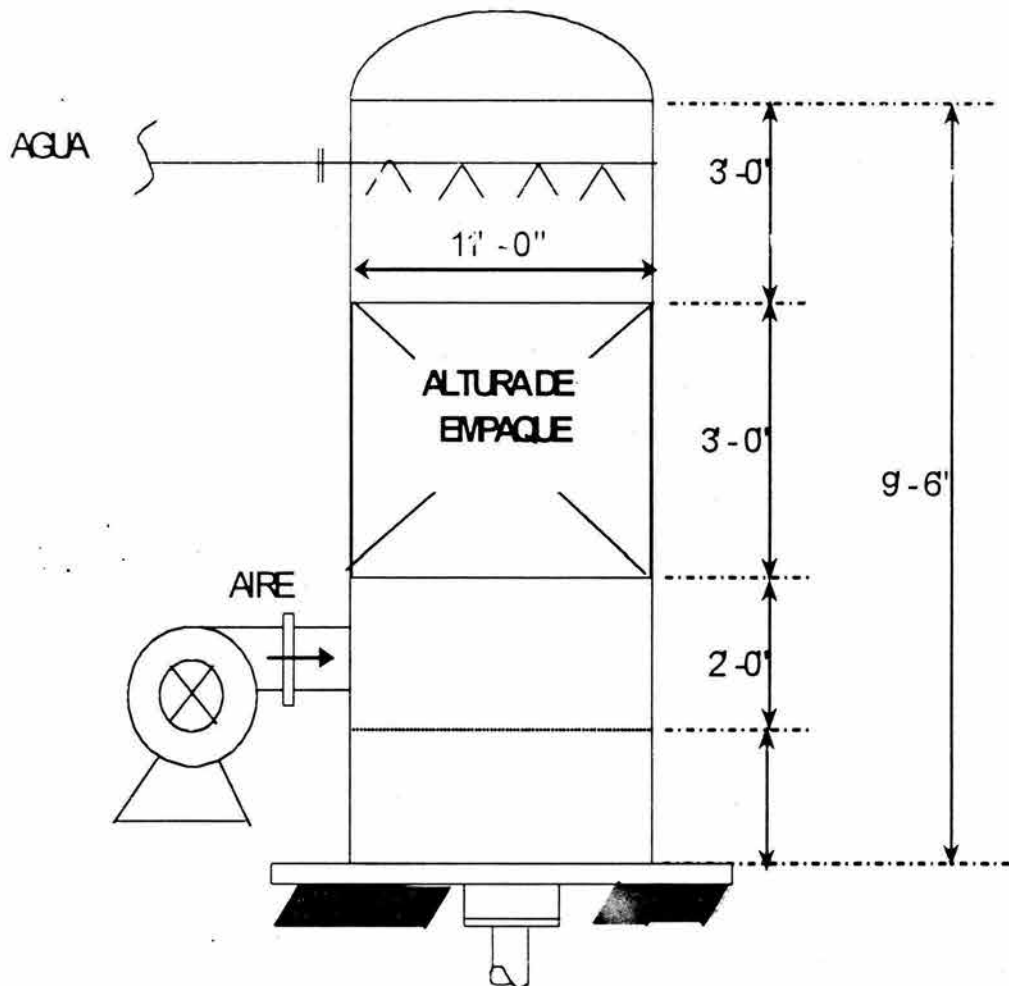
$$\text{Vol. de empaque} = 95.03 \text{ Ft}^2 \times 3 \text{ Ft}$$

$$\text{Vol. de empaque} = 285.1 \text{ Ft}^3, \text{ DECIR } 286 \text{ Ft}^3$$

11.- Dimensiones de la Torre Descarboxinadora

Finalmente las dimensiones calculadas de la torre descarboxinadora se muestran en la figura No. 10

Figura No. 10 Dimensiones de la Torre Descarboxinadora



**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo IV

Dimensionamiento de la cisterna

La capacidad de la cisterna debe ser calculada para un tiempo de residencia mínimo de 15 minutos, además de tener capacidad para almacenar durante este tiempo el flujo requerido para retrolavado, regeneración y desplazamiento de una unidad aniónica

Flujo de retrolavado =	260	GPM
Flujo de regeneración =	90	GPM
Flujo de desplazamiento =	90	GPM
TOTAL	440	GPM

Capacidad de almacenamiento de la cisterna = Flujo total almt. X tiempo de residencia

Capacidad de almacenamiento de la cisterna = 440 GPM x 15 minutos

Capacidad de almacenamiento de la cisterna = 6,600 Galones

Capacidad de almacenamiento de la cisterna = 882.3 Ft³

Si se considera una profundidad de 2 metros (6.56 Ft), y una relación L/D = 1 (igual a la normalización de PEMEX), tenemos:

Área de la cisterna = $\frac{\text{Capacidad de almt. De la cisterna}}{\text{Profundidad de la cisterna}}$

Área de la cisterna = $\frac{882.3 \text{ Ft}^3}{6.56 \text{ Ft}} = 139.35 \text{ Ft}^2$

Largo = Ancho = 11.6 Ft, redondeando: 12 Ft = 3.66 m.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo IV

TABLA No. 17

CONSTANTES DE LA LEY DE HENRY PARA VARIOS GASES

	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
AIRE	43,200	48,800	54,900	60,700	66,400	72,000	77,100	82,300	87,000	91,100	94,600	101,000	105,000	107,000	108,000	109,000
CO ₂	728	876	1,040	1,220	1,420	1,640	1,860	2,090	2,330	2,570	2 830	3,410				
H ₂	57,900	60,080	63,600	66,100	68,300	70,700	72,900	74,200	75,100	76,000	75,500	76,500	76,100	75,500	75,100	74,500
H ₂ S	26,800	31,500	36,700	42,300	48,300	54,500	60,900	67,600	74,500	81,400		103,000	119,000	135,000	144,000	148,000
N ₂	52,900	59,700	66,800	73,800	80,400	86,500	92,400	98,500	104,000	109,000	113,000	120,000	125,000	126,000	126,000	126,000
O ₂	25,500	29,100	32,700	36,400	40,100	43,800	47,500	50,700	52,500	56,300	59,800	62,900	66,300	68,700	69,900	70,100

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo IV

TABLA No. 18

CONCENTRACION DE BIOXIDO DE CARBONO EN EQUILIBRIO CON EL AIRE

°C	0	5	10	15	25	30	35	40	45	50	60
C_{WE} TEORICO	1.14	0.95	0.8	0.68	0.59	0.51	0.45	0.36	0.32	0.29	0.24
C_{WE} RECOMENDADO	3.42	2.85	2.4	2.04	1.76	1.52	1.34	1.07	0.97	0.83	0.73

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo IV

TABLA NO. 19

NTU COMO UNA FUNCIÓN DE $\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}}$ Y $\frac{Lm}{H \times Gm}$ PARA DESCARBONADORES DE TIRO FORZADO

$\frac{Lm}{H \times Gm}$

$\frac{C_{W2} - C_{WE}}{C_{W1} - C_{WE}}$

	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
5.0	1.51	1.62	1.63	1.63	1.64	1.65	1.66	1.67	1.68	1.69
6.0	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87	1.88
7.0	1.95	1.96	1.97	1.98	1.99	2.00	2.01	2.03	2.04	2.05
8.0	2.08	2.09	2.10	2.12	2.13	2.14	2.15	2.17	2.18	2.19
9.0	2.20	2.21	2.22	2.24	2.25	2.27	2.28	2.29	2.31	2.32
10.0	2.30	2.32	2.33	2.35	2.36	2.38	2.39	2.41	2.42	2.44
15.0	2.71	2.73	2.74	2.76	2.78	2.8	2.82	2.84	2.86	2.88
20.0	3.00	3.02	3.04	3.06	3.08	3.10	3.12	3.15	3.17	3.19
25.0	3.22	3.24	3.26	3.29	3.31	3.34	3.36	3.39	3.41	3.44
30.0	3.40	3.43	3.45	3.48	3.50	3.53	3.55	3.58	3.61	3.64
40.0	3.69	3.72	3.74	3.77	3.80	3.83	3.86	3.89	3.92	3.95
50.0	3.91	3.94	3.97	4.00	4.03	4.07	4.10	4.13	4.16	4.20
60.0	4.09	4.13	4.16	4.19	4.22	4.26	4.29	4.33	4.36	4.40
70.0	4.25	4.28	4.31	4.35	4.38	4.42	4.45	4.49	4.53	4.57
80.0	4.38	4.42	4.45	4.49	4.52	4.56	4.60	4.63	4.67	4.71
90.0	4.50	4.54	4.57	4.61	4.65	4.68	4.72	4.76	4.80	4.84
100.0	4.61	4.64	4.68	4.72	4.75	4.79	4.83	4.87	4.92	4.96
150.0	5.01	5.05	5.09	5.13	5.18	5.22	5.27	5.31	5.36	5.40
200.0	5.30	5.34	5.39	5.43	5.48	5.52	5.57	5.62	5.67	5.72
250.0	5.52	5.57	5.61	5.66	5.71	5.76	5.81	5.86	5.91	5.96
300.0	5.70	5.75	5.80	5.85	5.90	5.95	6.00	6.06	6.11	6.16
350.0	5.86	5.91	5.96	6.01	6.06	6.11	6.17	6.22	6.28	6.33
400.0	5.98	6.04	6.09	6.15	6.20	6.25	6.31	6.36	6.42	6.48
450.0	6.11	6.16	6.21	6.27	6.32	6.38	6.43	6.49	6.55	6.61
500.0	6.21	6.27	6.32	6.38	6.43	6.49	6.55	6.60	6.66	6.73

TABLA No. 20

CONSTANTES PARA EL CALCULO DE LA ALTURA DE TRANSFERENCIA PARA EL GRADO DE ELIMINACION DE CO₂ (HTU)) Y RANGO APLICABLE PARA VARIOS TIPOS DE EMPAQUE

EMPAQUE	a	b	RANGO DE L APLICABLE	
MASPAC FN 90	3.4215×10^{-3}	0.36673	1,000	20,000
MASPAC FN 200	2.4821×10^{-3}	0.36257	1,000	20,000
ANILLOS RASHING DE 2"	1.3686×10^{-2}	0.19499	200	30,000
1 1/2"	7.5711×10^{-3}	0.24839	300	30,000
1"	8.3088×10^{-3}	0.22734	500	15,000
1/2"	3.2×10^{-3}	0.33904	500	15,000
3/8"	1.8214×10^{-3}	0.41939	600	15,000
SILLETAS BEHR DE 1/2" Y 1 1/2"	4.3343×10^{-3}	0.30103	1,000	3,000
SILLETAS BEHR DE 1"	5.1739×10^{-3}	0.26186	1,000	30,000

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

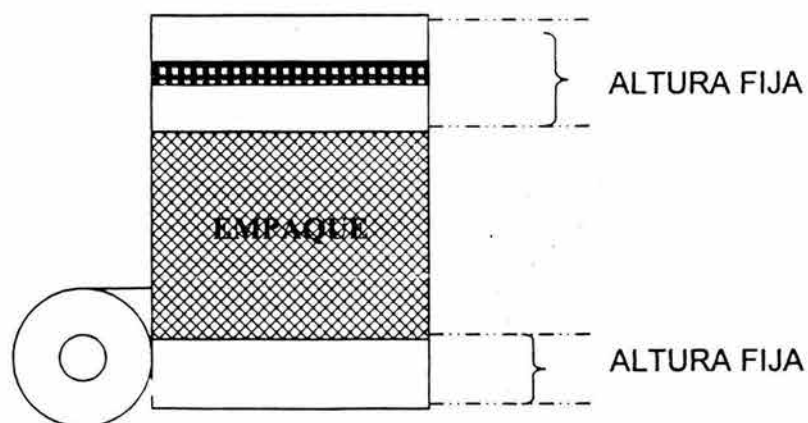
Capítulo IV

**TABLA No. 21 ANILLOS RASCHING DE 1" ϕ
CAPACIDADES DEL DESCARBONATADOR**

AREA Ft ²	DIAMETRO DEL DESCARBONATADOR	CAPACIDAD TOTAL MANEJADA POR EL DESCARBONATADOR GPM	ALTURA FIJA
0.780	12"	16	3' - 6"
1.570	18"	35	
3.140	24"	63	
4.580	2' - 6"	98	4' - 0"
7.000	3' - 0"	141	5' - 0"
9.100	3' - 6"	192	
12.500	4' - 0"	251	
15.300	4' - 6"	318	
19.600	5' - 0"	393	6' - 0"
28.300	6' - 0"	565	
38.500	7' - 0"	770	
50.300	8' - 0"	1000	
63.600	9' - 0"	1270	
78.500	10' - 0"	1570	8' - 0"
95.000	11' - 0"	1900	
113.000	12' - 0"	2260	
132.000	13' - 0"	2660	
153.900	14' - 0"	3080	8' - 6"
201.000	16' - 0"	4020	
254.000	18' - 0"	5080	
314.000	20' - 0"	6280	

La altura total del descarbonatador = altura fija + altura del empaque

La velocidad considerada para la realización de la grafica fue 20 GPM/FT²



**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo IV

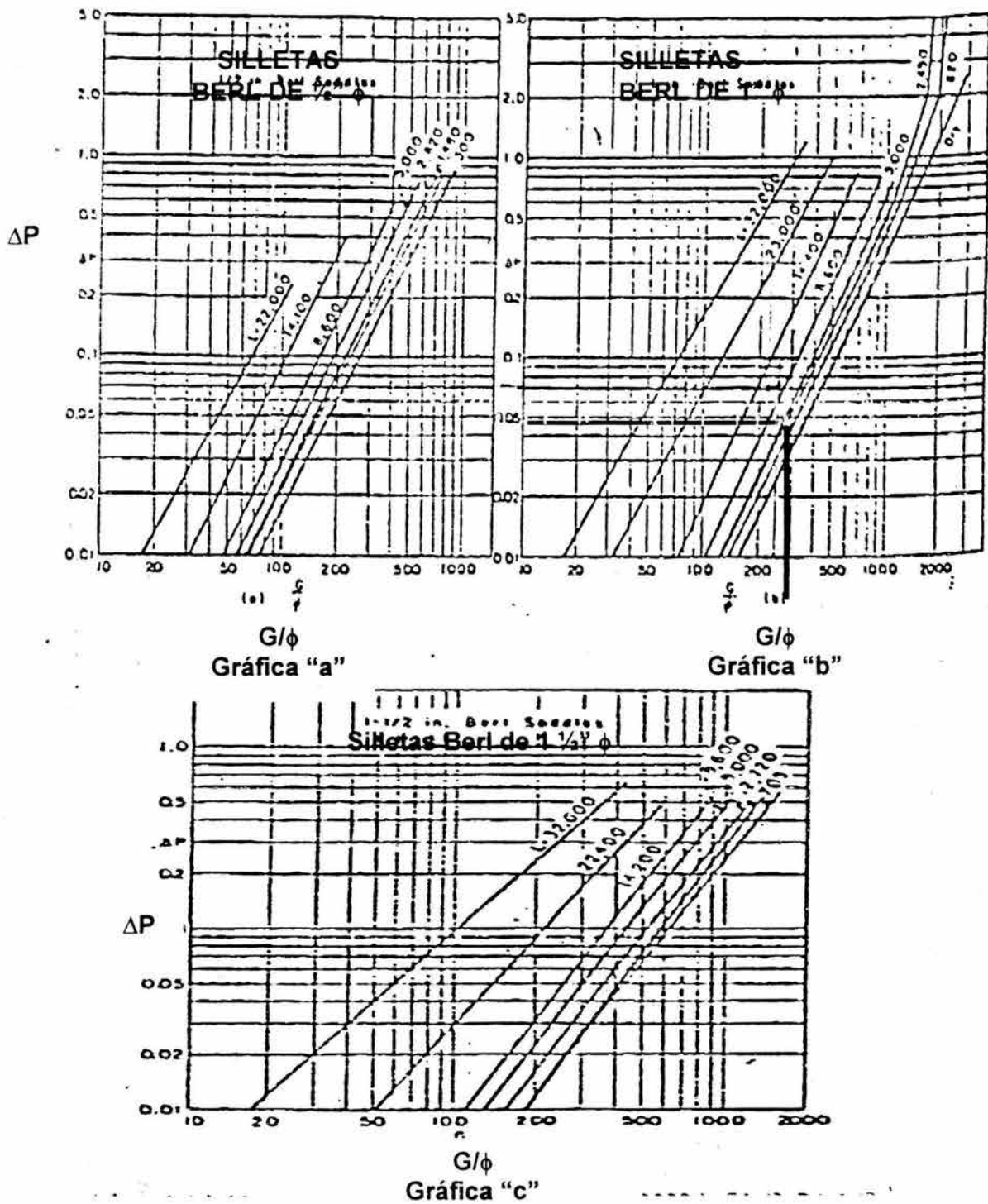
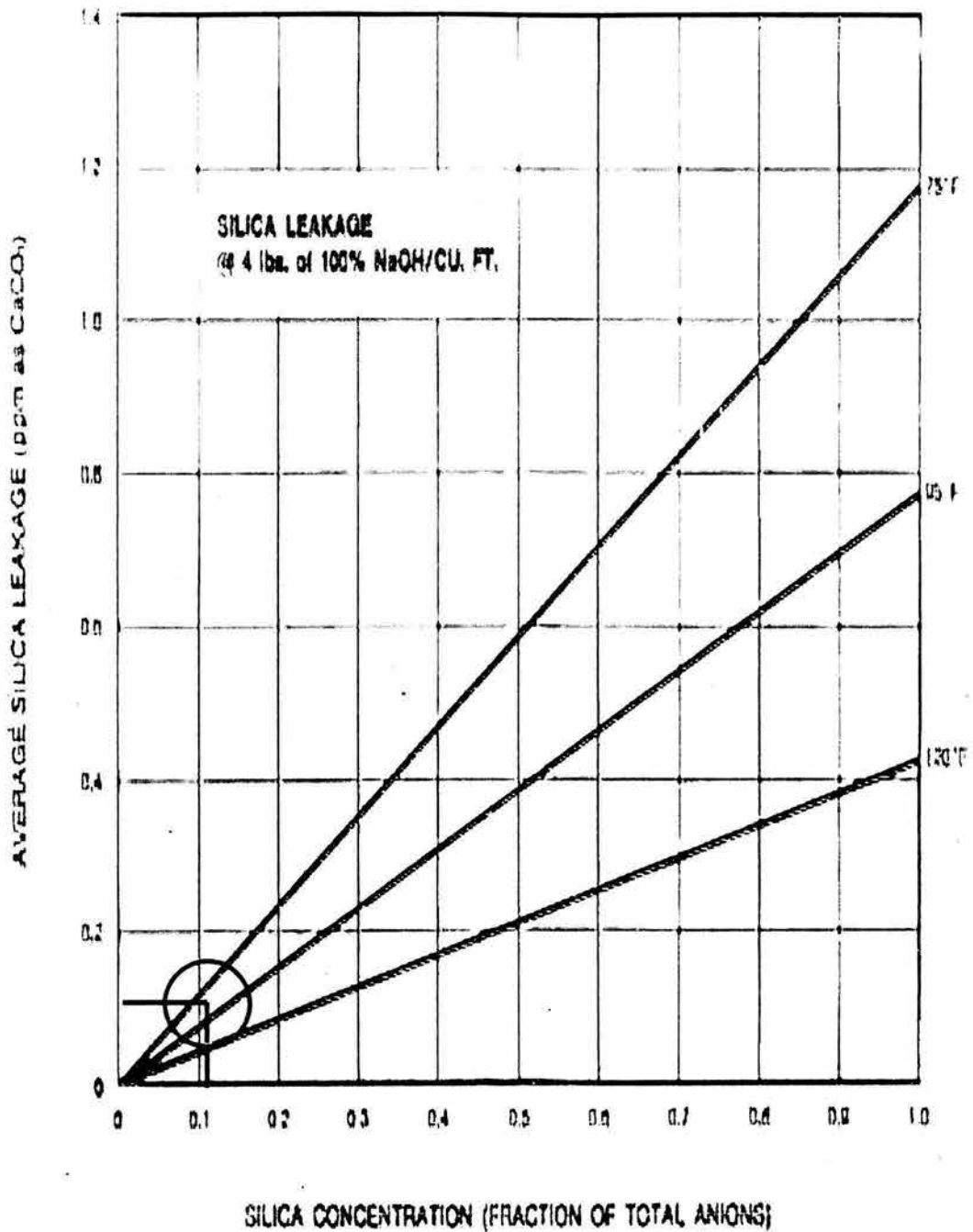
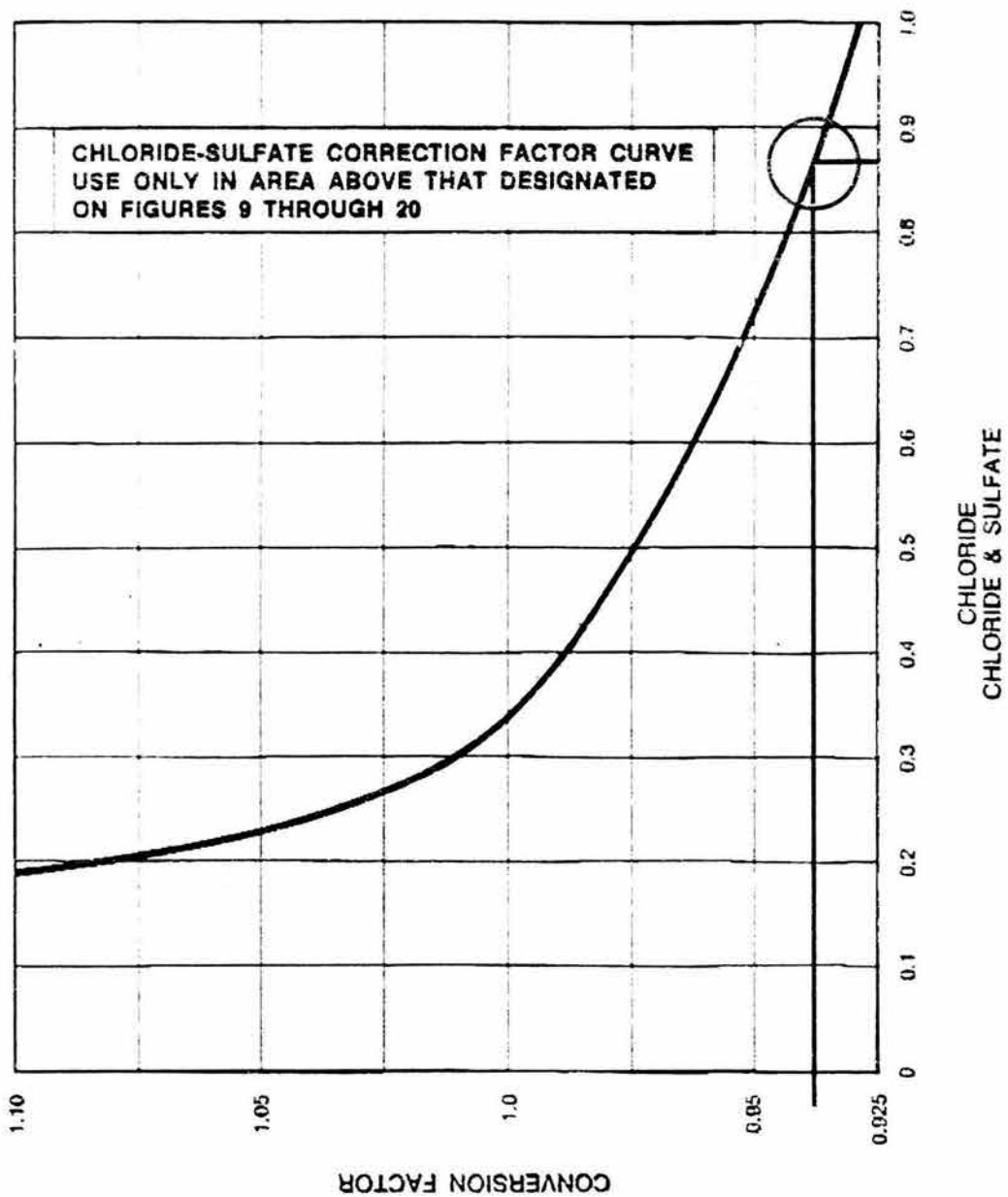


Figura No. 11 Caída de presión para silletas Berl



Gráfica No. 1 Fuga de Sílice considerando el uso de resina aniónica IRA -402 y nivel de regeneración 4 Lb/Ft³



Gráfica No. 2 Factor de corrección para la Fuga de Sílice por la presencia de Cl^- y $\text{SO}_4^{=}$

Gráfica No. 3 Capacidad de la resina para IRA - 402

AMBERLITE IRA-402 CAPACITY CURVES

Conditions

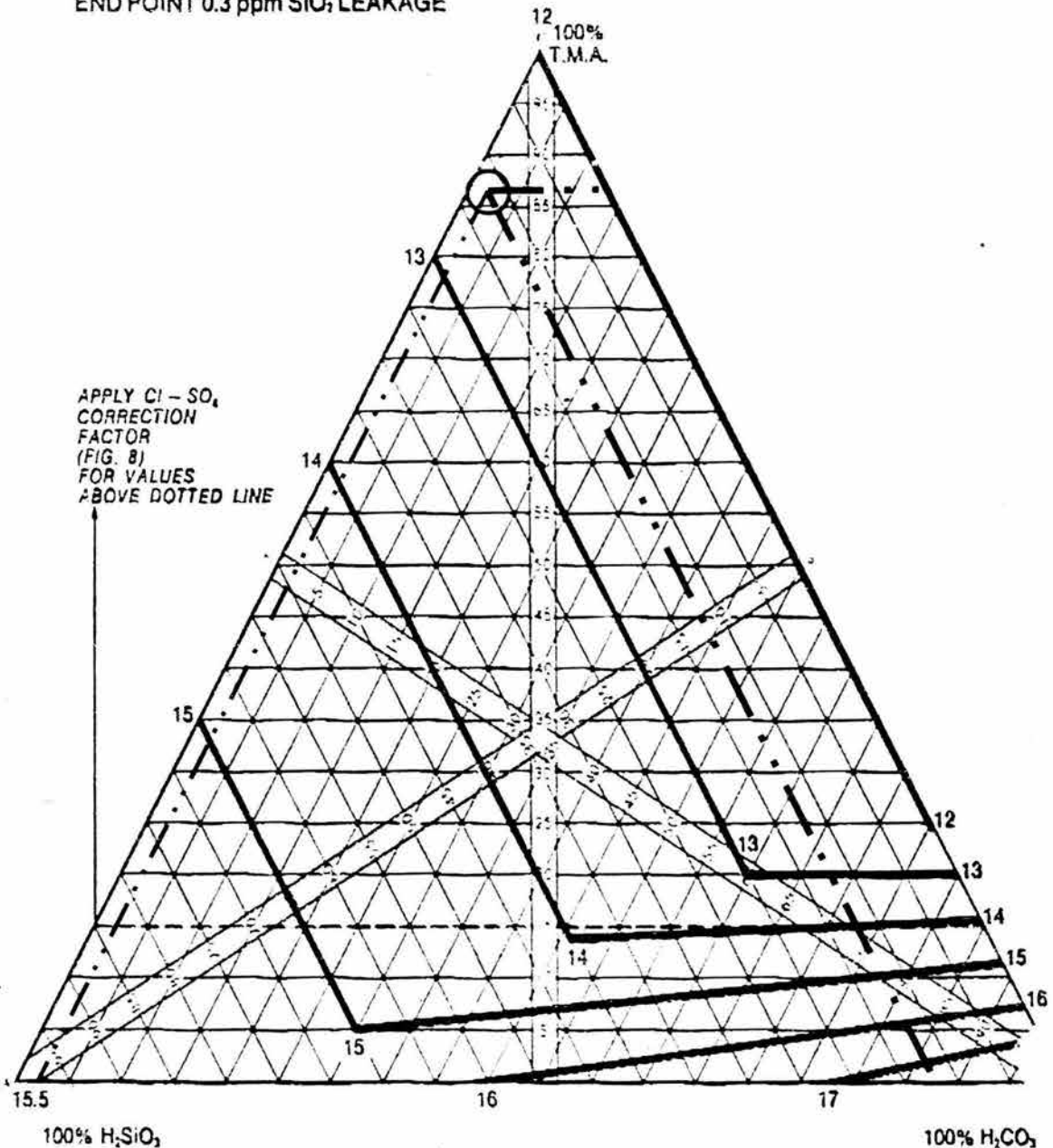
REGENERANT LEVEL 4 lbs. OF 100% NaOH/CU. FT.

TEMPERATURE 120°F

REGENERANT FLOW RATE 0.25 GPM/CU. FT.

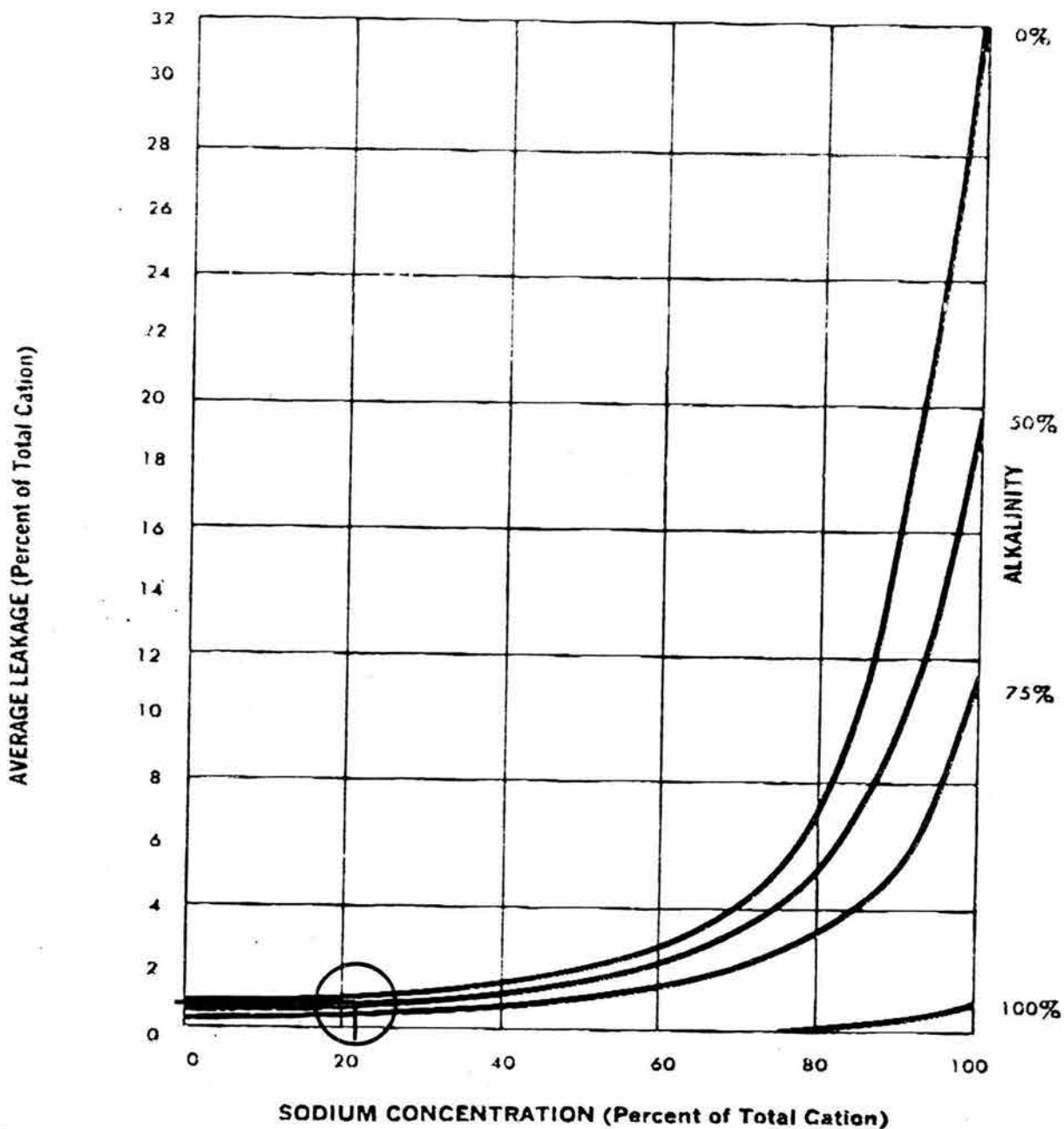
SERVICE FLOW RATE 2 GPM/CU. FT.

END POINT 0.3 ppm SiO₂ LEAKAGE



**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo IV**

Amberlite IR-120 leakage data
regeneration—6 lbs. H₂SO₄ (66° B_é)/ft³ (96g/l)



**Gráfica No. 4 Fuga de Na considerando resina catiónica
IR- 120 y nivel de regeneración 6 Lb/Ft³**

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo IV

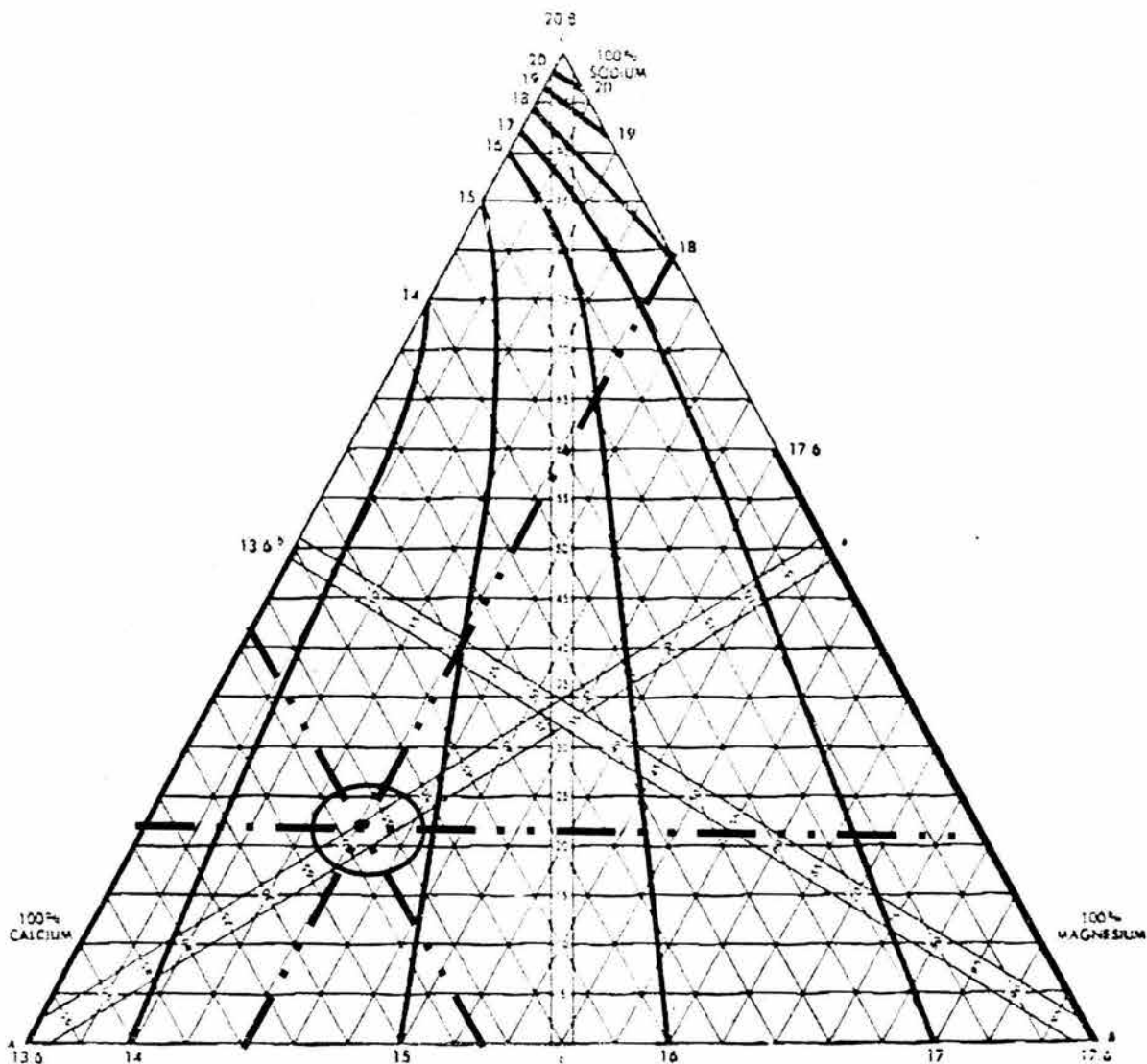
Figure 8

Amberlite IR-120 Iso-capacity data

regeneration—6 lbs. H₂SO₄ (66° B_é)/ft³ (96g/l)

Metric Conversion:

Kgr Ca CO₃/ft³ to g Ca CO₃/l = kgr Ca CO₃/ft³ x 2.29

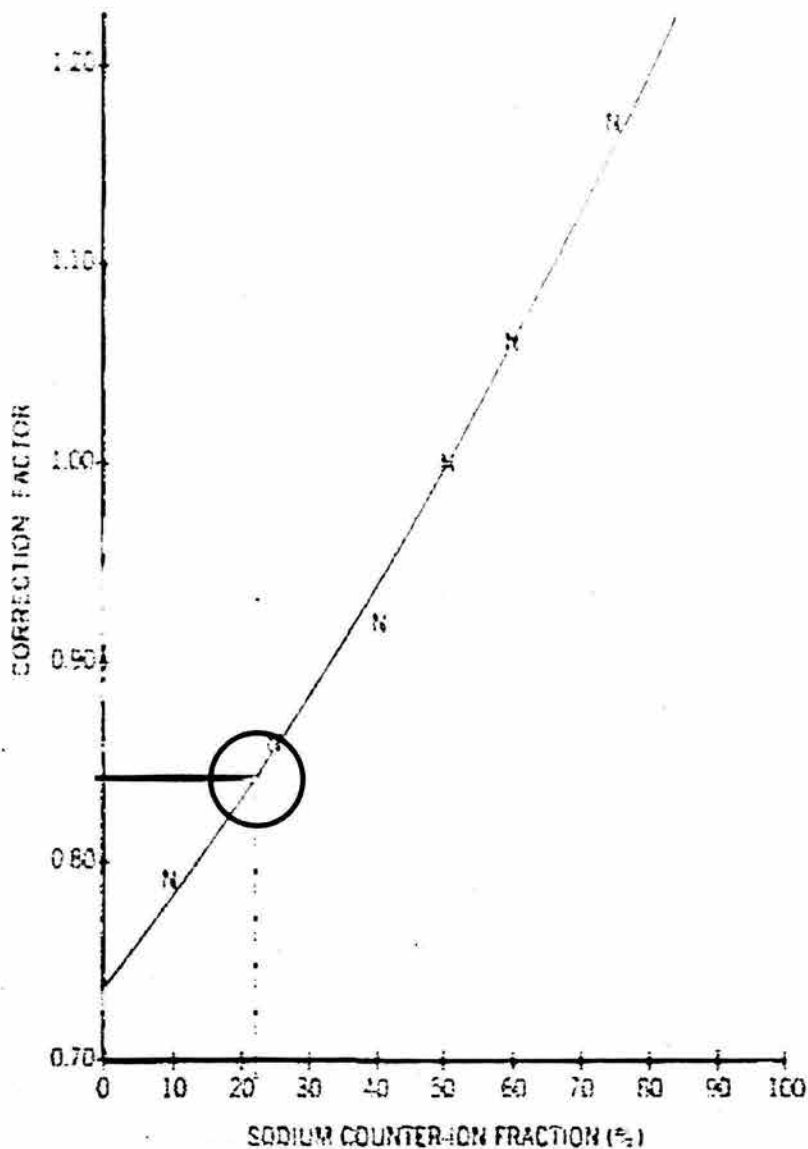


kilograins (as CaCO₃)/cu. ft. @ zero alkalinity

(adjust for other alkalinities—see figure 17)

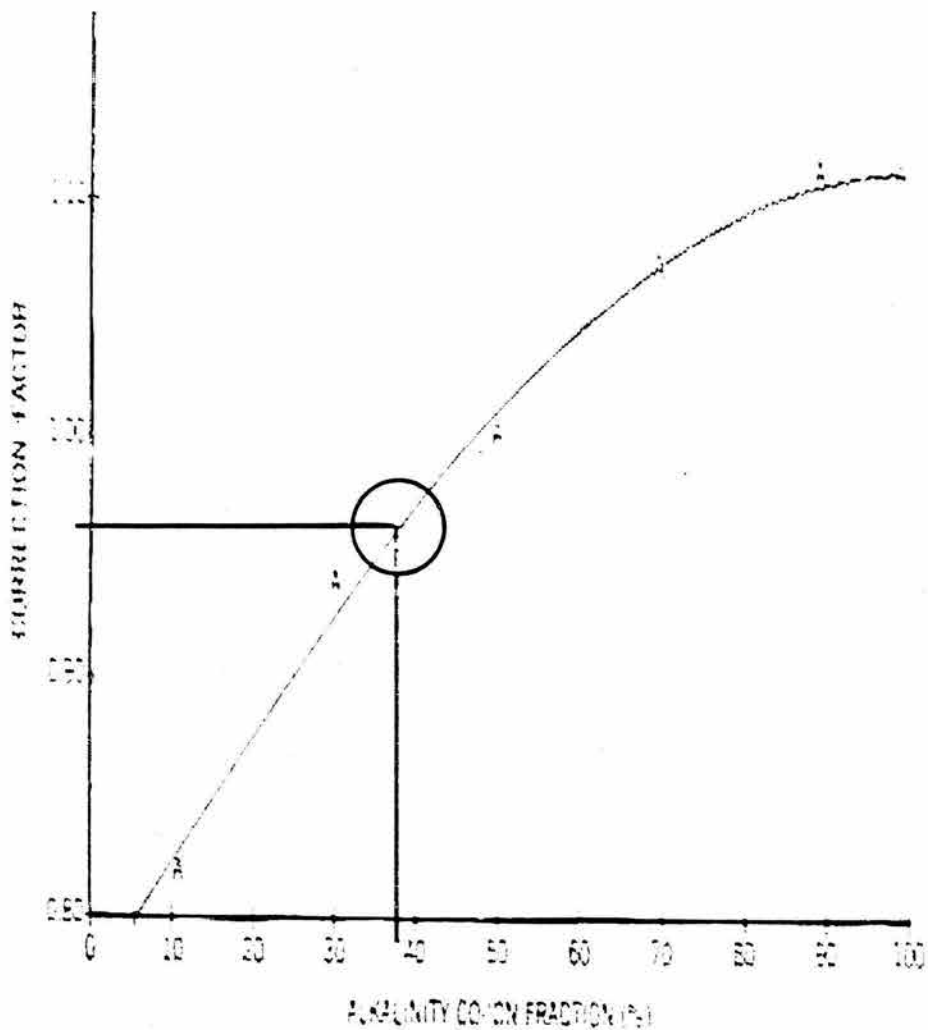
Gráfica No. 5 Capacidad de la resina IR -120

-column capacity vs. sodium influent
Amberlite IR-120 Plus countercurrent regeneration using 1.3% H_2SO_4



Gráfica No. 6 Factor de corrección para la capacidad de
la resina IR-120 por % de concentración de Na

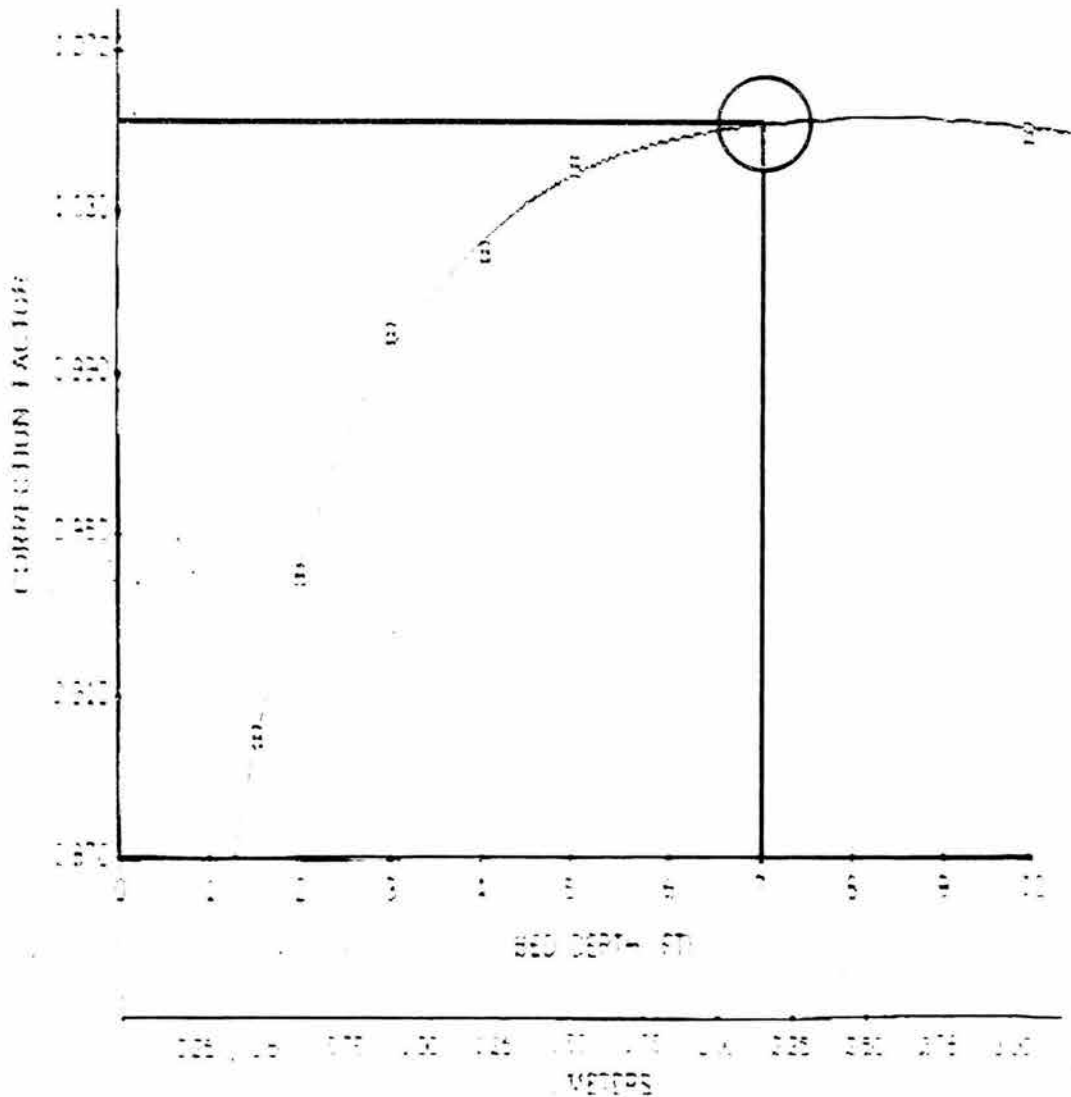
—column capacity vs. alkalinity influent
Amberlite IR-120 Plus countercurrent regeneration using 1.3% H_2SO_4



350-4

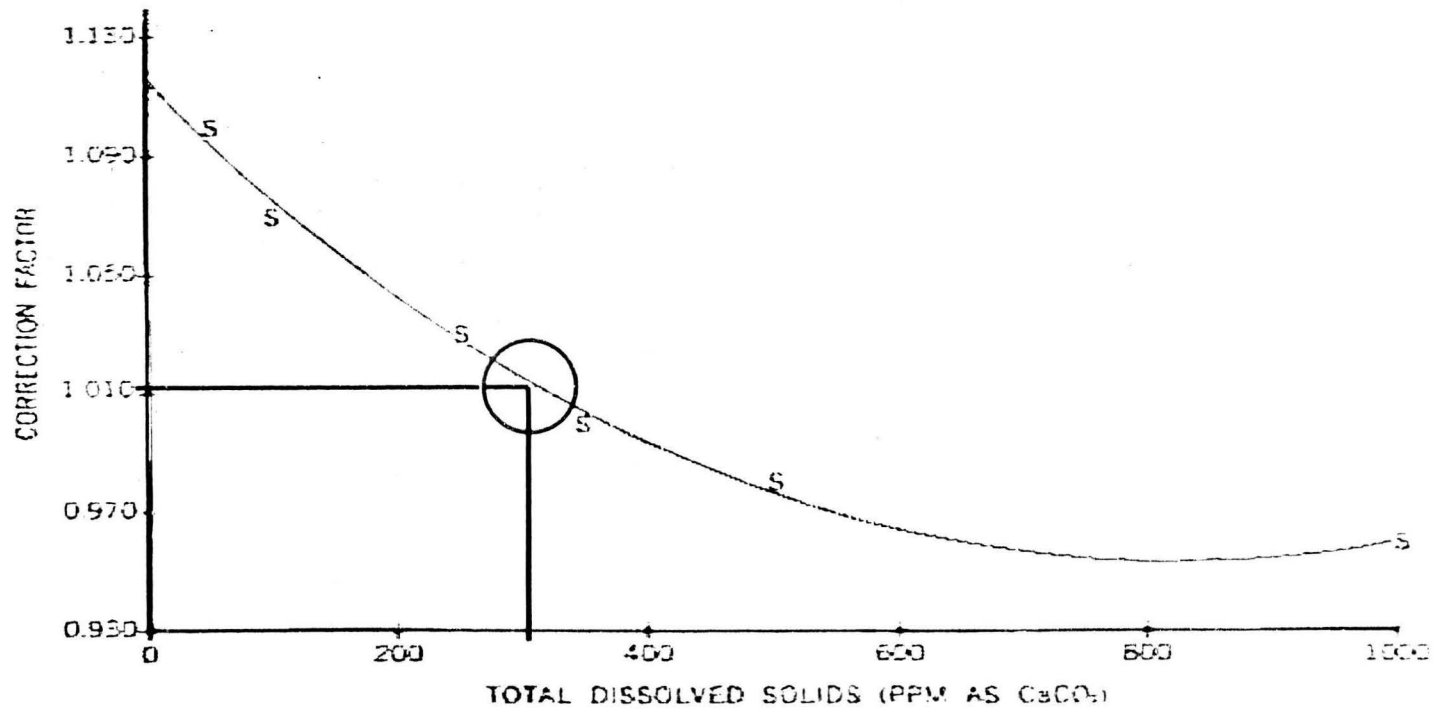
Gráfica No. 7 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por % de Alcalinidad

—column capacity vs. bed depth
Amberlite IR-120 Plus countercurrent regeneration hydrogen cycle



Gráfica No. 8 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por altura de la cama de resina

—column capacity vs. dissolved solids
Amberlite IR-120 Plus countercurrent regeneration hydrogen cycle



Gráfica No. 9 Factor de corrección para la capacidad de la resina IR-120 por cantidad de sólidos disueltos totales



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

IV.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE UNIDAD

HOJA: 1
DE: 5

DESMINERALIZADORA DE AGUA

SERVICIO: UNIDAD DESMINERALIZADORA DE AGUA

1. DESCRIPCIÓN

La unidad de desmineralización proporcionará el agua necesaria para cubrir los requerimientos de agua de proceso, para calderas, calderetas de los procesos y agua de atemperación a calderas, válvulas reductoras de presión y turbina de contrapresión. El equipo para desmineralización debe incluir: resina catiónica, desgasificador, resina aniónica, pulidor; debe incluir también su propio equipo de bombeo, tanque de neutralización, sistema de almacenamiento e inyección de químicos necesarios para regeneración de las resinas.

2. TRATAMIENTOS POSTERIORES

Desaereación térmica con vapor de baja presión.

3. BASES DE DISEÑO:

Es responsabilidad del Contratista el diseño, la fabricación, el suministro, la instalación, la integración, las pruebas y la puesta en operación de la Unidad Desmineralizadora de Agua

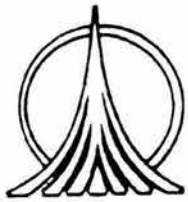
Además de la especificación del agua de alimentación a la unidad desmineralizadora, para el diseño de las unidades de intercambio iónico, debe emplearse por lo menos una serie de análisis típicos del agua clarificada proveniente del reactor clarifloculador CL-100. El tratamiento por desmineralización se diseñará tomando en cuenta unidades de lechos empacados con resina de intercambio iónico

Se recomienda que la regeneración de las resinas en las unidades de intercambio iónico tipo catiónico sea a contracorriente, el flujo de agua podrá ser ascendente y el flujo de regenerante descendente y para las unidades de intercambio iónico tipo aniónico será a co-corriente.

La Unidad Desmineralizadora de Agua debe modularse en tres trenes. La demanda máxima debe satisfacerse con dos trenes en operación, dejando un tercer tren para estar en posibilidades de regenerar las resinas de intercambio iónico sin interrumpir el servicio.

3.1 Condiciones de la alimentación

	Máximo	Normal	Mínimo
Temperatura, °C:	42	33	12
Flujo, GPM	1850	1200	1200
Presión, kg/cm ² man:	6.0	5.0	5.0
Procedencia:	Agua clarificada	del clarifloculador	CL-100



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

IV.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE UNIDAD

HOJA: 2
DE: 5

DESMINERALIZADORA DE AGUA

3.2 Características de la alimentación (14)

3.2.1 Generales

Agua pretratada
Valor

Calcio	ppm como CaCO ₃	162.0
Magnesio	ppm como CaCO	59.9
Sodio	ppm como CaCO ₃	48.0
Potasio	ppm como CaCO ₃	14.3
Bicarbonatos	ppm como CaCO ₃	111.1
Sulfatos	ppm como CaCO ₃	149.2
Cloruros	ppm como CaCO ₃	23.9
Dureza total	ppm como CaCO ₃	221.9
CO ₂ libre	ppm como CO ₂	19.1
Silice	ppm como SiO ₂	25.9
Turbidez	ppm como CaCO ₃	10
pH		10.2

3.2 Condiciones del producto

	Máximo	Normal	Mínimo
Temperatura, °C:	42	33	12
Flujo, GPM	1850	1200	1200
Presión, kg/cm ² man:	3.5	3	2.5

3.3 Especificaciones del producto

	Valor
Fuga de sodio ppm	5
TDS máximo ppm	5
SiO ₂ ppm	0.1

3.4 Condiciones de sitio

3.4.1 Condiciones climatológicas

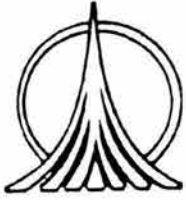
Temperatura, °C	Bulbo seco	Bulbo húmedo	Humedad Relativa
Máxima	42	35	98% @ 38°C
Mínima	12	2	44% @ 17°C
Promedio	32	28	75%

3.4.2 Atmósfera

La presión barométrica es de 759 mm Hg, ambiente marino con depósitos de sal, clima tropical húmedo, humos que atacan al cobre (amonio, sulfuro) y ambiente corrosivo por SO_x, NO_x y H₂S.

3.5.3 Información sismológica

Ver Estudio de Mecánica de Suelos y Análisis de Riesgo Sísmico en la sección de Ingeniería Civil.



PLANTA:	FECHA DE EMISION
CLIENTE:	
IV.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE UNIDAD	
DESMINERALIZADORA DE AGUA	
	HOJA: 3 DE: 5

3.4.4 Vientos

Reinantes de NE - SO y dominantes de SE - NO, con una velocidad máxima de 200 km/h.

3.5 Características de alimentación a motores (Especificación gral. de Pemex GS-E001 revisión 2003)

Potencia (HP)	Volts	Fases	Ciclos
	V	ϕ	Hz
Hasta 1	127/220	1/3	60
De 1 a 150	460	3	60
De 151 a 1999	4.000	3	60
2000 y mayores	13.200	3	60

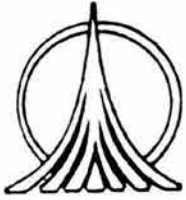
Las tensiones de suministro deberán ser 127, 220, 480, 4160 y 13800 Volts.

3.6 Corriente para alumbrado e instrumentos

La corriente para alumbrado	127/220 Volts, 1/3 fases y 60 ciclos
La corriente para instrumentos de control	127 Volts, 1 fase y 60 ciclos, y 24 V CD

NOTAS:

- 1.- El Contratista debe especificar en su propuesta técnica el tipo de resina a utilizar, el consumo de agentes químicos, consumo de potencia, equipos e instrumentación requeridos y cualesquier otro dato relativo para la integración del paquete a la Planta de Servicios Auxiliares y/o para su regeneración en forma segura y confiable. También debe especificar los métodos analíticos de control de acuerdo al perfil requerido a la salida del paquete y las curvas de comportamiento de la resina y la filosofía de control del sistema.
- 2.- La Unidad Desmineralizadora de Agua debe ser modulada en tres trenes de 400 GPM cada uno.
- 3.- Deberá considerar e incluir las facilidades necesarias para el envío de señales de las variables principales al sistema de control de la propia unidad así como comunicación con el sistema de control del clarifloculador CL-100
- 4.- Éste equipo paquete se debe diseñar para un máximo de eficiencia, máximas corridas de operación, tiempo mínimo fuera de operación, mínimo mantenimiento y consumo mínimo de regenerante, incluyendo su almacenamiento.
- 5.- Los tanques para la neutralización de los efluentes de la regeneración deberán ser de concreto con un recubrimiento antiácido y elevados a una altura de por lo menos 0.8 mts., de modo que sea posible detectar fugas, el Contratista debe especificar las características de éste efluente.
- 6.- Cada cámara debe diseñarse para contener los incrementos de volumen que sufre la resina durante su expansión.



PLANTA:

FECHA DE
EMISION

CLIENTE:

IV.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE UNIDAD

HOJA: 4
DE: 5

DESMINERALIZADORA DE AGUA

- 7.- El diseño del sistema de neutralización, (incluyendo descargas de unidades catiónicas y aniónicas), debe garantizar una mezcla homogénea de las descargas ácidas y alcalinas, con control de pH para evitar al máximo la necesidad de neutralizante. No debe emitirse efluentes contaminantes al medio ambiente. El Contratista debe de especificar el tipo y características de los materiales antiácidos para recubrir las áreas de la planta (fosas, diques y pisos).
- 8.- El Contratista deberá incluir y suministrar los químicos necesarios para garantizar el mantenimiento y conservación de los equipos y las resinas.
- 9.- Se deberá usar resina catiónica fuerte, del tipo copolímero estireno-divinilbenceno, con grupo funcional sulfonato y una capacidad total de intercambio iónico de 2.0 meq/ml (forma Na⁺) como mínimo, con un tamaño promedio de 0.57 a 0.67 mm.
- 10.- Se deberá usar resinas aniónicas fuertes, del tipo copolímero estireno-divinilbenceno, con grupo funcional amina, con una capacidad total de intercambio iónico de 1.30 meq/ml (forma Cl⁻) como mínimo y un tamaño promedio de 0.60 a 0.80 mm.
- 11.- El diseño de los tubos distribuidores y cedazos debe garantizar una distribución uniforme del flujo de agua a través de la resina para evitar canalizaciones, así mismo, deben garantizar una distribución uniforme de regenerante. El Fabricante debe instalar todos los internos de la Unidad Desmineralizadora de Agua en material de acero inoxidable. Los Recipientes y Tuberías deben ser ahulados internamente; no se aceptan materiales de fierro fundido ni bronce.
- 12.- Las unidades desgasificadoras deben ser de tipo atmosférico, con doble ventilador y sello ahulado que evite fuga de agua ácida. Cada ventilador debe tener capacidad para soportar el 100% de la carga requerida.
- 13.- Debe incluirse el sistema de bombeo y líneas hasta el lugar destino del agua desmineralizada, similarmente, los efluentes se deben integrar para su envío a la nueva unidad de tratamiento primario de efluentes de la refinería.
- 14.- Los Sistemas de Instrumentación, Control y Protección de la Unidad Desmineralizadora de Agua se deben integrar al Sistema de Control Distribuido del Área de Servicios Auxiliares.
- 15.- Para el diseño del tanque de neutralización, el Contratista debe considerar e incluir la recepción del agua de retrolavado del sistema de Tratamiento de Condensado Limpio.
- 16.- La operación, protección y monitoreo de la unidad desmineralizadora debe realizarse desde su propio control lógico programable (automática), con opción de poder operar las válvulas manualmente.



PLANTA:

FECHA DE
EMISION

CLIENTE:

IV.1.3.- ESPECIFICACION GENERAL DE UNIDAD

HOJA: 5
DE: 5

DESMINERALIZADORA DE AGUA

- 17.- Se deben diseñar y suministrar plataformas de acceso para operación, mantenimiento a tanques, recipientes y para la operación manual de válvulas.
- 18.- Se deben incluir entradas hombre en todos los tanques y recipientes a fin de permitir su supervisión, reposición del recubrimiento e internos y demás trabajos de supervisión y mantenimiento.
- 19.- Los recipientes, así como las tuberías deben diseñarse en acero al carbon y se debe aplicar un recubrimiento ahulado para su protección.
- 20.- Las válvulas automáticas de control deben ser tipo diafragma y las manuales tipo vertedero; las válvulas de agua decarbonizada hacia la torre descarbonadora podrán ser tipo mariposa siempre y cuando sean de acero inoxidable 316L.
- 21.- Los internos de los recipientes (distribuidores y cedazos) deben diseñarse para soportar cambios bruscos de presión (golpes de ariete), dilatación, contracción, corrosión, erosión, características del agua y productos químicos empleados para la regeneración.
- 22.- Deben instalarse tanques para almacenamiento de regenerante, con su respectivo equipo de bombeo y sistema de dosificación automático integrado al sistema de control de la desmineralizadora
- 23.- Se deben incluir las líneas y el equipo de bombeo necesario para el envío del efluente hacia las fosas de neutralización
- 24.- La unidad desmineralizadora de agua debe cumplir con las Normas, Códigos y Especificaciones siguientes:

CONCEPTO	NORMA, CÓDIGO O ESPECIFICACIÓN *
Recipientes a Presión	ASME Sección VIII, Div. 1
Tubería	ANSI
Electricidad	NEMA, NE, ANSI, NOM-SEMIP, GS-E001
Ruido	NOM-011-STPS-2001
Seguridad	API, ASME, OSHA
Instrumentación	ISA, API, ASME, NACE, NEC, ISO, Normas PEMEX
Bombas	API 610, 674, 675 y 676
Bombas (sellos)	API 610, API 682
Desechos	EPA, NOM-002-SEMARNAT-1996
Materiales	ASTM
Construcción	Normas de la CFE y de PEMEX, IIE
Válvulas de Seguridad	ASME Sección VIII, API RP 521
Paquetes de Inyección de Químicos	ASME Sección VIII Div. 1, IMP 411-ET-04-REV-0

* Se debe aplicar la revisión vigente en el momento de la licitación.

Capítulo V Desaeración

V.1.1 Fundamentos de la Desaereación

Generalmente, el agua usada para calderas, consiste de una mezcla de condensados y agua de repuesto; dependiendo del propósito para el cual usa el vapor (generación de fuerza, calentamiento, etc.), la proporción del agua de repuesto puede variar apreciablemente.

Los sistemas más usuales son los siguientes:

- a) Aquéllos en los cuales el vapor es usado esencialmente para generación de fuerza donde el agua de alimentación puede consistir hasta del 95 – 98.5 de condensado y de 2 -5% de agua de repuesto. En estos casos, es conveniente que el agua de repuesto sea destilada en evaporadores, o desmineralizada, después de lo cual la totalidad del agua de alimentación debe substancialmente estar libre de dureza, pero contendrá algo de sólidos y gases disueltos como oxígeno y bióxido de carbono en solución.
- b) Aquéllos en los cuales el vapor es usado tanto para generación de fuerza, como para proceso, donde el condensado obtenible para alimentación a la caldera es considerablemente menor que en el caso anterior y consecuentemente el agua de repuesto requerida es proporcionalmente mayor. En algunos casos la cantidad de repuesto puede ser 100% de la alimentación total.

El agua de alimentación constituida por el 100% de repuesto de agua suavizada externamente, o alternativamente agua cruda a la cual se le deben agregar químicos para "tratamiento interno", es probable que contenga un grado mayor de dureza de sales y sólidos en solución y en tales casos es importante que se seleccione la mejor fuente de agua disponible.

Es deseable inyectar ciertos químicos en el sistema de alimentación y algunas veces en los domos de agua y vapor de la caldera para tener el mínimo de depósitos, formación de incrustaciones y corrosión, no únicamente en la caldera sino también en las líneas de alimentación a calentadores, economizadores, sobrecalentadores y maquinaria motriz. Las características químicas recomendables para el agua de alimentación a la caldera son las indicadas en la tabla No. 22

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo V**

Tabla No. 22 Límites recomendados para agua de alimentación a calderas y agua de la caldera

Agua de alimentación a calderas				
Presión de la Caldera (Lb/in ² man)	Baja presión (hasta 250)	Mediana presión (250 – 500)	Alta presión (500 – 1000)	Arriba de 1000
Dureza expresada en ppm CaCO ₃	No mas de 10 (preferentemente)	10 – 15 (Dependiendo de la presión)	< 5	0.0
	pH no menos que 8.5 con agua sin desaerear	pH 8.0 – 8.5 con agua desaereada físicamente	pH 7.5 a 8.0 con agua desaereada totalmente (física y química)	
Contenido de oxígeno en ml/litro	No hay recomendación. Depende de la alcalinidad y medios de alimentación	0.05 para la baja presión en este rango y 0.02 para a alta presión	0.0. Desaereación física y química del agua	
Sulfato de sodio	Suficiente para tener una relación Na ₂ SO ₄ /NaOH no menor que 2.5 en el agua, cuando los domos están remachados			
Agua de la caldera				
Presión de la Caldera (Lb/in ² man)	Baja presión (hasta 250)	Mediana presión (250 – 500)	Alta presión (500 – 1000)	Arriba de 1000
Dureza	0.0	0.0	0.0	0.0
Alcalinidad total	No menor que 15% a 10% de los sólidos disueltos totales	Aumentando por las condiciones del agua de alimentación y la adición del fosfato		
pH	No menor que 10.5			
Sulfito de sodio en ppm Na ₂ SO ₃	-----	10 -15	10 - 15	No más que 2 – 3
Na ₂ SO ₄	No debajo de 2.5 por peso cuando los domos están remachados			
Na ₃ PO ₄ en ppm	50 -100	50 - 100	30 – 50	20 - 30
Sólidos totales en ppm	±7000 (máx) en baja presión. ± 5000 en la presión mas alta	± 5000 en baja presión. ±2500 en la presión alta	± 2500 en baja presión. ± 1000 en la presión alta	

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo V

Los gases disueltos están normalmente en el agua de alimentación debido al contacto con la atmósfera, por ejemplo, el agua de alimentación se almacena en tanques abiertos o en condensados derivados de la calefacción o plantas de proceso. Los gases principales son oxígeno y bióxido de carbono, la presencia de los cuales les puede causar corrosión muy severa en la caldera, calentadores de agua de alimentación, líneas de condensados y tuberías de alimentación. Es recomendable que estos gases sean reducidos a valores mínimos en el agua de alimentación, ya que pasan por la caldera junto con el vapor y reaparecen en el condensados.

Con el fin de reducir el contenido de gases del agua de alimentación, es común emplear una planta desaeradora independiente en la cual los gases sean removidos de la solución por calentamiento con vapor, ya sea bajo presión o más comúnmente bajo vacío y así descargarlos a la atmósfera.

Donde el vapor de las calderas es usado en turbinas con condensador y el porcentaje de agua de repuesto es pequeño, es práctica común agregar el repuesto dentro del condensador de la turbina.

No es posible dictar reglas severas tales como el grado de desaereación necesaria para todas las presiones de las calderas, sin embargo la experiencia sugiere que debajo de presiones de trabajo de 17.5 Kg/cm² man. (260 Lb/in² man) no es necesario instalar un Desaerador en el sistema de alimentación y la protección contra la corrosión se asegura según la alcalinidad del agua a la caldera. Sin embargo, si el vapor es usado en procesos de calentamiento, los gases en el condensado pueden causar corrosión en la planta de proceso y en la tubería y por lo tanto la desaereación puede ser recomendada en tales casos. Cuando hay instalados economizadores con tubos de acero se recomienda la desaereación sin importar la presión de operación.

A presiones de operación entre 17.5 y 35 Kg/cm² man (250 y 500 Lb/in² man) el contenido de oxígeno disuelto en el agua de alimentación preferiblemente no debe exceder de 0.05 ml/litro y si es posible debe reducirse en el rango de presión mayor por lo menos a 0.02 ml/litro. Para presiones mayores de 500 Lb/in² man. es conveniente que el contenido de oxígeno disuelto, se elimine por completo, primero por desaereación química y después por desaereación física.

Cuando las presiones de operación excedan de 70 Kg/cm² man. (1000 Lb/in² man) es deseable que la desaereación sea más eficiente para reducir al mínimo la adición de químicos.

La tabla No. 23 muestra las concentraciones máximas permisibles en calderas, de sólidos totales, alcalinidad, fosfatos, etc.

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo V**

Tabla No. 23 Concentraciones máximas permisibles en calderas en ppm

CARACTERISTICA DEL AGUA	PRESION (PSIG)						
	HASTA 300	301 - 450	451 - 600	601 - 750	751 - 900	901 - 1000	ARRIBA DE 1000
SOLIDOS TOTALES	3500	3000	2500	2000	1500	1250	1000
SOLIDOS DISUELTOS	2500	2300	2100	1900	1430	1200	980
SOLIDOS SUSPENDIDOS	1000	700	400	100	70	50	20
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	500	420	340	260	180	120	80
ALCALINIDAD AL ANARANJADO DE METILO	600	500	400	300	220	150	100
FOSFATOS	100	80	60	40	20	10	5
SULFITOS	80	60	40	30	20	10	5
SILICE	120	80	50	30	20	10	5

Desaereación Química

En los últimos años, el uso de hidracina hidratada, se utiliza para la absorción de oxígeno disuelto y se ha encontrado que su uso es satisfactorio hasta presiones de alrededor de 70 Kg/cm² man., sustituyendo el uso del sulfito de sodio, para realizar la desaereación química, debido a que ésta no incrementa el contenido de sólidos en el agua de la caldera ni puede descomponerse, y si esto ocurre, produce ácidos volátiles..

Si se desea que la reacción con el oxígeno sea tan completa como sea posible, en el sistema de alimentación y para asegurar esta reacción, el punto de introducción de la hidracina en el sistema de alimentación será lo más lejano posible de la caldera.

Agregando hidracina con exceso controlado, el amoníaco producido por descomposición puede proveer medios para asegurar una condición alcalina apropiada en los sistemas de

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo V**

agua de condensado y en el vapor. Se practica este exceso controlado para evitar un aumento indebido del amoníaco en el vapor, aunque no existe mucho peligro de corrosión del cobre en la planta del condensado, pero es esencial una buena desaereación.

La reacción que se lleva a cabo al agregar hidracina, es:



La desaereación química con hidracina puede modificar la alcalinidad del agua de alimentación debido a las reacciones ocurridas en la caldera. El producto de la descomposición de la hidracina, es amoníaco y la presencia de amoníaco en el agua de alimentación si únicamente llega a 0.5 ppm, es igual a dar un pH superior a 9.0. Con esta condición satisfecha, está claro que no es necesario un tratamiento alcalino posterior en la línea de alimentación, pero en algunos casos puede ser necesario agregar algo a la caldera para mantener la causticidad del agua de la caldera al nivel requerido.

Clasificación de Desaereadores

Los dos tipos principales de desaereadores son: el tipo de charolas y el tipo de espreas. Los dos se basan en el mismo principio, que consiste en poner el agua en contacto de vapor, en donde la presión parcial de los gases no condensables es prácticamente nula, además que su tendencia a escapar del líquido es incrementada por la elevación de temperatura del agua hasta el punto de ebullición, en estas condiciones se obtiene una remoción óptima de los gases disueltos.

Desaereadores de espreas

En estos equipos, el agua entra al desaereador a través del condensador de venteo hacia las válvulas de atomización, cuyo fin es atomizar el agua para que ésta ofrezca una gran superficie de contacto con el vapor. El agua precalentada y parcialmente desgasificada fluye entonces hacia abajo a través de un distribuidor hacia el lavador de vapor, en esta sección se mezcla con el vapor que entra y se derrama hacia el tanque de almacenamiento. Un desaereador de espreas se muestra en la figura No. 12

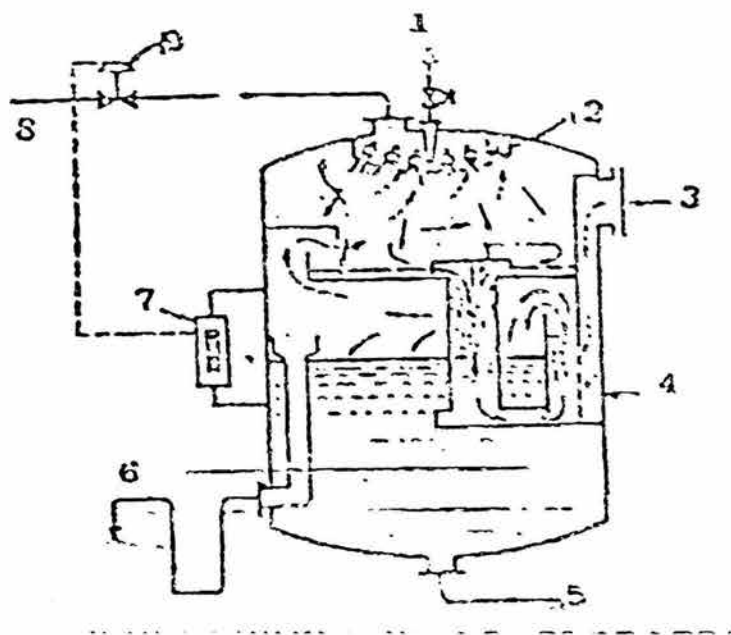


Figura No. 12 Desaerador del tipo espumas

Donde:

- 1 Válvula de salida de los gases
- 2 Mampara de condensación
- 3 Entrada de vapor
- 4 Caja
- 5 Salida de agua desaerada
- 6 Sello
- 7 Flotador
- 8 Entrada de agua
- 9 Control de nivel

Desaerador de Charolas

En los desaeradores de charolas, el agua gotea sobre una superficie de charolas superpuestas, al mismo tiempo que pasa una corriente de vapor a contracorriente, flujo cruzado o flujo paralelo, dependiendo del tipo de diseño del desaerador; como en el otro tipo, el agua entra por el condensador de venteo, pasa por distribuidores, baja por las charolas y pasa al tanque de almacenamiento. Un desaerador del tipo charolas se muestra en la figura No. 13

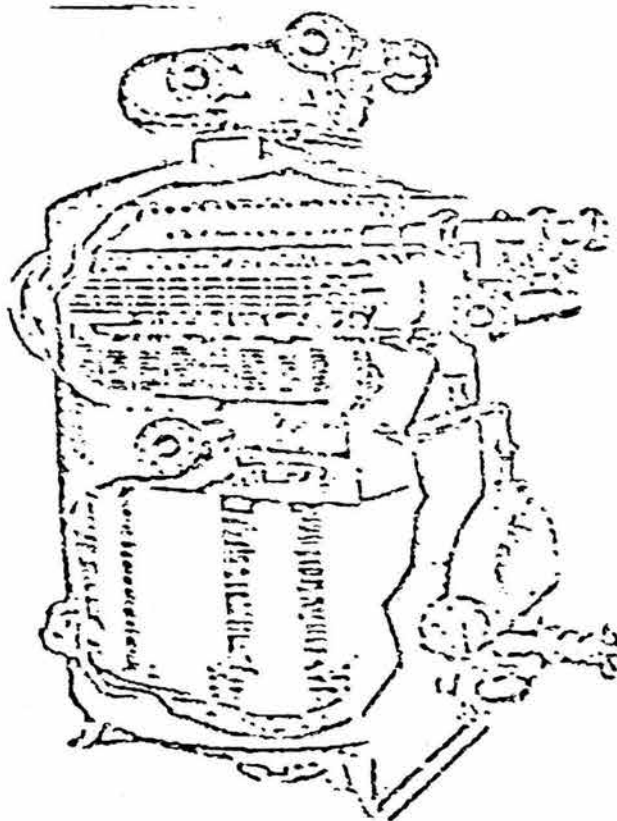


Figura No 13 Desaerador del tipo charolas

Capacidad

Generalmente se toma la capacidad de salida que comprende el agua de repuesto, el retorno de condensados y el vapor suministrado al desaerador.

En general, los desaeradores del tipo espumas cubren un rango de 4000 Kg/Hr a 440,000 Kg/Hr, y los del tipo charolas de 8000 Kg/Hr a 370,000 Kg/Hr.

La capacidad del tanque de almacenamiento es normalmente para un tiempo de retención de 10 minutos.

Presión y temperatura del vapor disponible

Estas variables dependen del vapor del que se disponga para el desaerador. El vapor puede ser de descarga de turbinas, del sistema de recuperación de calor de las purgas de las calderas, etc. El rango de operación de los desaeradores es comúnmente entre 5 y 20 psig., razón por la cual se aprovecha el vapor residual de fuentes de baja presión. Cuando

no es suficiente el vapor de baja presión disponible, será necesario suministrar vapor vivo, mediante una válvula reductora de presión al desaereador.

Retorno de condensados

Es una fracción de la cantidad de agua evaporada, el porcentaje de recuperación depende de la naturaleza de cada proceso.

La temperatura de los condensados de retorno es sumamente importante y de ella dependerá la forma de alimentación de condensados al desaereador.

Si el condensado disponible está a una temperatura de 30 °F, o más por debajo de la temperatura del vapor con que opera el desaereador, deberá abastecerse entra la válvula de control de agua de repuesto y el desaereador.

Si el condensado está a una temperatura tal que la diferencia con la temperatura del vapor sea menor de 30 °F, deberá alimentarse por la boquilla para condensados calientes, que entra directamente al desaereador sin pasar por las espreas. Si el agua está un poco arriba de la temperatura del vapor, una pequeña parte se auto evaporará. Si el agua está un poco debajo de la temperatura del vapor se calentará a medida que baje por el espacio del vapor.

Si el condensado recuperado tiene una temperatura mucho mayor que el vapor con que opera el desaereador, por ejemplo condensado recuperado por trampas de drenado de líneas de vapor de alta presión o de calentadores de alta presión, habrá una auto evaporación substancial y entonces será necesario alimentar dichos condensados en la boquilla de retorno de trampas.

Si la cantidad de vapor formado de los condensados es una parte considerable del vapor suministrado al desaereador, este condensado deberá ser alimentado directamente a la cámara de vapor que entra al desaereador, de tal manera que el vapor formado pase por el lavador de gases y esté disponible para la desaereación.

Calidad requerida en el efluente

Todos los desaereadores deben cumplir con la calidad establecida por el "Heat Exchange Institute". La concentración de oxígeno en el efluente no debe exceder de 0.005 cm³/l.

Elevación .

El desaereador debe colocarse a suficiente altura para proveer la presión positiva neta a la succión de las bombas de agua de alimentación a la caldera (NPSH). La información concerniente del NPSH necesario para la operación satisfactoria de la bomba de alimentación de agua a la caldera, se deberá obtener de los fabricantes de las mismas.

Construcción

El equipo deberá ser construido de acuerdo al código ASME Sección VIII, para recipientes a presión no expuestos a fuego directo.

Las válvulas de espreas

Deberán estar construidas de acero inoxidable o de otros materiales aleados, también resistentes a la corrosión, tanto el condensador de venteo como la caja de agua para las válvulas de espreas deberán estar diseñados en forma que puedan ser fácilmente abiertos para su inspección y reparación.

Condensador de venteo.

En el condensador de venteo se separan los gases incondensables, condensando el vapor y regresándolo a la sección desaeradora; para condensar el vapor normalmente se debe usar el agua de repuesto, que entra al desaerador.

El desaerador de venteo puede ser de dos tipos: el convencional de tubos y coraza, construido con materiales resistentes a la corrosión y condensadores de contacto directo, en los cuales se mezclan directamente el agua de repuesto de entrada y el vapor.

Accesorios

Los accesorios que se deben incluir como parte integral del desaerador son:

- Válvula de control de entrada
- Válvula de control de derrame o trampa de vapor
- Controles de nivel (alto y bajo)
- Rompedor de vacío
- Válvula de alivio
- Dos manómetros
- Dos termómetros
- Indicador de nivel
- Separador de aceite
- Válvula reductora de presión
- Interruptores de nivel

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**

Capítulo V

Selección del tipo

La siguiente tabla muestra una comparación de las características entre los desaeradores de espreas y los de charolas.

Tabla No. 24. Comparación entre desaeradores tipo espreas y desaeradores tipo charolas

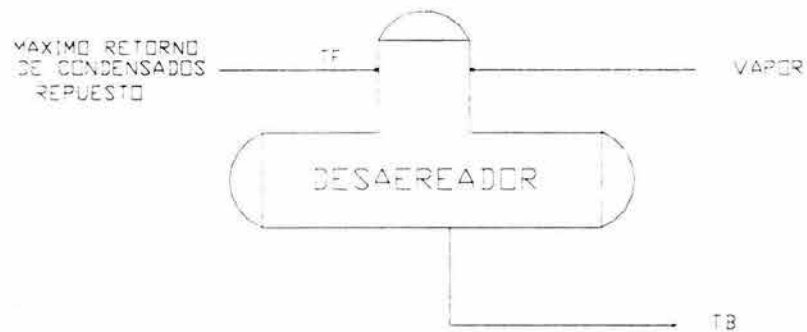
CARACTERÍSTICAS	ESPREAS	CHAROLAS
Tamaño	Más pequeño	Más grande
Peso	Más ligero	Más pesado
Materiales	Acero al carbón para el cuerpo	Acero a Carbón el cuerpo y ac. inoxidable para las charolas
Sobrecarga	Gran margen	Pequeño margen
ΔP H ₂ O	3 – 5 psi	1 -2 psi
ΔP vapor	1/10 a 1 psi	1/10 psi
Incrustaciones	Aceptable	Menos aceptable
Costo	Más barato	Aprox. 50% más caro

Para decidir entre los dos tipos de desaeradores, se pueden tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Desde el punto de vista de eliminación de oxígeno, tanto el desaerador de espreas, como el de charolas llevan una garantía en el efluente de 0.005 cm³/l.
- b) Desde el punto de vista de operación y balance térmico, el de espreas utiliza cierta caída de presión para crear la energía y alta velocidad de atomización necesaria. Desde luego esta caída de presión necesaria en el de espreas resulta en una temperatura menor en el agua desaerada para la misma alimentación de vapor comparado con un sistema de charolas. Por lo tanto, si hay una caída de presión de aproximadamente 1 libra a través del atomizador, la reducción o diferencia de temperatura en un desaerador de charolas y uno de espreas, será de 2 ó 3 °F; por lo tanto un sistema de charolas, tiene una ventaja termodinámica definitiva en la operación en contra del de espreas, debido a que prácticamente no hay caída de presión. También el desaerador de charolas tiene ventajas, si se analiza el balance térmico, ya que hay menos pérdida de temperatura en un sistema de charolas, lo que resulta directamente en un ahorro de combustible al determinar la temperatura del agua de alimentación. Se considera que se recupera el 1% de combustible por cada 11 °F y los porcentajes intermedios pueden estimarse en una relación directa.

**Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión**
Capítulo V

- c) En todos los casos debe definirse cual es la diferencia de temperatura mínima entre el agua que sale del desaereador y la de la mezcla del repuesto y los condensados, ya que ésta es una limitación fundamental para la operación eficiente del equipo.



DETERMINAR $TB - TF$

Una vez determinada esta diferencia, debe incluirse en la hoja de especificación para que el proveedor garantice su propuesta tomando en cuenta esta limitación.

Por lo general, esta diferencia de temperaturas se permite que sea menor para desaereadores de espumas que para el tipo de charolas.

Las figuras 13, 14 y 15 muestran un desaereador típico, usado en plantas industriales

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para
suministrar agua a calderas de alta presión
Capítulo V

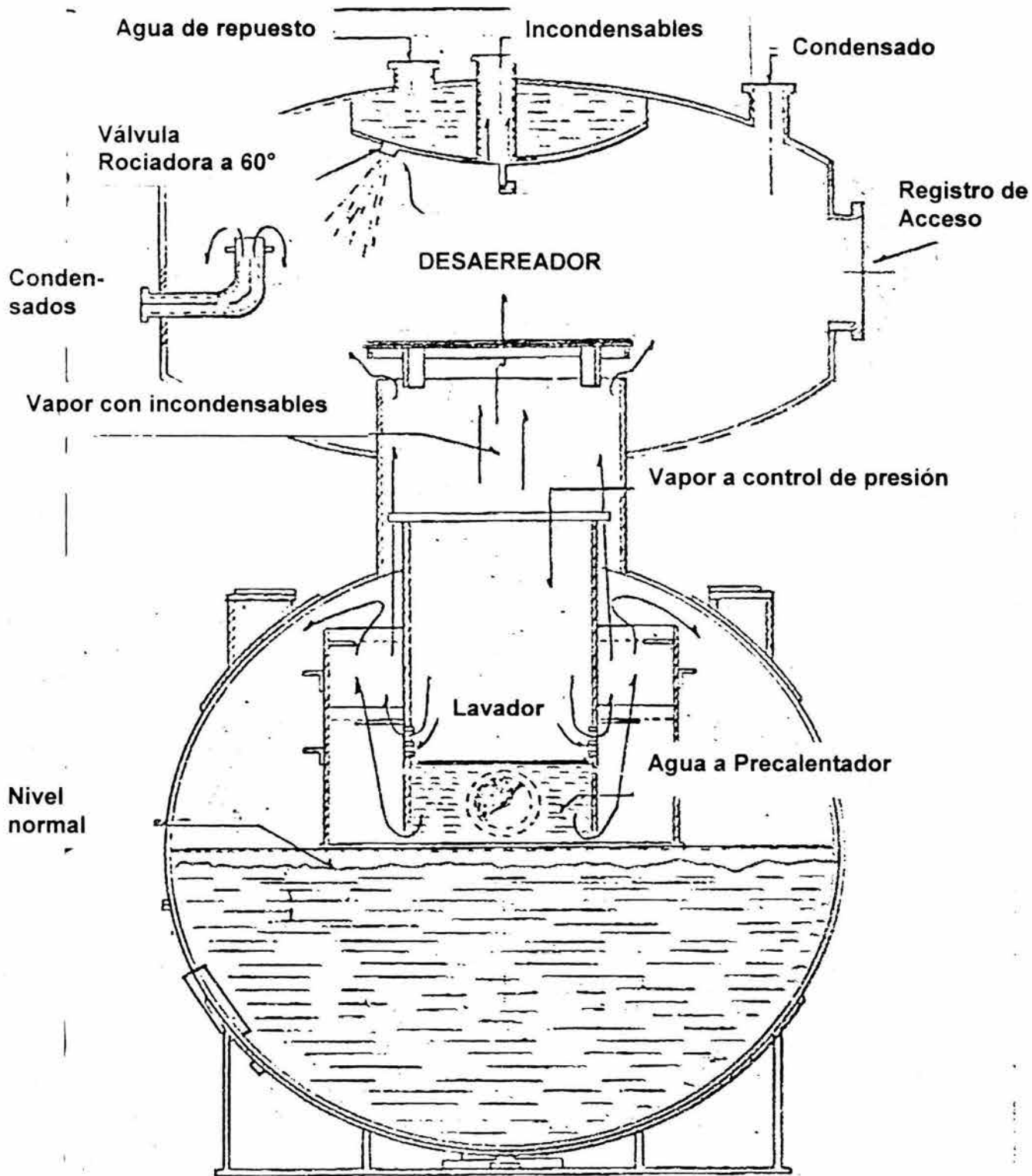


Figura No. 14 Desaerador (vista transversal)

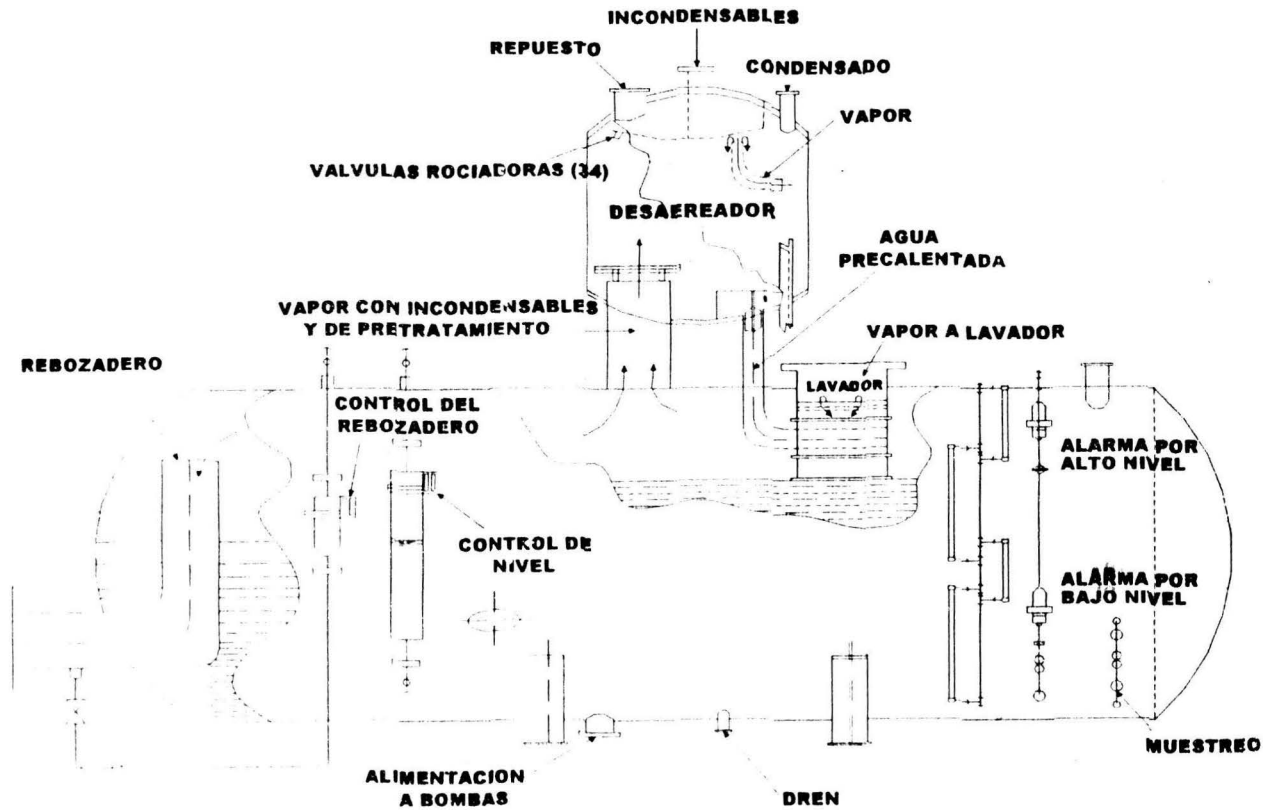


Figura No. 15 Desaereador (vista lateral)

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Capítulo V

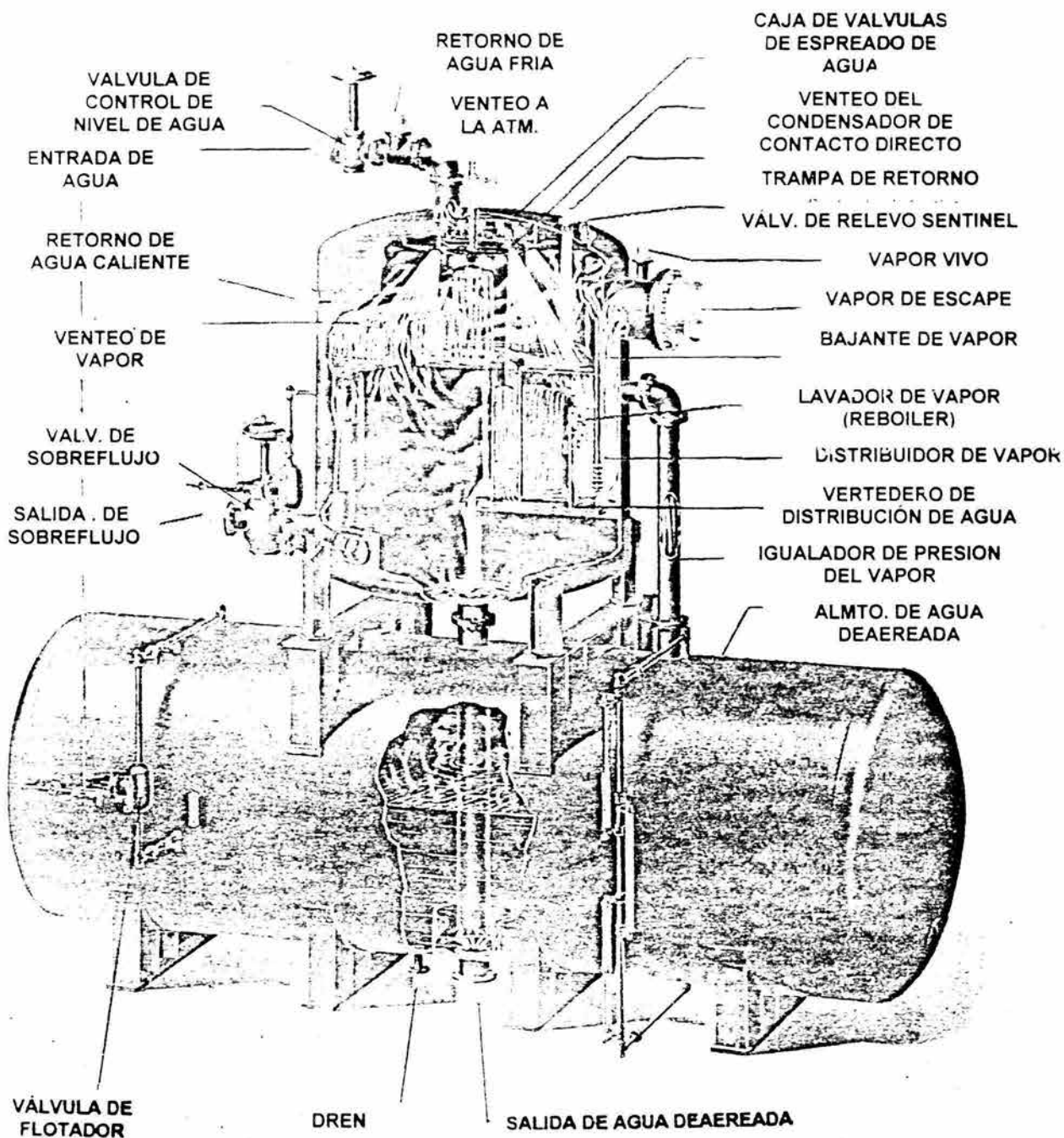


Figura No. 16 Desaereador tipo espreas



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

HOJA 1

V.1.2.- ESPECIFICACION GENERAL DEL DESAEREADOR

DE 4

1. SERVICIO: DESAEREADOR PARA EL AGUA DESMINERALIZADA QUE SE ALIMENTARA A LA CALDERA CB-100

2. CLAVE: ED-100

3. CANTIDAD: UNO

4. DESCRIPCIÓN

El agua desmineralizada junto con el condensado recuperado requiere un tratamiento con vapor de baja presión 3.5 kg/cm², (desaereación), para eliminar el oxígeno disuelto y alimentarse a la caldera CB-100, con lo que se minimiza el efecto corrosivo del oxígeno en equipo y tuberías.

Este equipo proporcionará los requerimientos de agua desmineralizada y desaereada para la caldera CB-100

La capacidad de los desaereadores incluye el suministro de agua a calderas (incluida su atemperación).

5. BASES DE DISEÑO

5.1 Es responsabilidad del Contratista el diseño, la fabricación, el suministro, la instalación, la integración, las pruebas y la puesta en operación del Desaereador de agua desmineralizada

5.1.1 La alimentación de agua desmineralizada y condensado tratado al desaereador debe ser por líneas independientes, instalándose una boquilla de reserva.

5.1.2 El desaereador se debe diseñar, fabricar y probar con la normatividad para recipientes sujetos a presión, debiéndose instalar dispositivos de vacío y sobrepresión confiables, de fácil mantenimiento y calibración.

5.1.3 El Contratista debe instalar la recirculación automática de las bombas de agua de alimentación a la caldera, de acuerdo al fabricante de las mismas.

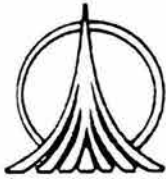
5.1.4 Se debe diseñar e incluir la instalación de plataformas adecuadas para operación y mantenimiento del equipo.

5.2 Flexibilidad

El Desaereador debe ser diseñado para operación continua, de tal forma que cumpla con un factor de servicio de 1.0 (365 días al año).

5.3 Capacidad de desaereado (1)

Diseño	74,800	Kg/Hr
Normal	68,000	Kg/Hr
Mínimo	54,400	Kg/Hr



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

HOJA 2

V.1.2.- ESPECIFICACION GENERAL DEL DESAERADOR

DE 4

5.4 Condiciones de suministro de agua

5.4.1 Agua desmineralizada

	Presión, kg/cm ² man.	Temperatura, °C
Máxima	5.0	65
Normal	4.3	65
Minima	3.3	56

5.4.2 Condensado tratado

	Presión, kg/cm ² man.	Temperatura, °C
Máxima	4.5	60
Normal	3.5	57
Minima	3.5	48

5.5 Especificación del agua de alimentación al desaerador.

Característica	Valor
Sodio, ppm en peso	0.002
SiO ₂ , ppm en peso	0.1
pH	6.5 a 7.0
Conductividad, µmho/cm	0.1
S.T.D., ppm en peso	< 1.0
Alcalinidad como CaCO ₃ , ppm en peso	3.0

5.6 Condiciones de operación

	Presión, kg/cm ² man.	Temperatura, °C
Máxima	1.05 (1)	121
Normal	1.05 (1)	121
Minima	0.44 (1)	110

5.7 Especificación del agua de desaeradores

Característica	Valor
Oxígeno máx. en el efluente, ppm peso	0.005
Sodio, ppm en peso	0.002
SiO ₂ , ppm en peso	0.005
pH	6.5 - 7.0
Conductividad, µmho/cm	0.1
S.T.D., ppm en peso	< 1.0
Alcalinidad como CaCO ₃ , ppm en peso	3.0

5.8 Condiciones de sitio

5.8.1 Condiciones climatológicas

Temperatura, °C	Bulbo seco	Bulbo húmedo	Humedad Relativa
Máxima			
Minima			
Promedio			



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

HOJA 3

V.1.2.- ESPECIFICACION GENERAL DEL DESAEREADOR

DE 4

5.8.2 **Atmósfera**

La presión barométrica es de 760 mm Hg, ambiente marino con depósitos de sal, clima tropical húmedo, humos que atacan al cobre (amonio, sulfuro) y ambiente corrosivo por SO_x, NO_x y H₂S.

5.8.3 **Información sismológica**

Ver Estudio de Mecánica de Suelos y Análisis de Peligro Sísmico en la Sección de Ingeniería Civil.

5.8.4 **Vientos**

Reinantes y dominantes , con una velocidad máxima de km/h.

5.9 **Características de alimentación a motores**

5

Potencia (HP)	Volts V	Fases φ	Ciclos Hz
Hasta 1	127/220	1/3	60
De 1 a 150	460	3	60
De 151 a 1999	4,000	3	60
2000 y mayores	13,200	3	60

Las tensiones de suministro deberán ser 127, 220, 480, 4160 y 13800 Volts.

5.10 **Corriente para alumbrado e instrumentos**

La corriente para alumbrado 127/220 Volts, 1/3 fases y 60 ciclos
La corriente para instrumentos de control 127 Volts, 1 fase y 60 ciclos

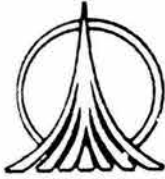
5.11 **Generales**

1.- Para la desaereación térmica debe emplearse equipo de alta eficiencia y bajo mantenimiento, utilizando vapor de 3.5 kg/cm² man. para calentamiento, este vapor debe ser alimentado a través de una válvula reguladora de presión. No se aceptan cabezas desaereadoras del tipo charolas.

Se debe contar con sistemas de dosificación de agentes químicos justo a la salida de los acumuladores y a la altura del nivel de operación para eliminar oxígeno disuelto y evitar su presencia en la succión de las bombas de agua a calderas. Se debe contar con equipos dosificadores aislados que eviten el contacto físico para no poner en riesgo al operador. Se requiere que la sustancia para eliminar oxígeno cumpla con normas ecológicas y de la STPS.

NOTAS:

- 1.- El Contratista debe proporcionar el NPSH necesario para que las bombas BA-2003 ABC/D y BA-2004 AB/C, operen sin problema de cavitación.
- 2.- La cabeza desaereadora debe diseñarse para una temperatura de agua de alimentación (agua desmineralizada y condensado tratado), de 48°C
- 3.- Las válvulas de control de flujo de vapor, de derrame y agua hacia el desaereador, no deben ser del tipo de mariposa. Debe instalarse directo, valvulas de bloqueo y purgas en ambos lados de las válvulas automáticas de control.



PLANTA:

FECHA DE EMISION

CLIENTE:

HOJA 4

V.1.2.- ESPECIFICACION GENERAL DEL DESAERADOR

DE 4

- 4.- El desaerador debe ser soportado por una estructura de concreto, el acceso a cada uno de sus niveles debe ser por escaleras, descansos y plataformas de concreto, los barandales deben suministrarse en acero galvanizado prefabricado sin soldaduras en campo.
- 5.- Toda la instrumentacion incluida para la operacion, proteccion y monitoreo del desaerador, bombas de alimentacion de agua a calderas y sistemas de dosificacion de reactivos quimicos, debe ser compatible e integrarse al Sistema de Control Distribuido de la Planta de Tratamiento de agua para Alimentacion a la Caldera CB-100
- 6.- La operacion, proteccion y monitoreo del desaerador debe realizarse desde el sistema de control distribuido de la Planta de Tratamiento de Agua para Alimentacion a la Caldera CB-100
- 7.- Como agente secuestrante de oxigeno se recomienda utilizar el "CONQUOR 3470" o similar y como agente regulador de pH se recomienda utilizar amina. Se debe realizar la inyeccion de los reactivos quimicos justo a la salida del desaerador de tal forma que se evite su presencia en la succion de las bombas de agua a calderas.
- 8.- Es responsabilidad del Contratista definir el consumo de amina para mantener el pH del agua de alimentacion a calderas en un rango de 6.5 a 7.0.
- 9.- Se debe contar con equipos dosificadores de agentes quimicos aislados para evitar el contacto fisico y no poner en riesgo al operador.
- 10.- Las valvulas automaticas de derrame y los cristales de nivel deben contar con valvulas de bloqueo y puegas. Las valvulas de control de presion y de flujo deben instalarse a nivel de piso.
- 11.- El Desaerador de agua desmineralizada debe cumplir con las Normas, Códigos y Especificaciones siguientes:

CONCEPTO	NORMA, CÓDIGO O ESPECIFICACION *
Recipientes a Presion	ASME Sección VIII, Div. 1
Tuberia	ANSI
Electricidad	NEMA, NE, ANSI, NOM-SEMIP, GS-E001
Ruido	NOM-011-STPS-2001
Seguridad	API, ASME, OSHA
Instrumentacion	ISA, API, ASME, NACE, NEC, ISO, Normas PEMEX
Bombas	API 610, 674, 675 y 676
Bombas (sellos)	API 610, API 682
Desechos	EPA, NOM-002-SEMARNAT-1996
Materiales	ASTM
Construccion	Normas de la CFE y de PEMEX, IIE
Valvulas de Seguridad	ASME Sección VIII, API RP 521
Paquetes de Inyeccion de Quimicos	ASME Sección VIII Div. 1, IMP 411-ET-04-REV-0

* Se debe aplicar la revision vigente en el momento de la licitacion.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Conclusiones:

Debido a que hay poca información que muestre al estudiante la forma de aplicar los conceptos teóricos al cálculo y especificación de un reactor clarifloculador, filtros a gravedad de arena y unidades desmineralizadoras de agua. Equipos que son ampliamente usados para acondicionar el agua y lograr la calidad requerida en calderas de alta presión, la presente tesina cumple con su objetivo de mostrar al estudiante los criterios básicos que se tienen que cumplir para poder entender, calcular y especificar este tipo de equipos.

Permitiéndole además aplicar de la forma de presentar análisis típicos de agua, y los métodos de tratamiento mas recomendables a usar dependiendo del uso final que se pretenda dar a este fluido tan importante en cualquier industria química.

Así mismo, proporciona los criterios, descripciones y definiciones del tema y así como el tipo de cálculos que se realizarán para dimensionar estos equipos, de tal forma que el ingeniero químico que se desarrolle en el diseño de equipos, pueda tener las herramientas necesarias para poder evaluar los diseños que los fabricantes de este tipo de equipos les propongan para un proyecto específico.

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS POR ORDEN ALFABÉTICO

Aeración	Paso de aire a través de un cuerpo
Álcali	Hidróxido metálico muy soluble en el agua, que se comporta como una base fuerte
Alc	Abreviación de alcalinidad
Alcalinidad	Es la medida de los iones de bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{--}), e hidroxilo (OH) en el agua
Alcalinidad a la M	También conocida como alcalinidad total, se define como la suma de carbonatos, bicarbonatos, e hidroxilos.
Alcalinidad a la P ó alcalinidad a la fenoftaleína	Se define como la mitad de la alcalinidad del carbonato más toda de la alcalinidad del hidroxilo
Alumbre	Sulfato doble de alúmina y potasa: sal blanca y astringente que se halla en varias rocas y tierras, de las cuales se extrae por disolución y cristalización. Se emplea para aclarar las aguas turbias; sirve de mordiente en tintorería y de cáustico en medicina después de calcinado. Compuesto que se utiliza para eliminar La materia orgánica en suspensión, con vida bacteriana, y la materia mineral en suspensión en el tratamiento del agua
Aluminosilicato	Sólido constituido por cristales de Al, Si, Na y O
Anión	ión con carga negativa
Ánodo	<u>Electrodo</u> internamente positivo hacia donde migran los aniones y en donde se da la oxidación.
Catión	ión con carga positiva
Cátodo	Especie iónica positiva que migra hacia el <u>cátodo</u> por efecto de un campo eléctrico
Ciclos de concentración	Término que se refiere a la acumulación de las impurezas o sólidos disueltos totales (TDS.) en un suministro de agua.
Coagulación	Es la acción de aglomerar los sólidos finamente divididos, en masas suspendidas que sedimentan más rápidamente
Coagulante	Que coagula
Coagular	Cuajar, solidificar lo líquido. U. especialmente referido a la sangre.
Co – corriente	Método usado para regenerar la resina de intercambio iónico y que consiste en hacer circular el regenerante en el mismo sentido que fluye el fluido en operación normal.
Coefficientes de selectividad" K de la resina	Es la afinidad de la resina a los diferentes iones presentes en el agua ó en la solución
Conductividad	

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Eléctrica	Es la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica
Contracorriente	Método usado para regenerar la resina de intercambio iónico y que consiste en hacer circular el regenerante en sentido opuesto a como fluye el fluido en operación normal.
Constante de Equilibrio	<p>Dado que el estado de equilibrio(dinámico) de un sistema reaccionante queda determinado cuando las velocidades de reacción directa e inversa son iguales, al aplicar la <i>Ley de acción de masa</i> puede definirse la constante de equilibrio, para la reacción en cuestión, como el cociente de las constantes de velocidad directa e inversa, es decir, para la reacción general</p> $aA + bB + \dots \rightleftharpoons lL + mM + \dots$ <p>las velocidades directa e inversa se expresan de la siguiente forma</p> $v_1 = k_1[A]^a[B]^b \dots$ $v_2 = k_2[L]^l[M]^m \dots$ <p>luego</p> $\frac{k_1}{k_2} = K = \frac{[L]^l [M]^m}{[A]^a [B]^b}$
Cristal ideal	Sólido compuesto por grupos idénticos de átomos de tamaño finito, retenidos por fuerzas mutuas en posiciones fijas en el espacio, y dichos átomos se encuentran en reposo.
Desaerador o Desgasificador	Dispositivo mecánico empleado para liberar los gases contenidos en el agua de alimentación (aire, oxígeno, anhídrido carbónico y otros gases).
Desmineralización	Disminución o pérdida de una cantidad anormal de elementos minerales, como potasio, calcio, etc.
Dureza del agua	Cualidad del agua producida por las sales de calcio y magnesio y por iones como hierro, aluminio y otros metales
Dureza temporal	La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio
Dureza permanente	Es aquella dureza debida a los iones no carbónicos, como los sulfatos de calcio y magnesio y a los cloruros. También se conoce como dureza residual

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Electrolito	Sustancia que al ser disuelta en un solvente polar se disocia en iones
Flóculo	Del lat. <i>flocculus</i> , dim. de <i>floccus</i> , fleco. Grumo que aparece en una floculación. Acción de aumentar el volumen, peso y sobre todo, la cohesión del flóculo, por la adición de un coagulante
FMA	Acidez mineral libre que es igual a la cantidad de iones H ⁺ presentes en el agua
Incrustación	Acción de incrustar
Incrustar	Embutir en una superficie lisa y dura piedras, metales, maderas, etc., formando dibujos. Hacer que un cuerpo penetre violentamente en otro o quede adherido a él. Cubrir una superficie con una costra dura.
Iones	Partículas cargadas eléctricamente ya sea positiva o negativamente
Matriz de la resina	Malla reticulada que se forma después de mezclar el estireno y divinilbenceno durante la fabricación de la resina
mgr/gal	Miligramos por galón US de iones presentes en el agua, que equivalen a 17.1 ppm
pH	Es la medida del grado de acidez ó basicidad (alcalinidad) de la solución
ppm	Partes por millón y es igual a 1 mg/litro (ya que un litro pesa 1'000,000 mg)
Pulir el agua	Proceso de tratamiento mediante el cual se reduce arriba del 90% de minerales y otros contaminantes contenidos en el agua
Regenerante	Sustancia usada para restablecer las cualidades de atrapar cierto tipo de iones en una resina de intercambio iónico.
Resina	Plásticos, polímeros activados, desarrollados desde hace aproximadamente 50 años para intercambiar iones. Más del 90% de las resinas corresponden a polímeros de estireno o acrílico, formados por largas cadenas. Estas cadenas se cruzan luego con un monómero (generalmente divinilbenceno), formando un copolímero (resultante del cruzamiento, por ejemplo, entre estireno y divinilbenceno), que toma la forma de una malla reticulada o matriz del copolímero
Resistencia	Es la oposición que ofrece un material al paso de la corriente eléctrica
Resistividad	Es la constante de proporcionalidad que relaciona la resistencia de un conductor eléctrico con su longitud y su área transversal
Sedimentación	Acción y efecto de sedimentar o sedimentarse

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

Sedimentar	Dicho de un líquido: Depositar sedimento. Dicho de las materias suspendidas en un líquido: Formar sedimento.
Selectividad	Cualidad de ser selectivo. Función de seleccionar o elegir. Acción y efecto de elegir a una o varias personas o cosas entre otras, separándolas de ellas y prefiriéndolas
Sólidos disueltos	Incluyen cualquier impureza disuelta en el agua y comprende principalmente los minerales de la corteza terrestre
Sólidos suspendidos	Incluyen cualquier impureza en el agua que no está disuelto, incluso arena, cieno, o partículas de materia orgánica. p.e., hojas. Si se dejan inmóviles, los sólidos suspendidos se precipitarán al fondo del vaso o recipiente
Turbidez	Estado que toma el agua debido al arrastre de tierra
Suavización	Acción y efecto de suavizar.
TA	Total de aniones presentes en el agua
TC	Total de cationes presentes en el agua
TEA	Siglas en inglés del término Aniones intercambiados totales (Total exchanged anions)
TDS	Abreviación del término en inglés se lo que en tratamiento de aguas se conoce como sólidos disueltos totales (Total Dissolved Solids). Es una medida de todas las impurezas disueltas en un suministro de agua dado
TMA	Acidez mineral total que es igual a la cantidad de iones de Cl^- mas iones SO_4^{2-} presentes en el agua
Zeolitas	Son aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos o sea de 3 a 10 angstroms, cuya estructura forma cavidades ocupadas por iones grandes y moléculas de agua con gran libertad de movimiento que permiten el intercambio iónico y la deshidratación reversible.

BIBLIOGRAFIA

Desmineralization by Ion Exchange
In Water Treatment and Chemical Processing of other Liquids
Samuel B. Applebaum
Academic Press
New York and London

Water Conditioning Handbook
The Permutit Company
New York 36, N.Y.

Chemical Process Equipment
Stanley M. Walas
Butterworths Series in Chemical Engineering

Operaciones Básicas de Ingeniería Química
Warren L. McCabe / Julian C. Smith
Editorial Reverté S.A.

Applied Process Design for Chemical and Prochemical Plants
Volumen I
Ernest E. Ludwig
Gulf Publishing Company

Amberlite / Duolite
Io Exchange Resins
Engineering Manual
Separation Technologies
Rohm and Hass Company

Manual del agua; su naturaleza, tratamiento y aplicaciones
NALCO CHEMICAL COMPANY, KEMMER
Tomos I y III

Teoría y Parámetros Básicos para el Diseño de Reactores y Clarificadores
8° Congreso Internacional de Tratamiento de Agua
Asociación Mexicana de Fabricantes de Equipo y Servicios para Agua A.C.

Seminario de Operaciones Unitarias Ic – FIQ – UNL
Docente Prof. Adrián Mariani
Tema: "Determinación de parámetros operativos en un lecho de resina de
intercambio iónico"

www.tqm.com.mx/desmineralizacion.htm

Cálculo de un reactor – clarifloculador y una unidad desmineralizadora para suministrar agua a calderas de alta presión

www.despurifil.com.br/demineralizacao/desmineralizacao_es.htm

redquimica.pquim.unam.mx/fisicoquimica/electroquimica/Concep2.htm

www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?page=6&categoria=606 trabajos

www.triwan.com/ixanal.htm

www.despurifil.com.br/demineralizacao/desmineralizacao_es.htm