



**OCCIDENTAL CHEMICAL CHILE LIMITADA**



**MANUAL  
CLORURO FÉRRICO  
(FeCl<sub>3</sub>)**

---

Bucarest 150, Of 1601  
Providencia, Santiago, Chile.  
Teléfono: +56 (2) 7185000  
Correo electrónico: [ventaschile@oxy.com](mailto:ventaschile@oxy.com)

## INDICE

<b>INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>2</b>
DEFINICIÓN: .....	2
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO .....	2
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>PRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>PROPIEDADES .....</b>	<b>4</b>
<b>APLICACIONES .....</b>	<b>5</b>
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....	6
Remoción de fosfatos.....	6
Co-precipitación de trazas de metales.....	7
Remoción de arsénico .....	8
Reducción de sólidos suspendidos.....	9
Acondicionamiento de lodos.....	11
EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	14
Reducción de turbiedad.....	14
Remoción de color asociado a la presencia de orgánicos .....	14
MINERÍA: AGENTE LIXIVIANTE DE LOS CONCENTRADOS DE COBRE .....	16
OTRAS ÁREAS DE APLICACIÓN.....	17
<b>EQUIPOS.....</b>	<b>18</b>
TRANSPORTE .....	18
ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO .....	19
<b>DOSIFICACIÓN .....</b>	<b>22</b>
TEST DE JARRAS .....	22
TEST DE SUCCIÓN CAPILAR.....	24
TEST DE VERTIDO POR VACIADO.....	24
<b>MÉTODOS DE ANÁLISIS .....</b>	<b>25</b>
<b>DILUCIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>SEGURIDAD E INFORMACIÓN DE EMERGENCIA .....</b>	<b>30</b>
PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS QUE CONSTITUYEN RIESGOS PARTICULARES .....	30
RIESGOS DE SALUD.....	30
EXPOSICIÓN DÉRMICA HUMANA (DE LA PIEL):.....	31
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	31
EN CASO DE INCENDIOS .....	32
EN CASO DE DERRAMES .....	32
<b>DATOS TÉCNICOS .....</b>	<b>33</b>
GRÁFICO: CONCENTRACIÓN EN $FeCl_3$ V/S DENSIDAD .....	33
TABLA: CONCENTRACIÓN EN $FeCl_3$ - DENSIDAD .....	34
VARIACIÓN DE LA DENSIDAD DE SOLUCIONES ACUOSAS DE $FeCl_3$ POR EFECTO DE LA TEMPERATURA.....	35
GRAVEDAD ESPECÍFICA A 18°C (65°F).....	36
VISCOSIDAD DE SOLUCIONES ACUOSAS DE $FeCl_3$ .....	37
TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN DE SOLUCIONES DE $FeCl_3$ .....	38
GUÍA DE MATERIALES COMPATIBLES.....	39

# CLORURO FÉRRICO EN SOLUCIÓN

## (Tricloruro de hierro)

---

### INFORMACIÓN GENERAL

**Definición:**

Solución acuosa del compuesto químico correspondiente a la fórmula química  $\text{FeCl}_3$ . Se presenta en forma de líquido viscoso de color café oscuro.

Sustancia corrosiva según NCh 2120/8 UN 2582

**Presentación del producto:**

Se comercializa como solución al 42%, a granel en camiones cisterna. También se utilizan tambores de HDPE-HMW e IBCs (Intermediate Bulk Containers) del mismo material.

### INTRODUCCIÓN

El cloruro férrico es un producto químico altamente versátil con propiedades únicas.

Posee un alto poder de formación de flóculos, característica que es utilizada para diversas aplicaciones. Por ejemplo, es un eficiente coagulante en el tratamiento de aguas residuales, aguas industriales y agua potable. Además, el cloruro férrico ha sido utilizado por muchos años como un acondicionador de lodos, etapa previa a la filtración.

También es ampliamente utilizado como agente lixivante, para la obtención y purificación de molibdeno, para el abatimiento de metales pesados como arsénico, para el grabado y tratamiento de superficies metálicas, etc.

La utilización del cloruro férrico se va extendiendo al presentar ventajas técnicas y económicas con relación a otros productos utilizados en la coagulación de muchas aguas, especialmente en aquellas que poseen un elevado pH de floculación.

# PRODUCCIÓN

La producción industrial de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) en solución, se obtiene por la reacción de óxidos de hierro con ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y la posterior concentración del cloruro ferroso diluido ( $\text{FeCl}_2$ ) resultante, mediante la adición de cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ) y hierro ( $\text{Fe}^0$ ). Finalmente, la solución concentrada de  $\text{FeCl}_2$  es oxidada con cloro gas, según las reacciones:

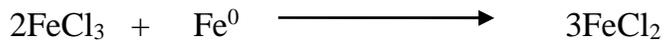
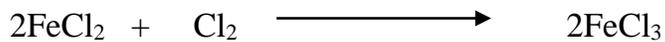
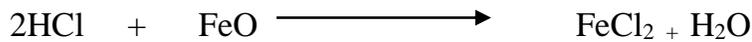
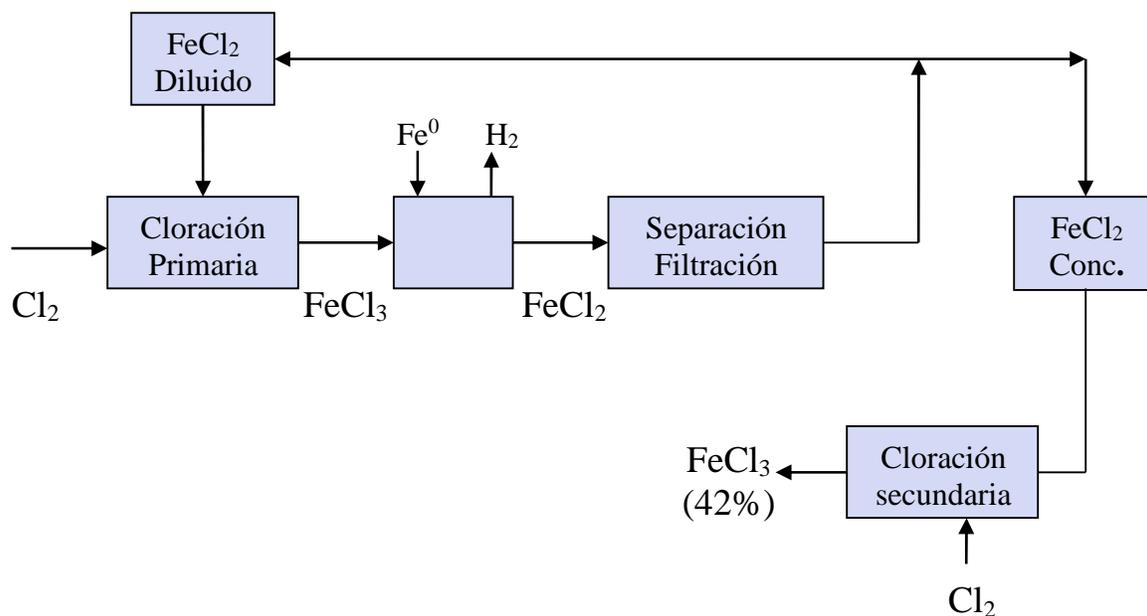
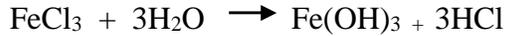


Figura 1: Diagrama de bloque del proceso



# PROPIEDADES

El  $\text{FeCl}_3$  es una sal de base débil que hidroliza con agua, formando hidróxido férrico insoluble.



El producto en solución debe mantenerse con cierta cantidad de acidez libre (aproximadamente 0,5%) como HCl para prevenir la formación de precipitado.

Reactividad: (Nch2464)

- Poderoso agente oxidante que reacciona con los metales más comunes: hierro, cobre, níquel, plomo, mercurio, etc.
- Al ser calentado, hasta su descomposición, emite vapores altamente tóxicos de cloruro de hidrógeno.
- Cataliza la polimerización del óxido de etileno que es altamente explosivo.
- Forma mezclas explosivas sensibles al impacto con el potasio y el sodio.
- Con el cloruro de alilo tiene reacciones violentas.

Características Físico-Químicas		Unidades
Fórmula química	$\text{FeCl}_3$ .	
Concentración	39 % a 45 %	
Color	Líquido café oscuro	
Peso molecular	162,2	
Densidad (20°C)	1,405-1,485	gr/cc
pH	<1	
Presión de vapor (20°C)	40	mmHg
Punto de cristalización	-10	°C
Calor de dilución de 40 a 1 %	38 56	kJ/mol kcal/kg
Viscosidad cinemática	8	mm <sup>2</sup> /s

Composición		Unidades % masa/masa
$\text{FeCl}_3$	39-45	%
Fe [II]	2,5	% máx. (*)
HCl	0,5	% máx.
Sólidos en suspensión	0,2	% máx.
As	2,0	ppm. máx.
Cd	<0,1	ppm.
Pb	<0,1	ppm.
Hg	<0,05	ppm.
Cr(VI)	trazas	

(\*) Respecto al hierro total

# APLICACIONES

---

## **Como coagulante en el tratamiento de aguas:**

En el tratamiento de aguas residuales industriales y domiciliarias:

- Remoción de fosfatos.
- Reducción de sólidos en suspensión.
- Precipitación de metales pesados.
- Deshidratado de lodos.

En el tratamiento de agua potable:

- Reducción de turbiedad.
- Remoción de color asociado a compuestos orgánicos.
- Abatimiento de arsénico.

## **Minería:**

- Agente lixivante de los concentrados de cobre.

## **Química:**

- Materia prima para colorantes.
- Agente decolorante en el refinado de aceites y grasas.
- Agente oxidante en la industria orgánica.

## **Acondicionamiento de superficies metálicas:**

- Decapado de metales.

## **Otros:**

- Textiles.
- Circuitos impresos.
- Manufactura de artículos metálicos.

# En el tratamiento de aguas residuales

## Remoción de fosfatos

Los fosfatos son nutrientes que aceleran la eutrofización del agua. Muchas veces se necesita remover los fosfatos de aguas residuales para controlar este efecto.

El cloruro férrico reacciona con bicarbonatos alcalinos y con fosfatos solubles, éstos últimos son transformados en fosfato férrico insoluble los cuales precipitan, como muestra la siguiente reacción:



En el tratamiento de aguas residuales el producto puede ser agregado en el tratamiento primario y/o secundario, posteriormente el precipitado es removido durante la sedimentación y filtración.

Se ha visto que el cloruro férrico es más eficiente en la remoción de fosfatos que

otras sales como alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ver Fig. N°2.

Consideraciones de pH:

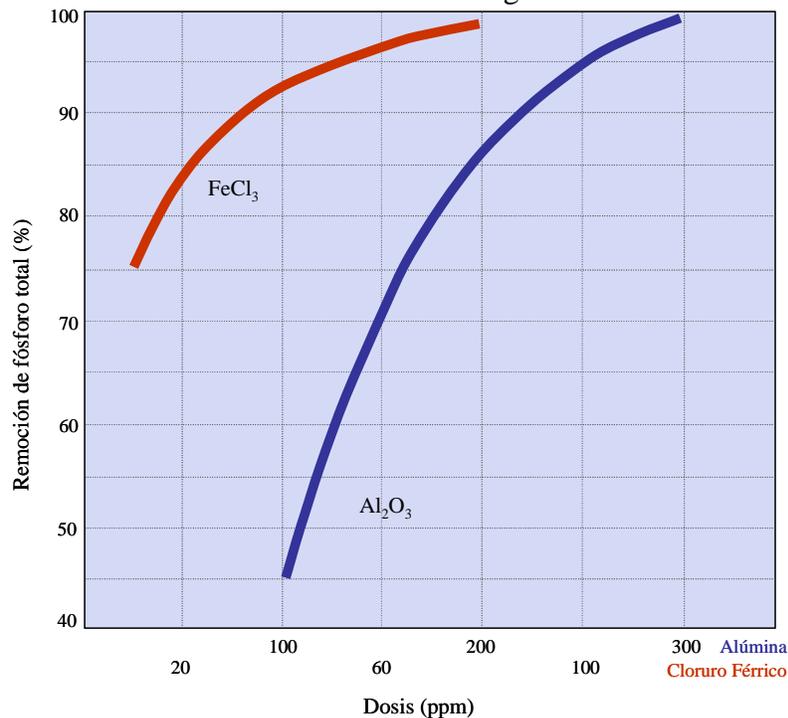
El pH óptimo requerido para la remoción de fosfatos es de 5 aproximadamente, aunque se obtienen buenos resultados a pH 7, sin embargo se debe incrementar la dosis de  $\text{FeCl}_3$  debido al incremento de la solubilidad del fosfato férrico.

Dosis:

Para estimar la dosis de  $\text{FeCl}_3$  que produce una eficiente remoción de fosfatos es necesario realizar la prueba de jarras.

En diversos tratamientos de agua residuales se han utilizado 45 a 90 mg/l de cloruro férrico para reducir un 80-90% de los fosfatos presentes.

Figura 2: Remoción total de fosfatos v/s dosis de coagulante.



### Co-precipitación de trazas de metales

El término de metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), etc. La presencia de metales pesados en aguas residuales es entonces peligroso para el medio ambiente.

El cloruro férrico puede remover una significativa cantidad de estos metales por adsorción superficial y co-precipitación.

Es importante tener presente que el comportamiento de remoción de metales debe ser desarrollado para cada tipo de agua residual.

Las figuras 3 y 4 muestran la eficiente remoción con cloruro férrico de variados iones metálicos en función del pH del medio.

Figura 3: Adsorción Catiónica

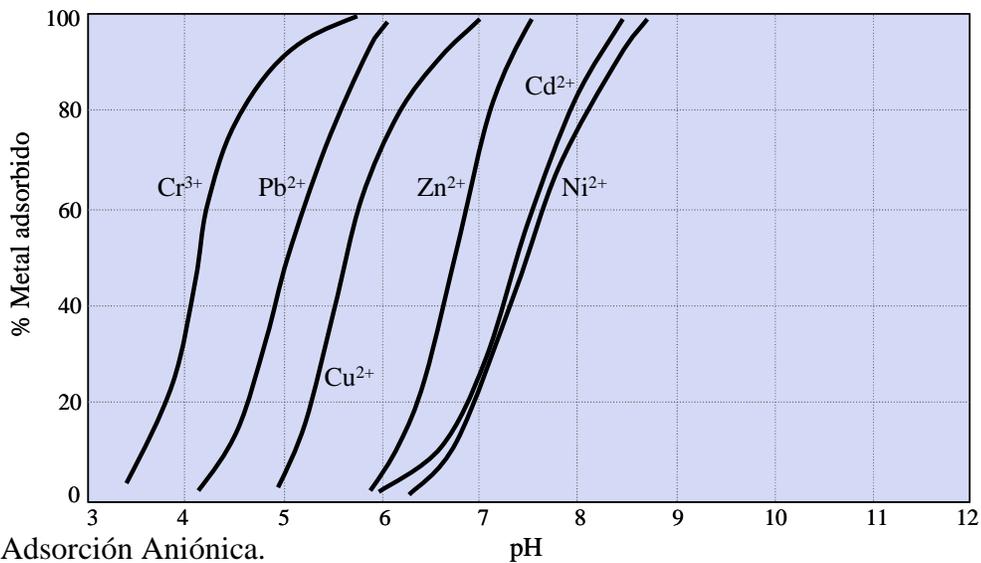
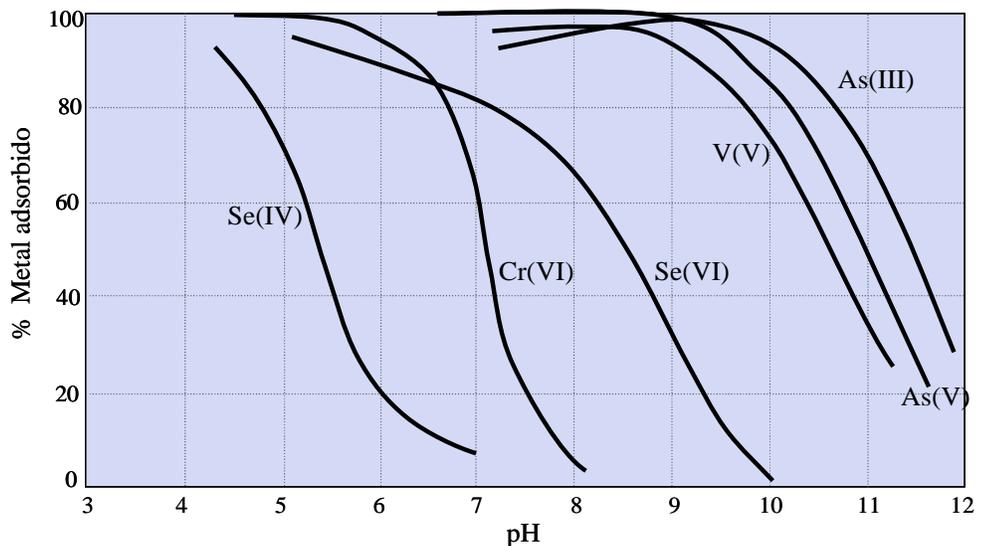


Figura 4: Adsorción Aniónica.



## Remoción de arsénico

El arsénico es estable en sus estados de oxidación +5, +3, 0 y -3. Sin embargo los estados de oxidación en que el arsénico se encuentra comúnmente en el agua son solamente los estados +5 y +3.

La solución de ácido arsenioso ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) se puede disociar en iones de hidrógeno y arsenito ( $\text{H}_2\text{AsO}_3$ ), este último presenta la forma de arsénico trivalente ( $\text{As}^{+3}$ ), como muestra la reacción:



Por otro lado, el ácido arsénico ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) presente en el agua, se disocia en iones de hidrógeno y arsenato, en el cual el arsénico se presenta en su estado pentavalente ( $\text{As}^{+5}$ ), según muestra la siguiente reacción:



El anión predominante en solución es una función del pH. Cuando el pH se encuentra entre 4,4 y 7,9, el arsenato existe principalmente como  $\text{H}_2\text{AsO}_4^{-1}$  y  $\text{HAsO}_4^{-2}$ .

Cuando el ión predominante es el arsenato ( $\text{As}^{+5}$ ) se pueden formar muchas sales, mientras que el arsenito ( $\text{As}^{+3}$ ) puede formar muy pocas. Por lo tanto, desde el punto de vista de tratamiento de agua, el arsenato se puede remover más fácilmente que el arsenito por medio de la adición de una variedad de iones, tal como el hierro.

El arsenito puede ser oxidado a arsenato por medio de agentes oxidantes como el

oxígeno, cloro, o permanganato de potasio. Dado que el arsenato se puede

remover de forma más efectiva que el arsenito, la oxidación antes del tratamiento suele ser el método utilizado cuando se trata de aguas con altos niveles de arsenito.

El  $\text{FeCl}_3$ , que forma compuestos insolubles con el arsénico, se añade al agua contaminada para coagular y luego precipitar el metal. Este método de remoción de arsénico se puede utilizar para tratar efluentes de la industria minera (donde las concentraciones de As son bastantes altas) y también para el tratamiento de aguas cordilleranas con arrastre de alta concentración del metal.

En general, la dosis de coagulante químico tiene que ser relativamente alta siendo estas:

20 a 50 mg/lit de  $\text{FeCl}_3$  para tratar 1000 microgramos/lit de arsénico.

6,5 a 20 mg/lit de  $\text{FeCl}_3$  para tratar 20 microgramos/lit de arsénico.

## Reducción de sólidos suspendidos

Muchas plantas de tratamiento de aguas residuales y aguas municipales utilizan cloruro férrico para coagular los sólidos suspendidos.

El cloruro férrico forma hidróxidos, los cuales son atrapados por los sedimentadores y filtros de la planta y por lo tanto son separados del agua.

## Coagulación/floculación

Es un proceso por el cual las cargas eléctricas de las sustancias coloidales disueltas o suspendidas son neutralizadas por el agente floculante, lo que permite la formación de partículas mayores o aglomerados que pueden ser eliminadas por sedimentación o filtración.

La “coagulación—floculación” es parte de un proceso físico-químico de tratamiento de aguas que tiene por objeto retirar el material coloidal del agua, y que consta de cuatro procesos o etapas: mezclado, coagulación, floculación y decantación.

El mezclado es la distribución uniforme y rápida del coagulante en el agua antes de que se verifiquen reacciones químicas en proporción apreciable. La coagulación es la desestabilización del coloide mediante la formación de coágulos, originados por la adición al agua de un producto capaz de neutralizar la carga eléctrica de las partículas coloidales, generalmente electronegativas.

La floculación es un proceso de agitación suave y continua, que permite a las partículas o coágulos suspendidos aglomerarse unos a otros para formar

flóculos de tamaño y densidad apropiada para su separación por gravedad. Finalmente, la decantación consiste en la separación de las partículas sólidas aglomeradas bajo la forma de lodos.

La actividad del coagulante  $\text{FeCl}_3$  no se debe a la acción directa de  $\text{Fe}^{+++}$  sobre la carga de los coloides. En la hidrólisis de las sales el catión señalado no se forma libre sino que se combina con moléculas de agua y grupos  $\text{OH}^-$  y  $\text{H}^+$ , constituyendo formas complejas, las cuales llegan incluso a polimerizarse. Estas formas tienen fórmula variable según el pH del agua. Es importante tener presente que en la banda de pH alcalino se constituyen formas complejas cargadas negativamente. Las formas expuestas son solubles. Éstas rodean y son adsorbidas por la superficie del coloide, siendo las que neutralizan la carga electrostática del mismo, anulando las fuerzas repulsivas que existen, haciendo al coloide inestable.

## Química

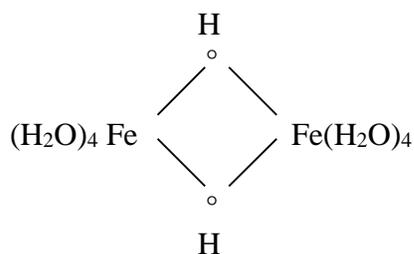
El  $\text{FeCl}_3$  es un reactivo coagulante, en su reacción con los bicarbonatos presentes en el agua produce  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , según la reacción:



El  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  es hidrolizado a:



La reacción de estos productos monoméricos entre sí, crea productos poliméricos del tipo:



Estos polímeros con carga positiva desestabilizan las partículas coloidales con carga negativa presentes en el agua, ya que reducen las fuerzas repulsivas entre partículas.

La formación de partículas grandes comienzan a enredar más partículas y a aglomerarlas. La masa resultante tiene mayor densidad que la del agua a tratar y por lo tanto pueden ser removidas por sedimentación y filtración.

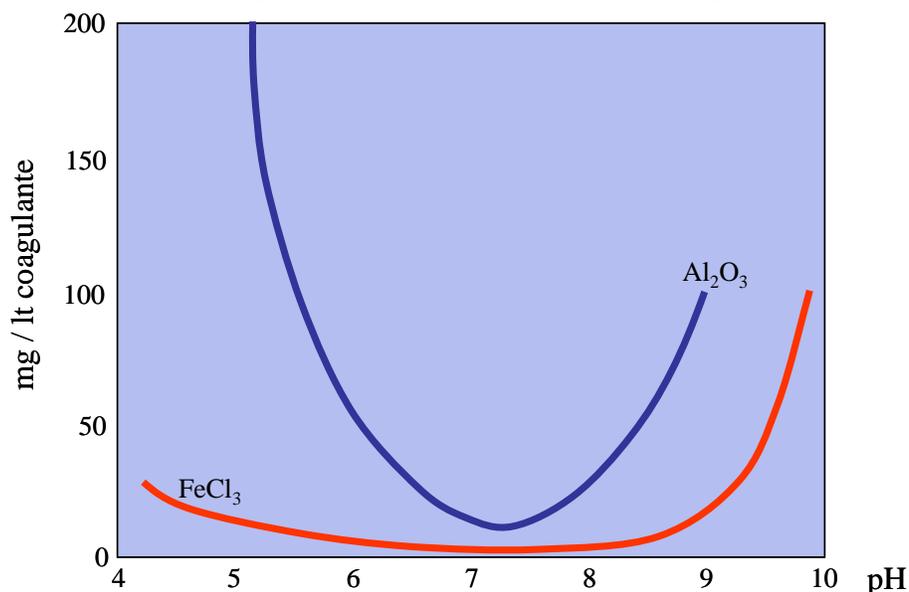
### Consideraciones sobre la incidencia del pH del agua

Un agua turbia tiene un pH óptimo al que se produce la coagulación con una dosis y tiempo mínimo. Fuera de ese pH se incrementa el consumo de coagulante, la turbiedad del agua clarificada y el contenido de metal que arrastra el agua clarificada.

En la figura 5 se puede observar la banda de pH al que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeCl}_3$  coagulan coloides cargados negativamente, siendo éstas de entre 6,8 y 7,7 para la alúmina y 5,5 y 9 para el cloruro férrico.

Aunque las aguas en general tienen un pH de coagulación entre 7 y 7,8 a los cuales tanto la alúmina como el cloruro férrico coagulan bien, hay aguas que tienen un pH de coagulación por encima de 8, por lo que, esas aguas deben coagular mejor con cloruro férrico. Igualmente, las aguas con materia orgánica o color pueden tener un pH de coagulación por debajo de 6,5 en cuyo ámbito el cloruro férrico se comporta mejor que la alúmina.

Figura 5: Incidencia comparativa del pH en la coagulación con  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{FeCl}_3$   
(Dosis de coagulante para reducir a la mitad la turbiedad de un agua)



## Acondicionamiento de lodos

Los fangos procedentes de la decantación del agua tras la coagulación-floculación se caracterizan por un elevado contenido en materia orgánica y en hidróxidos metálicos.

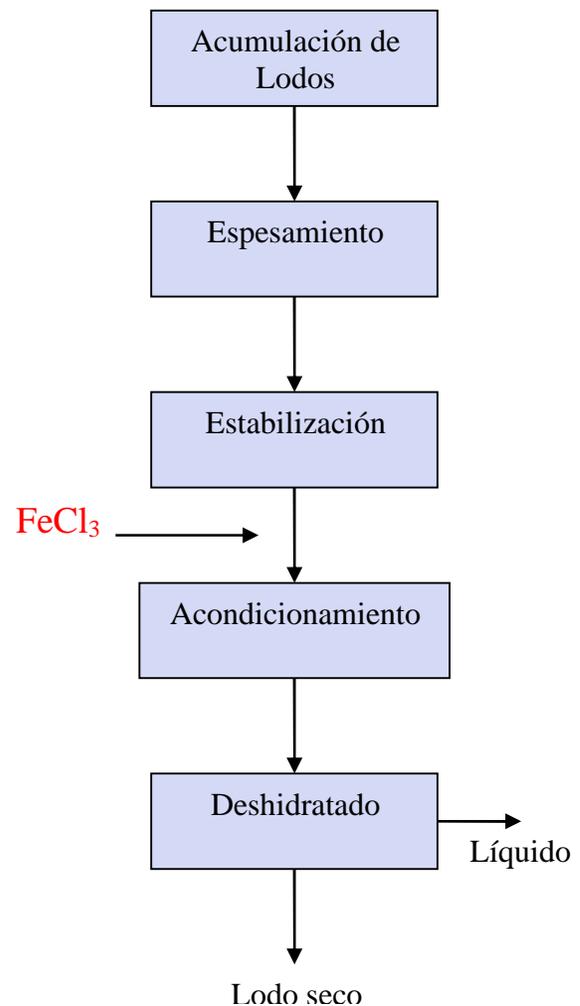
Este lodo se puede compactar bastante, a veces hasta un 70%, cuando es tratado con polímeros en dosis altas hasta de 20mg/lit, y se deja reposar una o dos horas en tanques sedimentadores en los que paletas giratorias, que se desplazan muy lentamente, van rompiendo los puentes interparticulares para propiciar su asentamiento.

El deshidratado de lodos es a menudo practicado para reducir el volumen, los costos de disposición y los requerimientos de energía, ya que reduce el tiempo de secado.

Los lodos tienen las mismas características que los coloides en suspensión, es decir, éstos pueden ser químicamente condicionados para eliminar su contenido de agua. El coagulante desestabiliza la carga negativa de las partículas de lodo, las partículas rompen su unión con el agua y se comienzan a aglomerar; en consecuencia el cloruro férrico drena la torta de lodos al mejorar la captura de sólidos en la operación de deshidratado.

El  $\text{FeCl}_3$  es un coagulante que deshidrata los lodos más rápidamente que la alúmina y es un efectivo agente acondicionante utilizado en numerosas plantas de tratamiento de aguas.

Figura 6: Proceso para el tratamiento de lodos



**Aplicación:**

El cloruro férrico debe ser bien mezclado con el lodo para así garantizar una óptima eficiencia. El mezclado debe ser realizado lo más cuidadosamente posible, por ejemplo, con agitadores de paletas, para evitar romper la estructura del lodo.

El tiempo de reacción y la velocidad de agitación del mezclado al agregar  $\text{FeCl}_3$  influye en el desarrollo del proceso y por lo tanto en la cantidad de agua extraída en el filtro de lodos.

**Dosificación:**

La adición cuantitativa de cloruro férrico depende de las propiedades de deshidratación de cada tipo de lodo.

Las siguientes dosis pueden ser utilizadas como guía:

2,5%  $\text{FeCl}_3$  para lodos primarios.

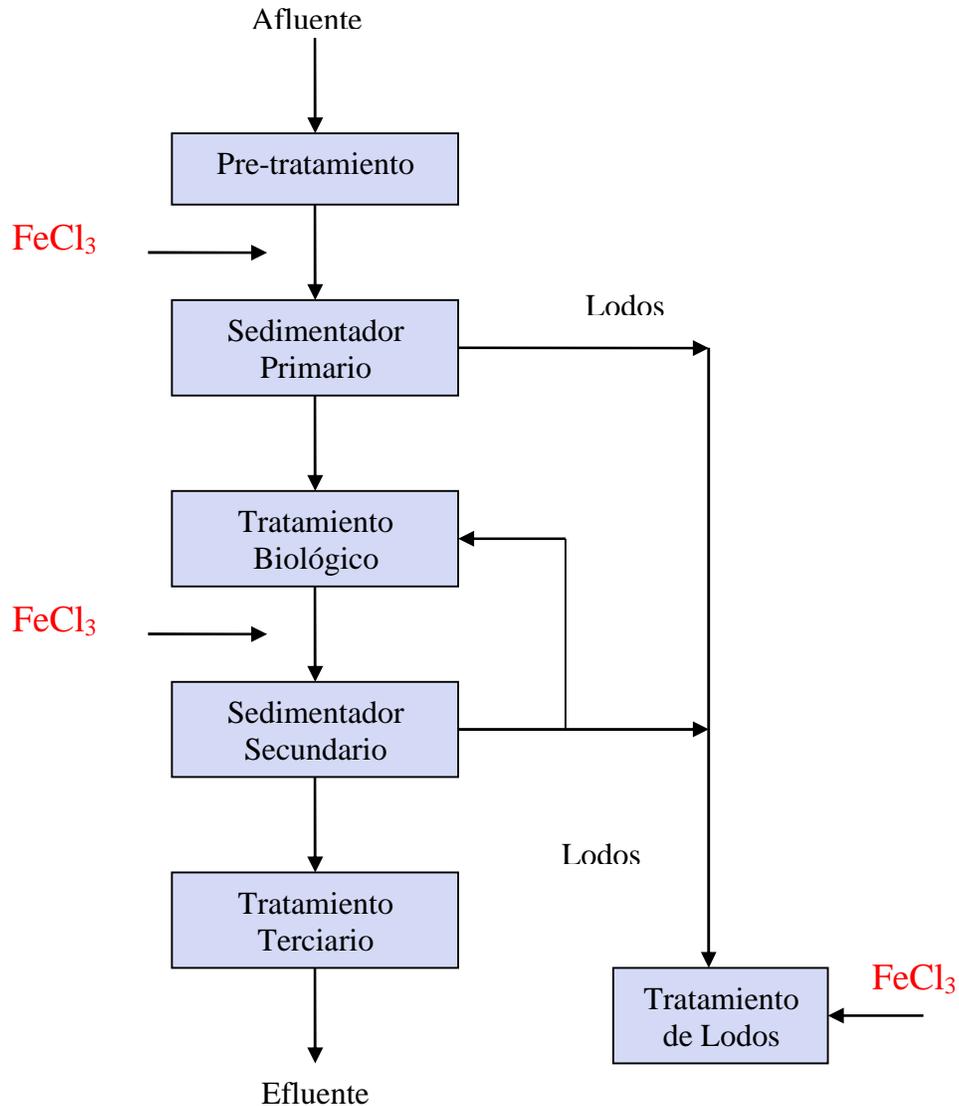
7,0%  $\text{FeCl}_3$  para lodos secundarios.

(El porcentaje entregado esta basado en el peso seco del lodo.)

Para determinar la dosis óptima de un determinado lodo se recomienda hacer un test en laboratorio, pudiendo ser este el test de jarra, test de succión capilar y/o test de vertido por vaciado (ver Dosificación, página 22)

# Resumen de Operaciones en que $\text{FeCl}_3$ es utilizado en una planta de tratamiento de aguas residuales

Figura 7: Diagrama de bloque para el tratamiento de aguas residuales



# En el tratamiento de agua potable

---

## Reducción de turbiedad

El cloruro férrico forma coágulos estables al reducir la repulsión existente entre partículas. Para aumentar su eficiencia se recomienda agregar al agua  $\text{FeCl}_3$  con mezcla rápida para incrementar la distribución, seguida de una mezcla lenta la cual permite la formación de los flóculos.

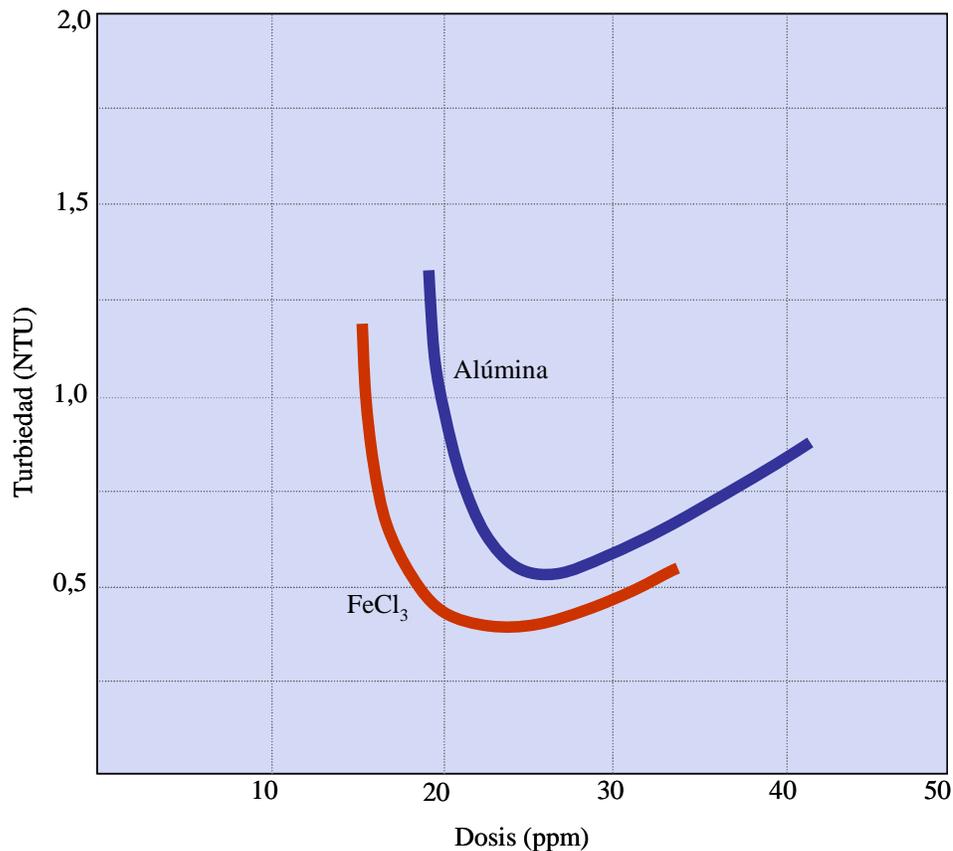
Se ha visto que la dosis de cloruro férrico es más baja que la de alúmina para obtener los mismos resultados (ver figura 8). Además es un efectivo coagulante que actúa en amplios rangos de pH y temperatura.

## Remoción de color asociado a la presencia de orgánicos

El cloruro férrico remueve en forma efectiva el color asociado a la presencia de orgánicos (materia vegetal) encontrada principalmente en la superficie de las aguas.

La característica química de los orgánicos consiste en que sus grupos funcionales son del tipo: carboxilo, fenoles, alcoholes, y cetonas.

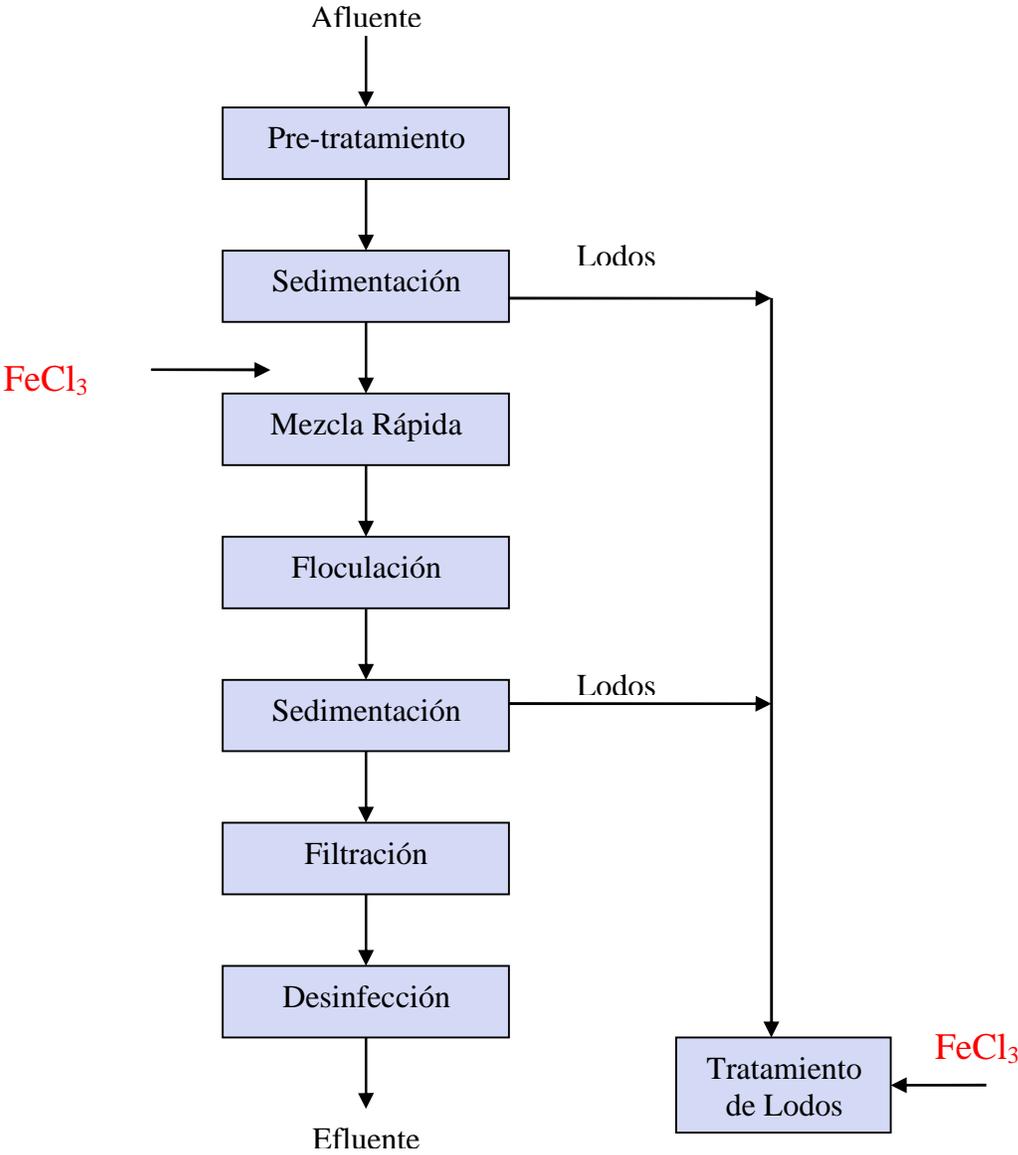
Figura 8: Remoción de Turbiedad Versus Dosis de Coagulante.



# Resumen de operaciones en que $\text{FeCl}_3$ es utilizado en una planta de agua potable

---

Figura 9: Diagrama de bloque para el tratamiento de agua potable.



## Minería: Agente Lixivante de los Concentrados de Cobre

Al ser separado por flotación desde el concentrado de cobre, el concentrado de molibdeno o molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ) queda con una cierta cantidad de cobre, en la forma de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), que reduce su valor comercial. Para su mejor comercialización se requieren métodos que reduzcan tal contenido. El método tradicional es la tostación de la molibdenita y su lixiviación con ácido sulfúrico, donde se obtiene trióxido de molibdeno. A mayor contenido de cobre, mayor es el costo de este proceso.

Buscando reducir los costos del proceso anterior se desarrolló una optimización del proceso, que consta fundamentalmente de una lixiviación y descobrización con cloruro férrico y una posterior regeneración del cloruro ferroso a férrico con cloro líquido. El proceso completo, además de entregar molibdenita purificada, entrega cobre metálico y produce un exceso de cloruro ferroso que puede ser utilizado en el tratamiento de los efluentes provenientes de la flotación, cuando contienen sulfhidrato de sodio. Las siguientes reacciones representan lo antes señalado:

### Lixiviación (para disolver calcopirita)

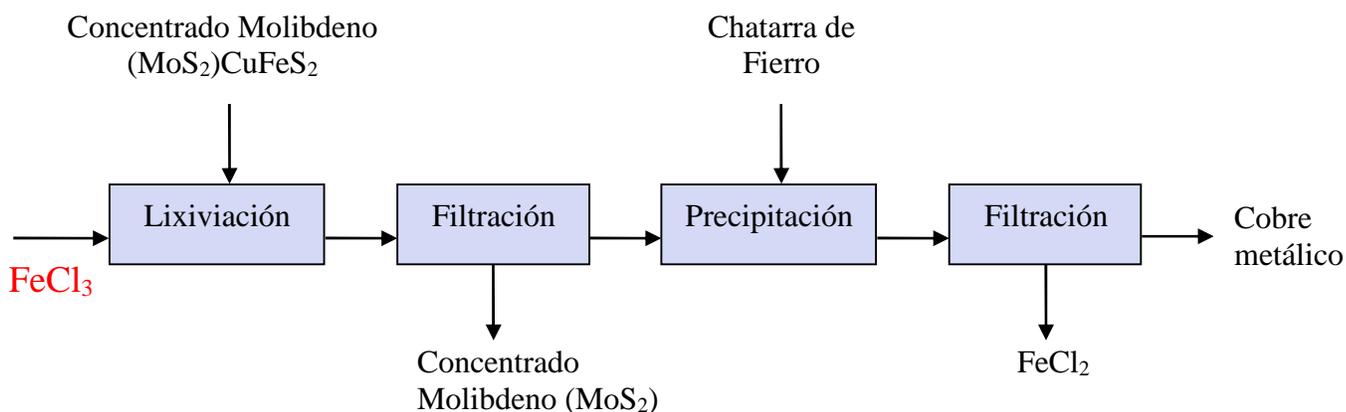


### Precipitación (para eliminar cobre de la solución)



El proceso basado en las reacciones mostradas, que toma como insumo concentrado de molibdenita para obtener cobre metálico y concentrado de molibdeno purificado se muestra en la figura:

Figura 10



## Otras áreas de aplicación

---

### Colores y pigmentos

-Coloración de vidrios, cerámicas, azulejos, ladrillos, etc.

-Como insumo en la preparación de pigmentos a base de hierro, como ocre y azul berlín para tintas y para pigmentos usados en la superficie de caminos.

### Acondicionamiento de superficies metálicas

La solución de cloruro férrico es capaz de disolver varios metales, tales como cobre, níquel, plomo, hierro, cobalto, etc. En ellas, el hierro trivalente es reducido a bivalente.

La aplicación de solución de cloruro férrico para el tratamiento de superficies metálicas se utiliza en las siguientes industrias:

-Producción de circuitos impresos.

-Gravado de placas, rótulos, etc.

-Gravado en relieve para impresión en cobre.

-Para hacer visible las texturas de cristales en estudios metalográficos.

La solución de cloruro férrico al 30% puede disolver 75gr de cobre/l a temperatura ambiente.

# EQUIPOS

## Transporte

El cloruro férrico es considerado una sustancia peligrosa de acuerdo a la norma chilena NCh 382 Of. 89. Por esta razón, su transporte esta sujeto al reglamento de transporte de cargas peligrosas por calles y caminos, según Decreto ley N° 298, y está normado por la Norma Chilena Oficial NCh 2464 Of. 1999.

El transporte del producto desde la planta de Occidental Chemical Chile hasta el cliente se realiza en camiones cisterna con una capacidad de 27 toneladas de cloruro férrico en solución. Todas la disposiciones de seguridad para su transporte están basadas en la norma Chilena NCh2464 Of. 1999.

Según ésta, el cliente debe recibir el producto con la información que se detalla en la placa de identificación del tanque:

Placa de Identificación del Tanque	
Nombre del fabricante	
Fecha de fabricación	Mes/año
Tara	kg
Capacidad nominal (Cn) a 20°C	dm <sup>3</sup> o m <sup>3</sup>
Presiones Mpa (Kgf/cm <sup>2</sup> )	: de diseño : de prueba
Porcentaje de llenado máximo	a.....°C a 55 °C
Inspeccionado por....	N° y fecha de certificación
Norma de diseño y fabricación	
Espesor del acero, mínimo de diseño	a) para el manto, mm b) para el cabezal, mm

# EQUIPOS

---

## Estanques de Almacenamiento

### Información técnica básica para instalar un estanque para cloruro férrico de 25 m<sup>3</sup> de capacidad

En los estándares de Ingeniería FS&E N°11 y FS&E N°2; “FIRE, Safety and Environmental Engineering Standard”, referentes a “Estanques de almacenamiento y Anexos” y “Segundo contenedor / Control de derrames”, se establecen los criterios de OxyChile para ser usados en conjunto con buenas prácticas de ingeniería, incluyendo códigos y regulaciones gubernamentales, para diseñar una instalación que proteja la salud humana y el medio ambiente.

#### *Aspectos generales*

OxyChile sugiere no usar estanques enterrados, es decir aquel que tiene un 10% o mayor de su volumen bajo nivel de terreno. Si el diseño es bajo piso, siga los requerimientos de Code of Federal Regulation, 29 CFR 1910, 40 CFR 280 y 281, (USA).

Como el cloruro férrico es corrosivo se deben considerar estanques atmosféricos de resinas termoestables reforzadas con fibra de vidrio. Sin embargo, no deben usarse en áreas donde puedan ser expuestas al fuego. Además, deben diseñarse con criterio sísmico y con factores de seguridad que cautelen adecuadamente su integridad.

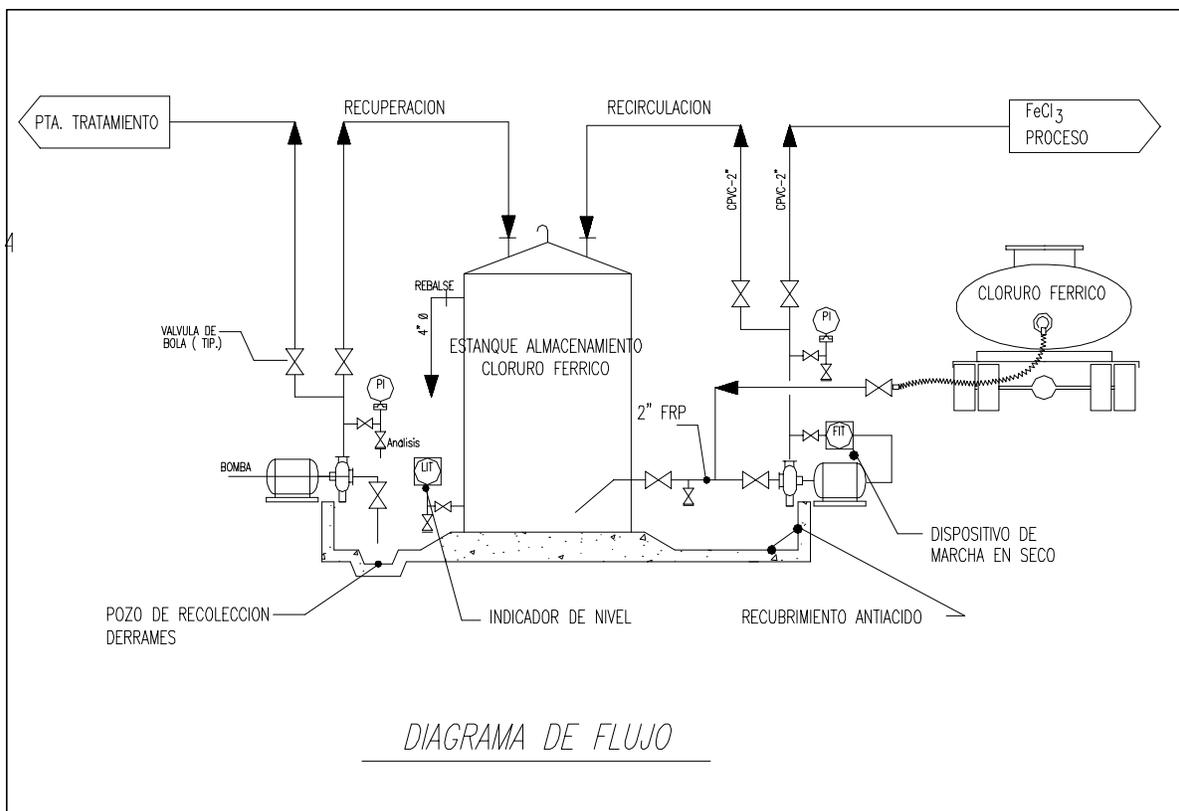
Debido a que el cloruro férrico esta clasificado como sustancia peligrosa, según la norma Chilena NCh 382 Of. 89, debe almacenarse en un estanque estacionario que posea un segundo contenedor o dique de contención. Además se requiere que exista un dispositivo lavaojos y una ducha de seguridad cercana (a no más de 30 metros).

#### *Aspectos específicos*

La siguiente figura 11 muestra una disposición de cañerías típica para el almacenamiento de cloruro férrico, sistema de descarga, recirculación y despacho de producto a proceso.

# EQUIPOS

Figura 11



## Estanque

Es posible emplear un estanque de acero revestido o un estanque fabricado en resina termoplástica con reforzamiento de fibra de vidrio (FRP). Las resinas que se recomiendan son:

- Bisfenólica, marca Hetron 197 conocida también como Porex H-197. OXYChem.
- Bisfenólica, Atlac 4010. ICI
- Vinil éster, marca Derakane 411. DOW.

Si se emplea un estanque de acero, los revestimientos comunes son ebonita de 6 mm o revestimiento de poliéster reforzado en fibra de vidrio (4mm de espesor).

## Dique de Contención

Este contenedor debe ser provisto para contener derrames de cloruro férrico.

En cuanto a su capacidad, éste debe ser 100% de la capacidad del estanque más la mayor lluvia de los últimos 25 años, durante 24 horas ó 110% de la capacidad del estanque; el valor que resulte mayor entre los dos.

Debe tener un recubrimiento impermeable antiácido que impida que la acidez del producto corra el hormigón. El piso debe tener pendiente hacia un punto donde exista un pozo de recolección de derrames.

# EQUIPOS

---

Las bombas y válvulas de conexión no pueden ser ubicadas dentro del dique de contención del estanque por lo que se debe construir uno especial para ambos equipos.

## **Piping**

La especificación de menor exigencia para un sistema de 100 psi y 37°C de presión y temperatura máxima, corresponde a cloruro de polivinilo clorado (CPVC), rígido, de impacto normal tipo IV, ASTM 1784, clase 23447- B. Schedule 80.

En cuanto a las empaquetaduras, lo mejor es un teflón expandido, viton o fibra sintética tipo 196.

## **Sistema de Bombeo y Válvulas**

La válvula de conexión a la manguera de descarga del camión debe estar por sobre una parrilla, fabricada en FRP o material resistente a la corrosión, por donde los derrames puedan ser conducidos a un pozo recolector.

Se recomienda usar bombas centrífugas sin sello, del tipo magnéticas, pero con dispositivo de detención automático de marcha en seco. En cuanto a las válvulas de regulación y corte se emplean del tipo bolas con recubrimiento de teflón, tefzel o FEP. Igualmente de bolas de CPVC, TFE.

## **Área de descarga**

Se recomienda una superficie de estacionamiento con pendiente tal que permita el total vaciamiento del estanque del camión, con un sistema colector de derrames y agua lluvias que permita recuperar o neutralizar el producto.

# DOSIFICACIÓN

La dosis mínima de coagulante se denomina “dosis crítica de solución” siendo ésta, la dosis que consigue hacer inestable al coloide. Si se añade una dosis superior a la mínima, entonces se forma hidróxido metálico que precipita. Éste es el punto óptimo de la coagulación, en el que las partículas que precipitan arrastran y engloban las partículas de coloide previamente neutralizado por las formas complejas, aumentando la velocidad de sedimentación de los coágulos.

Cuando se desea eliminar el material coloidal que se halla suspendido en una masa de aguas, no existen formas simples de calcular las dosis requeridas para lograr una óptima clarificación del fluido. Es por esta razón que la dosis necesarias para un determinado tratamiento, se determina por métodos experimentales de laboratorio. Las pruebas que se utilizan para este fin, se conocen como “Pruebas de Jarras” y tienen por objeto determinar la dosis óptima de coagulante mediante la simulación de tres procesos básicos que se realizan en planta: Mezcla Rápida, Mezcla Lenta y Decantación.

## Test de jarras

Importante: Las observaciones visuales son cualitativas y dependen, por eso, del criterio de quien hace los ensayos

### Materiales y equipos

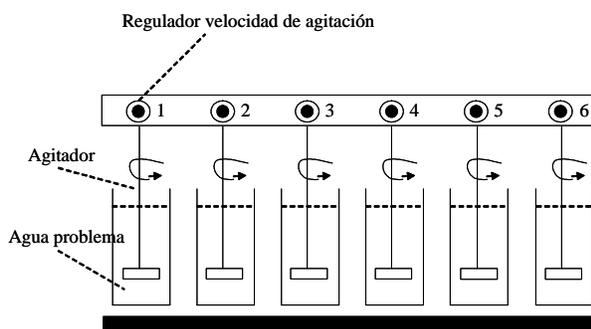
-Equipo para pruebas de jarras que consiste de un set de agitadores mecánicos controlados por un aparato que regula su velocidad y una lámpara de iluminación.

-Seis vasos de precipitados de 2000 mililitros.

-Pipetas graduadas de 2, 5, 10, 15, 20 y 25 mililitros.

-pHmetro o papel indicador de precisión.

Figura 12: Esquema de aparato para la realización del test de jarras



### Reactivos

-Solución de Cloruro férrico 40%

-Solución NaOH y HCl 0,10 N.

-Reactivos o kits de análisis para pH, turbiedad, color, alcalinidad y dureza.

# DOSIFICACIÓN

---

## Test de jarras (continuación)

### Procedimiento

Determine a la muestra de agua bien homogeneizada, el color, la turbiedad, el pH, la alcalinidad y la dureza. Asegúrese de que el pH de la muestra se encuentre comprendido entre 6 y 7, y en caso contrario, ajústelo con solución de hidróxido de sodio o de HCl 0,10 N.

Mida seis porciones de un litro de muestra cada uno en vasos de 2,0 litros y colóquelos en el equipo de Jarras.

Prenda la lámpara y los agitadores y estabilice su rotación a 100 rpm

Dosifique el coagulante simultáneamente a los primeros 5 vasos, en cantidades crecientes, por ejemplo: 4, 8, 12, 16 y 20 ml.

Mantenga la agitación de las aspas a 100 rpm durante un minuto, (mezcla rápida o coagulación) y luego baje la velocidad de agitación a 40 rpm y manténgala durante 15 minutos más, (mezcla lenta o floculación).

Una vez transcurridos los 15 minutos de agitación lenta, suspenda la agitación, retire los agitadores de los vasos y deje el sistema en reposo por 30 minutos durante los cuales deberá observar la apariencia y consistencia del flóculo y su velocidad de decantación.

Finalmente, determine la dosis óptima seleccionando aquella jarra en donde los valores de color y la turbiedad sean los más bajos, en donde la velocidad de decantación sea la mayor y en donde se produzca el floculo más grande. Utilice el vaso número seis a manera de blanco, para facilitar las comparaciones.

Se debe tener en cuenta que la dosis óptima es “la más baja que presente las anteriores características”, sin exceder la dosificación necesaria debido a que dosificaciones superiores a la óptima, pueden resuspender nuevamente los coloides.

### Precauciones

-Con respecto a la temperatura, la prueba de jarras debe realizarse a la misma temperatura que la que tiene el agua en la planta de tratamiento.

-Con respecto a la adición de coagulante, éstos deben ser añadidos lo más rápidamente posible a las seis jarras. El coagulante debe ser agregado con una pipeta profundamente dentro del líquido y junto al eje de las paletas.

# DOSIFICACIÓN

---

Para la deshidratación de lodos la adición cuantitativa de cloruro férrico depende de las propiedades de deshidratación de cada tipo de lodo.

Para determinar la dosis óptima de químico que acondiciona un determinado lodo se recomienda hacer un test en laboratorio, pudiendo ser éste el test de jarra, test de succión capilar y/o test de vertido por vaciado.

## Test de succión capilar

El test de succión capilar (CST) es una forma fácil y rápida para evaluar productos químicos en su efectividad para deshidratar lodos. Se basa en la fuerza de gravedad y en la succión capilar de un trozo de papel filtro grueso para retirar agua de una muestra de lodos acondicionados.

La muestra se vierte en una columna cilíndrica sin fondo, encima de un trozo de papel filtro. El tiempo que toma al agua de los lodos para viajar 10 mm entre dos puntos se registra y corresponde al tiempo que toma a un volumen específico de agua para ser drenada de la muestra. Este tiempo es tanto menor cuando más filtrables son los lodos.

### Materiales

- Columna cilíndrica sin fondo de 10 mm de diámetro.
- Columna cilíndrica sin fondo de 18 mm de diámetro.
- Papel filtro Whatman N°41.
- Cronómetro.

Aquel acondicionamiento con menor tiempo de succión capilar (TSC) es el que permite la mejor filtrabilidad de los lodos.

## Test de vertido por vaciado

El test de vertido por vaciado consiste en comparar la filtrabilidad de lodos a través de una malla de 0,3 mm después de su acondicionamiento con productos químicos.

Se preparan dos vasos de precipitado, uno de ellos con 0,5 lt de lodos y el otro con el químico para el acondicionamiento de ellos. Se realiza un número fijo de operaciones de trasiego de los lodos de un vaso a otro para la mezcla de los productos químicos y la coagulación/floculación de los sólidos.

Los lodos acondicionados se vierten en un embudo Buchner con capacidad para medio litro, habilitado con una malla de 0,3 mm, el cual está instalado sobre una probeta graduada. Se mide el tiempo que demora en filtrar una determinada cantidad de agua desde el embudo Buchner a la probeta.

### Materiales

- Embudo Buchner de 0,5 lt.
- Malla de PP de 0,3 mm.
- Dos vasos de precipitado de 1 lt.
- Probeta graduada de 0,5 lt.
- Jeringas para la dosificación de químicos.

Aquel acondicionamiento que permite un menor tiempo de filtración para una misma cantidad de filtrado es el de mejor filtrabilidad.

# MÉTODOS DE ANÁLISIS

---

## Determinación de Cloruro férrico

Método: Valoración por titulación.

Reactivos:

- Yoduro de potasio, sólido, p.a.
- Almidón 1%
- Tiosulfato de sodio 0,1N

Procedimiento:

1. Medir 5 cc de solución y diluir a 500 cc. Medir una alícuota de 50 cc y vaciarla a un frasco de yodo.
2. Agregar 2 a 3 gramos de KI, sellar la tapa con agua y dejar reposar en la oscuridad durante 5 minutos.
3. Titular con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1N utilizando almidón como indicador, hasta decoloración.

Ecuaciones

$$\% \text{FeCl}_3 = \frac{\text{gasto } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 32,4589}{\text{densidad} \times 10}$$

Referencia: AWWA B407, 1984

## Determinación cualitativa de $\text{Fe}^{+2}$

Reactivos:

- Ácido fosfórico 1:1
- Ferricianuro de potasio 10%

Procedimiento:

1. Medir 1 ml de solución y vaciarlo en un vaso precipitado de 50 ml.
2. Agregar 5 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  1:1 y 10 ml de agua.
3. Homogenizar y adicionar gotas de ferricianuro de potasio al 10%.
4. Observar color azul intenso.

Referencia: AWWA B407, 1984

# MÉTODOS DE ANÁLISIS

## Determinación de Fe<sup>+2</sup>

Método: Valoración por titulación.

Reactivos:

-Solución de ácido sulfúrico / ácido fosfórico:

Agregar a 600 cc de agua destilada 150 cc de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, enfriar y luego agregar 250 cc de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

-Difenilamina sulfonato indicador al 0,27%.

-Sulfato de cerio 0,1 N.

Procedimiento:

1. Medir 10 cc de solución y diluir a 300 cc en un matraz Erlenmeyer de 500 cc.
2. Agregar 15 cc de solución ácida y 2 cc de indicador, la solución se torna color verde claro.
3. Titular con CeSO<sub>4</sub> 0,1N, hasta color violeta púrpura.

Ecuaciones:

$$\%FeCl_2 = \frac{\text{gasto CeSO}_4 \times 1,268}{\text{densidad} \times 10}$$

Expresión del resultado de Fe(2):

$$\begin{aligned} \%FeCl_3 \times 0,344 &= \%Fe(3) \\ \%FeCl_2 \times 0,440 &= \frac{\%Fe(2)}{\%Fe \text{ total}} \end{aligned}$$

$$\frac{\%Fe(2) \times 100}{\%Fe \text{ total}}$$

Referencia: AWWA B407, 1993

## Determinación de acidez libre

Método: Valoración por titulación.

Reactivos:

-Tiosulfato de Sodio al 8,6%.

-Sulfato de Cobre al 10%.

-Soda 0,1 N.

-Indicador Metil Orange-Xylene Cyanol (0,5 grs. de cada uno y diluir a 100 ml)

Procedimiento:

1. En un Erlenmeyer de 500 ml agregar:
  - 50 ml de solución de tiosulfato de sodio (reduce el Fe+3 a Fe+2)
  - 1 ml de solución de sulfato de cobre (catalizador).
  - 3 a 4 gotas de indicador.
  - 200 ml de agua destilada.

La solución se torna color verde.

2. Agregar 2 ml de solución de cloruro férrico (la solución se torna color violeta si hay presencia de acidez).
3. Titular con soda 0,1 N hasta color original.

Ecuación:

$$\%HCl = \frac{\text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 3,65}{\text{ml muestra} \times \text{densidad}}$$

Referencia: TEST, K.A.S. – 52 – ACIDITY OF FERRIC CHLORIDE, 1991

# MÉTODOS DE ANÁLISIS

---

## Sólidos en suspensión

1. Preparar equipo de filtración con filtro de membrana.
2. Medir 25 ml de solución y mezclar con 50 ml de agua destilada, calentar levemente.
3. Filtrar y lavar con agua destilada caliente hasta que desaparezca el color amarillo del cloruro férrico.
4. Sacar el filtro y secar en la estufa durante 5 minutos.
5. Pesar en balanza de precisión y determinar el peso del residuo restando el peso del filtro.

Ecuación:

$$\begin{array}{l} \% \text{ sólidos} \\ \text{en suspensión} \end{array} = \text{Peso del residuo} \times 2,7$$

# DILUCIÓN

El calor de solución del cloruro férrico en agua (20°C) aumenta desde 94,64 kJ/mol para una solución al 42% hasta 132,64 kJ/mol para una solución al 1%. En consecuencia una solución al 42% es diluida sin calentamiento apreciable.

El cloruro férrico puede ser diluido al mezclar la solución concentrada con agua. Si se quiere llevar el producto a una concentración diferente a la entregada por OxyChile (42%), las siguientes fórmulas determinan el volumen de agua necesaria para llevar la solución a una concentración menor.

C = Volumen cloruro férrico concentrado.

C% = % FeCl<sub>3</sub> concentrado.

G<sub>C</sub> = Gravedad específica del cloruro férrico concentrado.

D = Volumen de cloruro férrico diluido (volumen total de la mezcla).

D% = %FeCl<sub>3</sub> diluido.

G<sub>D</sub> = Gravedad específica del cloruro férrico diluido.

A = Volumen de agua.

Para conocer el valor de la gravedad específica (G) de diferentes concentraciones de soluciones use los valores mostrados en la tabla 3.

## Ejemplo 1

Determinar el volumen de agua necesaria (a 18°C) para diluir un litro de solución de cloruro férrico 42% almacenado, y así producir FeCl<sub>3</sub> al 10%.

C = 1 lt.

C% = 42 %

G<sub>C</sub> = 1,460 (de tabla 3).

D = volumen total de la mezcla.

D% = 10 %FeCl<sub>3</sub>

G<sub>D</sub> = 1,086 (de tabla 3)

A = Volumen de agua necesaria.

Usando la ecuación 3, se tiene:

$$A = 1 \times 1,460 \times [(42 / 10) - 1]$$

$$A = 4,7 \text{ lts de agua.}$$

Usando la ecuación 2 se conoce el volumen total de la mezcla, siendo éste:

$$4,68 = D \times 1,086 (1 - 10 / 40)$$

$$D = 5,7 \text{ lts}$$

Ecuación 1

$$C = D \times [(G_D \times D\%) / (G_C \times C\%)]$$

Ecuación 2

$$A = D \times G_D \times [1 - (D\% / C\%)]$$

Ecuación 3

$$A = C \times G_C \times [(C\% / D\%) - 1]$$

# DILUCIÓN

---

## Ejemplo 2

Determinar la cantidad necesaria de  $\text{FeCl}_3$  42% y agua para producir 5,7 litros de cloruro férrico al 10%.

$C$  = Volumen de  $\text{FeCl}_3$  concentrado.

$C\%$  = 42 %

$G_C$  = 1,460 (de tabla 3).

$D$  = 5,7 lts.

$D\%$  = 10 %  $\text{FeCl}_3$

$G_D$  = 1,086 (de tabla 3)

$A$  = Volumen de agua necesaria

Utilizando la ecuación 1 se tiene:

$$C = 5,7 \times [(1,086 \times 10) / (1,460 \times 42)]$$

$C$  = 1,03 lts.

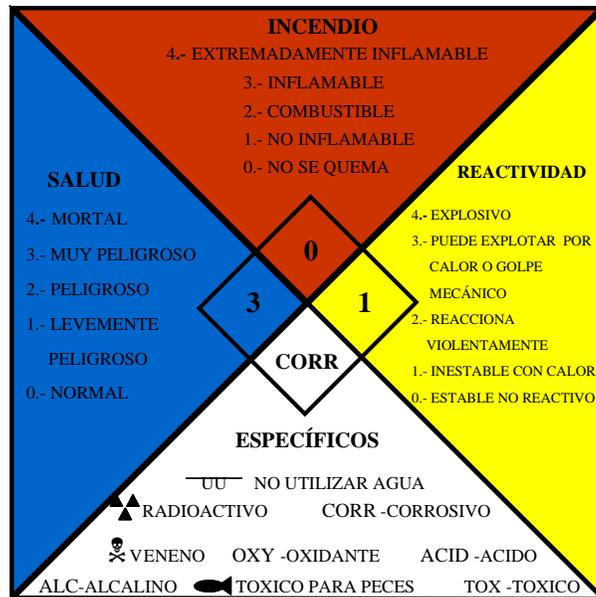
Al usar la ecuación 2 se encuentra el volumen de agua necesario para diluir el cloruro férrico concentrado:

$$A = 5,7 \times 1,086 \times [1 - (10 / 42)]$$

$A$  = 4,7 lts.

# SEGURIDAD E INFORMACIÓN DE EMERGENCIA

## CLASIFICACIÓN DE RIESGOS



### Propiedades y características que constituyen riesgos particulares

- Sus vapores son más pesados que el aire.
- Es totalmente soluble en agua. Sus soluciones son más pesadas que el agua.
- La inhalación, ingestión o contacto del material con la piel puede causar lesiones severas o la muerte.
- Los efectos del contacto o inhalación se pueden presentar en forma retardada.
- Es corrosivo fuerte para la mayoría de los metales.
- En contacto con el fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y tóxicos.
- Las fugas o derrames resultantes del control de incendios o la dilución con agua pueden ser corrosivos, tóxicos y causar contaminación.

### Riesgos de salud

#### Vías de exposición

**Inhalación:** Irrita las vías respiratorias y puede causar edema pulmonar.

**Contacto con la piel:** produce irritación.

**Contacto con los ojos:** produce irritación y quemaduras.

**Ingestión:** produce irritación y quemaduras en boca, esófago y estómago. Puede provocar vómitos y náuseas.

# SEGURIDAD E INFORMACIÓN DE EMERGENCIA

---

## Efectos de una sobre exposición

Exposición aguda: Corrosivo y fuertemente irritante sobre los tejidos con que entra en contacto.

Efectos crónicos: Una exposición prolongada puede provocar dermatitis.

Información toxicológica: Corrosivo a todos los tejidos del cuerpo en que entra en contacto.

LD50(oral-ratón) : 1278 (mg/Kg)

LD50(oral-rata) : 1932 (mg/ Kg)

## **Exposición dérmica humana (de la piel):**

Corrosión ocular con ulceración de la córnea o la conjuntiva. No listado como agente carcinógeno. Corrosivo y fuertemente irritante sobre los tejidos con que entra en contacto. Se asocia algunas veces a la sensibilización de la piel.

## Procedimientos de emergencia y primeros auxilios

Inhalación: Retírese a una zona de aire fresco. Suministre oxígeno si la respiración se hace dificultosa.

Piel: Lavar con abundante agua a lo menos durante 20 minutos, lavar la piel con agua y jabón. Remueva la ropa contaminada inmediatamente.

Ojos: Lavar con abundante agua a lo menos durante 20 minutos.

Ingestión: No inducir vómitos. Si la persona está consciente, dar agua, leche o leche de magnesia. Si la víctima no respira, inducir la respiración artificial con ayuda de una máscara de bolsillo equipada con válvula de un sentido u otro dispositivo respiratorio médico adecuado. No hacer respiración boca a boca.

## **Equipos de protección personal**

-Casco de seguridad no metálico con protección facial transparente.

-Antiparras y mascarilla con filtro para gases ácidos.

-Botas con puntera de acero resistentes al cloruro férrico en solución.

-Guantes tipo mosquetero de caucho natural, de neopreno, de nitrilo, PVC.

-Pantalón y chaqueta impermeables.

# SEGURIDAD E INFORMACIÓN DE EMERGENCIA

---

## En caso de incendios

La solución de cloruro férrico 42% no es inflamable ni explosiva. Sin embargo en contacto con el fuego produce gases corrosivos, irritantes y tóxicos.

Para la extinción de incendios pequeños usar extintores portátiles de polvo químico seco multipropósito de potencial de extinción certificado. Para incendios grandes usar extintores de polvo químico seco multipropósito, de espuma resistente al alcohol. También se puede utilizar CO<sub>2</sub>.

No se debe verter agua en chorro directo sobre el producto derramado.

Hacer diques para que el producto no se expanda y no llegue al alcantarillado ni a cursos de agua.

Enfriar con agua los recipientes expuestos a las llamas hasta normalizar la temperatura.

## En caso de derrames

-Usar equipo de protección adecuado.

-Eliminar toda fuente de ignición (fumar, chispas, llamas, etc.).

-Detener la fuga y evitar que ingrese en ductos de agua o de alcantarillado.

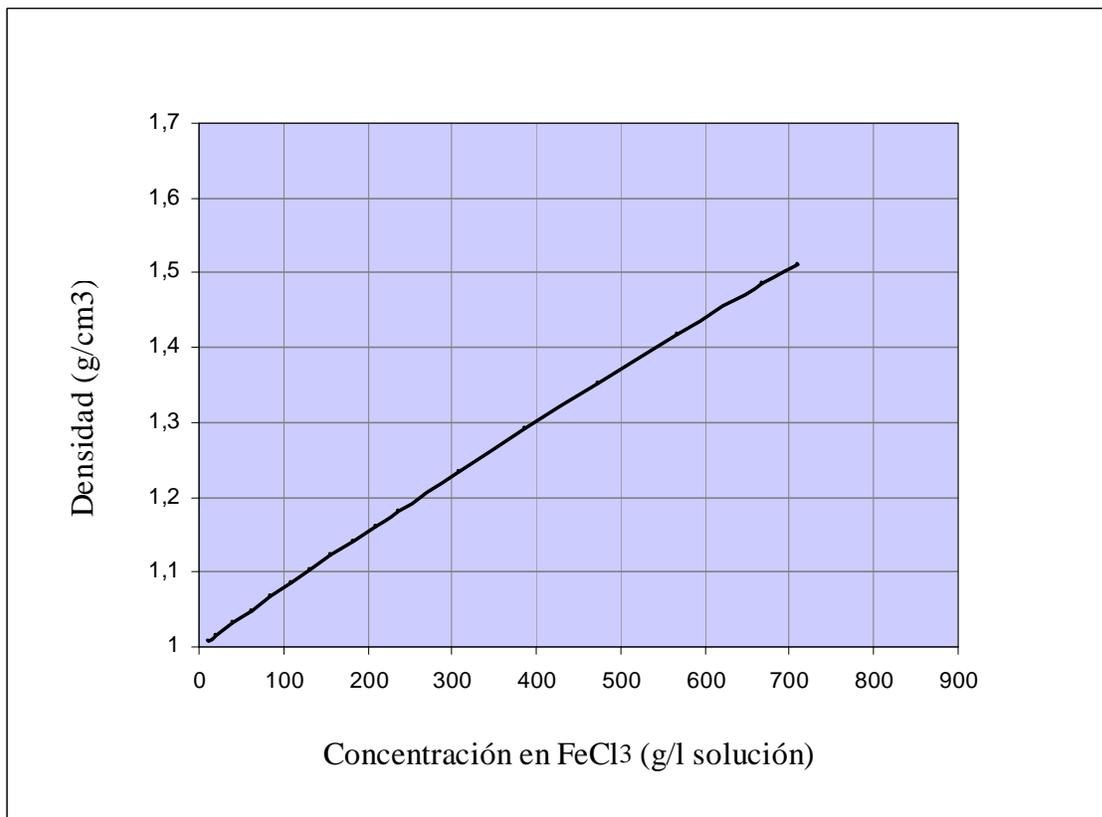
-Cubrir el área del derrame con arena, tierra u otro material absorbente existente en el mercado.

-Usar neblina de agua para disminuir la presencia de gases que se pudiesen producir. No aplicar directamente sobre la fuga.

# DATOS TÉCNICOS

---

Figura 13: Concentración en  $\text{FeCl}_3$  v/s Densidad



## DATOS TÉCNICOS

---

Tabla 1: Concentración en FeCl<sub>3</sub> - Densidad

Concentración en FeCl <sub>3</sub>			Densidad	
g / 100 g solución	g / litro solución	g Fe <sup>+3</sup> / 100g solución	g / cm <sup>3</sup>	°Be
			a 20° C	
1	10,07	0,34	1,007	1,0
2	20,30	0,68	1,015	2,1
4	41,28	1,37	1,032	4,5
6	62,94	2,06	1,049	6,8
8	85,36	2,75	1,067	9,1
10	108,50	3,44	1,085	11,4
12	132,50	4,12	1,104	13,7
14	157,20	4,81	1,123	15,9
16	182,70	5,50	1,142	18,0
18	209,20	6,18	1,162	20,2
20	236,40	6,87	1,182	22,3
25	308,50	8,59	1,234	27,5
30	387,30	10,31	1,291	32,7
35	473,60	12,03	1,353	37,8
40	567,20	13,75	1,417	42,7
45	668,30	15,47	1,485	47,4
47	710,17	16,15	1,511	49,0

## DATOS TÉCNICOS

---

Tabla 2: Variación de la Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) de Soluciones Acuosas de  $\text{FeCl}_3$  por Efecto de la Temperatura

Concentración en $\text{FeCl}_3$ g / 100 g solución	Temperatura °C			
	0	10	20	30
1	1,0086	1,0084	1,0068	1,0040
2	1,0174	1,0168	1,0152	1,0122
4	1,0347	1,0341	1,0324	1,0292
8	1,0703	1,0692	1,0669	1,0636
12	1,1088	1,1071	1,1040	1,1006
16	1,1475	1,1449	1,1418	1,1386
20	1,1870	1,1847	1,1820	1,1786
25	1,2400	1,2380	1,2340	1,2290
30	1,2970	1,2950	1,2910	1,2850
35	1,3605	1,3580	1,3530	1,3475
40	1,4280	1,4235	1,4175	1,4115
45		1,4920	1,4850	

## DATOS TÉCNICOS

---

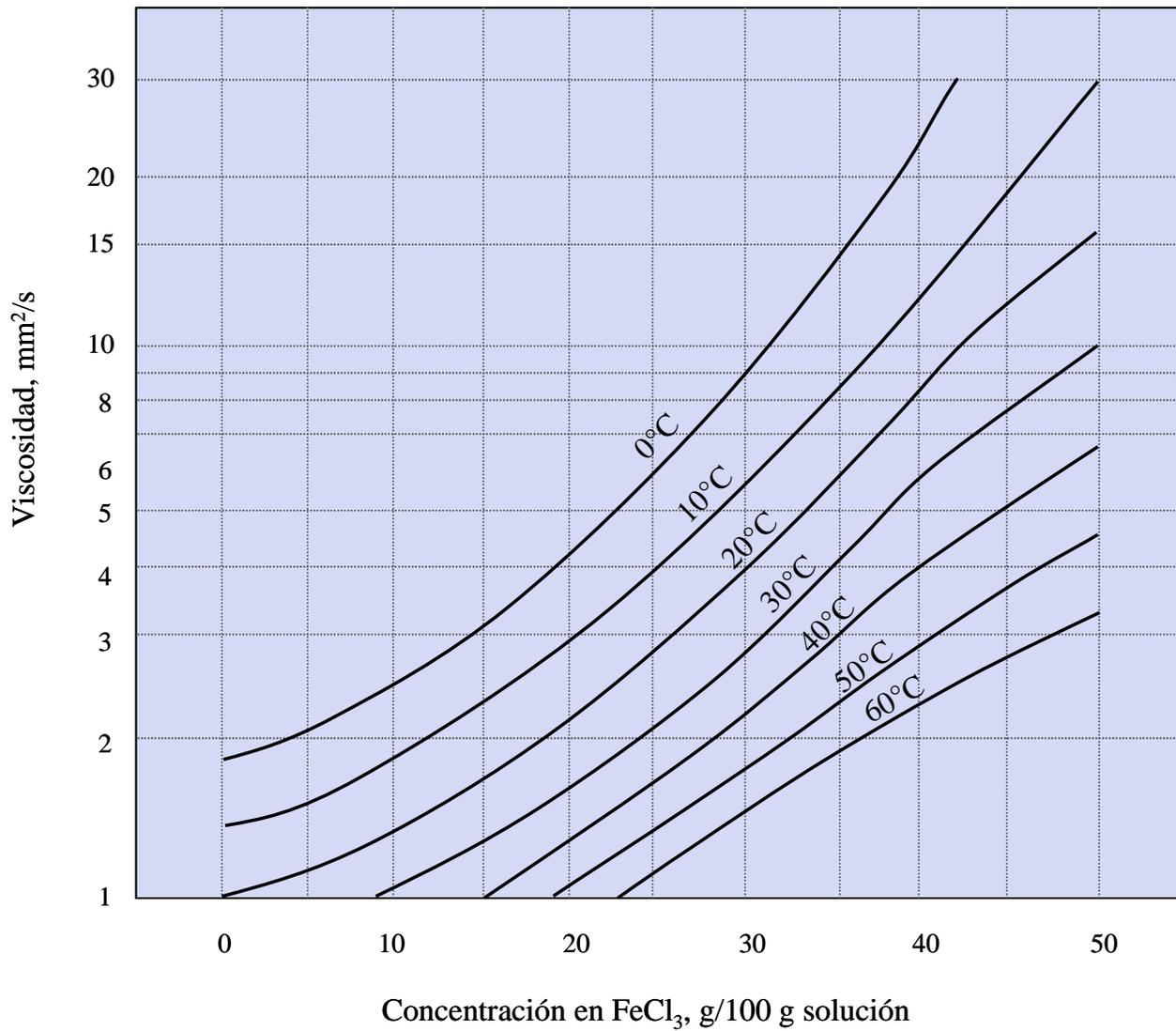
Tabla 3: Gravedad específica a 18°C (65°F)

<b>% FeCl<sub>3</sub></b>	<b>Gravedad específica</b>	<b>% FeCl<sub>3</sub></b>	<b>Gravedad específica</b>
1	1,009	24	1,226
2	1,017	25	1,237
3	1,026	26	1,245
4	1,034	27	1,258
5	1,043	28	1,268
6	1,052	29	1,280
7	1,060	30	1,290
8	1,069	31	1,304
9	1,077	32	1,316
10	1,086	33	1,330
11	1,094	34	1,342
12	1,105	35	1,358
13	1,115	36	1,372
14	1,125	37	1,386
15	1,135	38	1,402
16	1,144	39	1,418
17	1,154	40	1,432
18	1,164	41	1,446
19	1,174	42	1,460
20	1,185	43	1,476
21	1,195	44	1,492
22	1,206	45	1,506
23	1,216	46	1,520

# DATOS TÉCNICOS

---

Figura 14: Viscosidad de soluciones acuosas de  $\text{FeCl}_3$

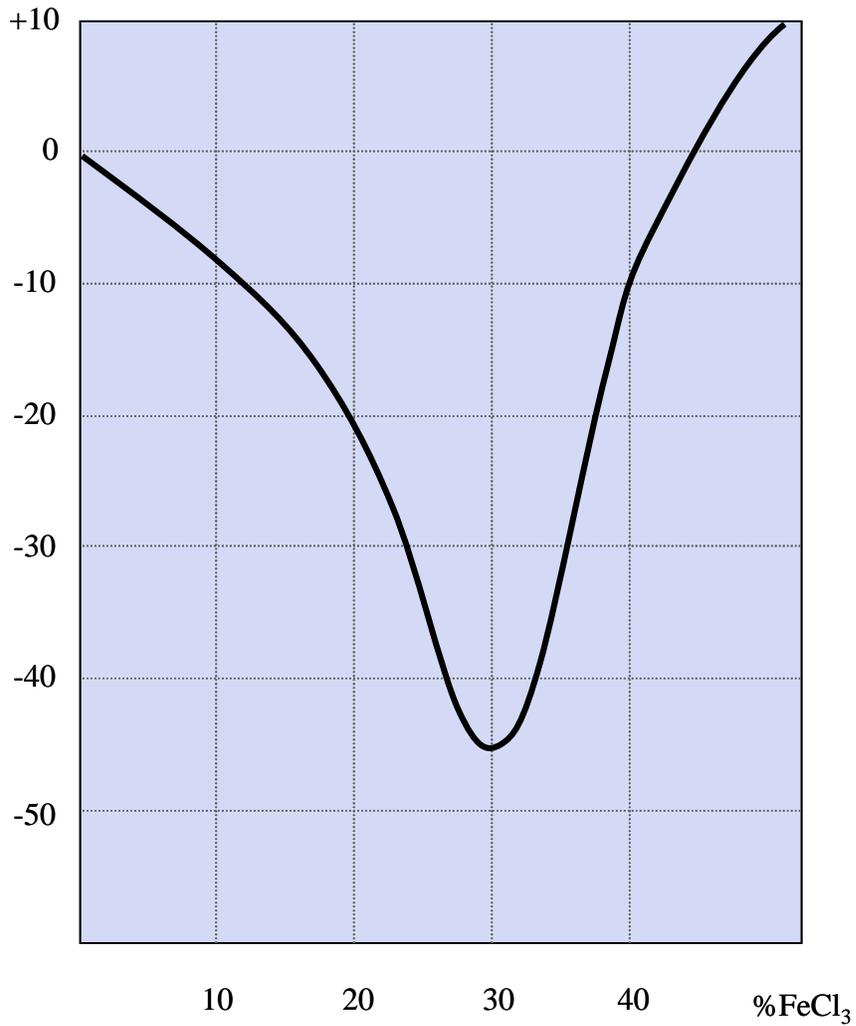


# DATOS TÉCNICOS

---

Figura 15: Temperatura de Cristalización de Soluciones de FeCl<sub>3</sub>

Temperatura  
de Cristalización (°C)



# DATOS TÉCNICOS

---

Tabla 4: Guía de materiales compatibles

<b>Compatibles</b>	<b>Metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tantalio</li> <li>-Titanio</li> </ul>
	<b>No metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cerámica</li> <li>-Poliéster resistente a la corrosión reforzado con fibra de vidrio</li> <li>-Polipropileno reforzado</li> <li>-Hypalon</li> <li>-Kynar</li> <li>-Goma natural</li> <li>-Nordel</li> <li>-PVC</li> <li>-Grafito y carbón impregnado en resina</li> <li>-TFE o KEL-F</li> <li>-Viton</li> </ul>
<b>No Compatibles</b>	<b>Metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Aluminio</li> <li>-Bronce</li> <li>-Fierro fundido</li> <li>-Cobre</li> <li>-Hastelloy C</li> <li>-Acero:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Carbono</li> <li>Dulce</li> <li>Inoxidable 304</li> <li>Inoxidable 316</li> <li>Inoxidable 20</li> </ul> </li> </ul>
	<b>No metales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Poliamidas (Nylon)</li> </ul>

Si desea información adicional sobre salud, seguridad o medio ambiente, llame al teléfono +56 (2) 7185000, o bien escriba a la siguiente dirección:

Occidental Chemical Chile Limitada  
Nueva de Lyon 072, piso 10  
Providencia, Santiago  
Chile

**TELEFONOS DE EMERGENCIA DE 24 HRS.**

**+56 800 411212**  
**+56 (41) 2503503**  
**+56 (41) 2544976**

---

**IMPORTANTE:** La información aquí presentada, a pesar de no estar garantizada, fue preparada por personal técnico competente y es, según nuestro entender verdadera y exacta. NINGUNA JUSTIFICACIÓN, GARANTÍA, EXPLÍCITA IMPLÍCITA, SE HACE EN CUANTO A RENDIMIENTO EXACTITUD, ESTABILIDAD, U OTRO. Esta información no tiene por objeto ser exhaustiva en cuanto a la forma y condiciones de uso, manejo y almacenaje. El manejo y uso seguros siguen siendo responsabilidad del cliente. Sin embargo, nuestro personal técnico estará complacido de responder preguntas relacionadas con los procedimientos de manejo y uso seguros. Lo aquí expuesto no será interpretado como una recomendación para infringir o violar la ley.

En el caso que requiera asesoría específica para su proyecto, dirigir sus consultas a la Gerencia Comercial de Occidental Chemical Chile Limitada, Nueva de Lyon 072, 10° Piso, Providencia, Santiago. Fax +56 (2) 7185005 y Teléfono +56 (2) 7185000.