



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

***“APLICACIONES, USOS Y MANEJO
ADECUADO DEL CLORO”***

MONOGRAFIA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUIMICO INDUSTRIAL

PRESENTA:

Alberto May Matus

ASESOR :

Dra. Marina Guevara Valencia

Orizaba, Ver.

Junio, 2009



ÌNDICE

	Pagina.
Índice de Figuras	III
Índice de Cuadros	V
Abreviaturas	V
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
1. GENERALIDADES	
1.1 Métodos de obtención	7
1.2 Proceso del mercurio	8
1.3 Proceso de diafragma	10
1.4 Proceso de membrana	11
2. PRESENTACIONES Y APLICACIONES PRINCIPALES DEL CLORO	
2.1 Aplicaciones principales del cloro	16
2.1.1 Blanqueo de pulpa de papel	16
2.1.2 Metanos clorados	18
2.1.3 Metalurgia	18
2.1.4 Catalizadores	18
2.1.5 Desinfectantes	19
2.1.6 Límites permisibles de características químicas	20
2.1.7 PVC	25
2.2 Aplicación del cloro en la salud	25
2.3 Aplicación del cloro en agricultura y alimentos.	27
2.4 Cal clorada	29
3. CONTENEDORES	
3.1 Tipos y capacidades de contenedores	31
3.1.1 Cilindro de 68Kg	31
3.1.2 Cilindro de 970Kg	32
3.2 Formas de almacenamiento	34
3.2.1 Almacenamiento de en recipientes móviles	34
3.2.2 Almacenamiento en depósitos semi – móviles	36
3.2.3 Almacenamiento en recipientes fijos	39

4. ESTACIÓN DE CLORACIÓN

4.1	Criterio de diseño	46
4.2	Almacenamiento	53
4.3	Recomendaciones para el proyecto	56
4.4	Equipos de medición y control	58
4.4.1	Equipos para aplicar hipoclorito en solución	59
4.4.2	Hipoclorador de orificio de carga constante	59
4.4.3	Cloradores de aplicación al vacío	62
4.4.4	Evaporadores	72
4.4.5	Sistema de control	74
4.4.6	Punto de aplicación	77
4.5	Cámara de contacto	79
4.6	Tiempo de contacto para la reducción de bacterias	79
4.7	Ventilación y equipo de protección	80

5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y TRANSPORTE

5.1.	Protección personal	85
5.2.	Dispositivo de huida y escape	87
5.3.	Equipo autónomo de respiración	90
5.4	Normas para el transporte de contenedores de gas cloro	91
5.5	Transporte de cilindros de 68kg	95
5.6	Carro plataforma	95
5.7	Mamparas o muros	96
5.8	Mamparas ranuras o muescadas	96
5.9	Confinamiento de cilindros en camiones y trailers	96
5.10	Transporte de cilindros de 907kg	97
5.11	Calces neumáticos	100

6. RECOMENDACIONES

6.1	Recomendaciones generales para el manejo del gas cloro	102
6.2	Responsabilidad de los empleados	102
6.3	Primero auxilios	103
6.3.1	Inhalación de gas cloro	104
6.3.2	Si la respiración no ha cesado	104
6.3.3	Contacto en los ojos con cloro líquido	105

Comentarios	
Anexo 1	106
Anexo 2	109
Referencias bibliográficas	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Proceso del mercurio.	9
2	Diafragma de flujo del proceso del mercurio.	10
3	Celda del proceso de diafragma.	11
4	Celda del proceso de membrana vista frontal	12
5	Celda del proceso de membrana vista transversal	13
6	hipoclorito sódico es imprescindible para evitar la proliferación de algas u hongos	23
7	Fase de proceso de cloración	24
8	Instalación de dos cilindros de gas de 68Kg.	32
9	Cilindros de 907Kg vista superior	33
10	Cilindros de 907Kg vista vertical	33
11	Contenedor de cloro expuesto al sol.	47
12	Almacén de cloro abierto para cilindros de una tonelada.	48
13	Almacén de cloro cerrado con ventilación artificial.	49
14	Forma de almacenar cilindros de una tonelada.	49
15	Almacén de cilindros pequeños.	50
16	Almacén de cloro utilizado como depósito.	50
17	El almacén de cloro utilizado como depósito.	51
18	Curva al punto de quiebre.	54
19	Carretilla para transportar cilindros pequeños.	55
20	Cilindros de cloro de una tonelada de peso.	56
21	Almacenamiento de cilindros de cloro.	57
22	Sistema de conexión de cilindros de cloro.	57
23	Sistema de aplicación por gravedad.	59
24	Hipoclorador.	60
25	Hipoclorador de orificio de carga constante.	60
26	Clorador de aplicación directa a una tubería.	61
27	Punto de aplicación en la tubería.	61
28	Clorador de aplicación directa	62
29	Imagen de un clorador de aplicación directa	62
30	Diagrama de flujo de un clorador de aplicación directa.	63
31	Sistema de inyección.	63
32	Cloración al vacío, equipo de pared.	65
33	Clorador con inyector para cilindro de una tonelada	65
34	Cloradores de consola	66
35	Válvula de clorador de paliación al vacío.	67
36	Diagrama de flujo de un clorador de aplicación al vacío	67
37	Cloradores de consola.	68
38	Clorador con inyector, colocación múltiple de medidor de cloro.	72
39	Evaporadores para operar con cloro líquido	73
40	Sala de sistemas de control automático de	74

	coloración.	
41	Sistema de control automático de lazo compuesto.	76
42	Diagrama de flujo, sistema de comando automático.	76
43	Solución para aplicación en canal abierto.	77
44	Solución para aplicación en cámara húmeda.	77
45	Esquema de cámara de contacto.	79
46	Sistemas de protección.	80
47	Alarmas de pared.	81
48	Mascara completa con tanque de oxígeno.	82
49	Mascarilla individual.	85
50	Equipo de emergencia.	85
51	Resguardo de equipo de protección.	86
52	Mascarilla de huida o de escape de boca.	87
53	Mascarilla de huida o de escape de boca.	87
54	Mascarilla de huida o de escape de nariz y boca.	88
55	Mascarilla de cubrimiento total tipo canister.	88
56	Mascarilla de cubrimiento total tipo canister.	89
57	Mascarilla de cubrimiento total tipo canister.	89
58	Equipo autónomo de respiración.	90
59	Equipo autónomo de respiración.	90
60	Equipo autónomo de respiración.	90
61	Diamante de colores.	93
62	Transportación de plataforma horizontal de cloro.	97
63	Primeros auxilios.	103
64	Respiración artificial.	104
65	Posición confortable.	104
66	Lavaojos.	105
67	Regadera de emergencia.	105



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características Físicas.	20
2	Características Organolépticas.	20
3	Límites permisibles de metales.	21
4	Límites permisibles de metales.	22
5	Límites permisibles de radioactividad.	22
6	Presentaciones comerciales del cloro.	29
7	Características de los cilindros de cloro.	47
8	Numero de cilindros necesarios según capacidad requerida.	48
9	Criterios para almacenamiento de productos desinfectantes.	53
10	Coeficientes de pérdida de carga menores.	70
11	Tamaños comerciales de cloradores.	71
12	Sistemas automáticos.	75
13	Color y reactividad.	93

ABREVIATURAS

PCB`s	Policlorobifenilos
CFC`s	Clorofluorcarbonos
PVC	Policloruro de vinilo
HDPE	Polietileno de alta densidad
LDPE	Polietileno de baja densidad
PP	Polipropileno
NMP/100ml	Numero mas probable por 100ml
RF-120	Accion tiempo-temperatura hasta 1,029°C por 120 minutos
UFC/100ml	Unidades formadoras de colonias por 100ml
UTN	Unidades de turbiedad nefelometricas
IARC	Agencia internacional para la investigación de cáncer
OMS	Organización mundial de la salud
ITC	Instrucciones técnicas complementarias
MIE	Ministro de Industria y Tecnología
AP-7	<Botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.> del Reglamento de Aparatos a Presión
APQ-1	Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
PTFE	Politetrafluortileno



INTRODUCCIÓN



En todo el mundo, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes. Fue introducido masivamente a principios del siglo XX y constituyó una revolución tecnológica, que complementó el proceso de filtración que ya era conocido y utilizado para el tratamiento del agua. La cloración, incrementó en 50% la esperanza de vida de los países subdesarrollados.

La clave de su éxito es su accesibilidad en casi todos los países del mundo, su razonable costo, su alta capacidad oxidante, que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica y su efecto residual. Todo ello permite en forma bastante simple, asegurar la inocuidad del agua desde que se produce hasta el momento que se usa, lo que resulta muy beneficioso, tanto en sistemas pequeños como en grandes ciudades con redes de distribución extendidas.

Aunque el cloro y sus derivados no son los desinfectantes perfectos, muestran las siguientes características que los hacen sumamente valiosos entre otras:

- a) Tienen una acción germicida de espectro amplio.
- b) Muestran una buena persistencia en los sistemas de distribución de agua, presentan propiedades residuales que pueden medirse fácilmente y vigilarse en las redes después que el agua ha sido tratada o entregada a los usuarios.
- c) El equipo para la dosificación es sencillo, confiable y de bajo costo. Además, para las pequeñas comunidades hay dosificadores de “tecnología apropiada” que son fáciles de usar por los operadores locales.
- d) El cloro y sus derivados se consiguen fácilmente, aun en lugares remotos de los países en desarrollo, es económico y eficaz en relación con su costo.



OBJETIVO GENERAL

Integrar la información relevante que permita conocer la importancia, uso y manejo adecuado del cloro, considerando aspectos de seguridad e impacto ambiental tanto en la industria, como en la vida cotidiana, así como conocer el correcto manejo para reducir los riesgos con una prevención adecuada de accidentes por parte de los operadores o responsables del manejo de este producto.



1. GENERALIDADES



El cloro, es el decimoséptimo elemento químico aparecido en el universo; antes que el hierro, cobre y zinc, por ejemplo, hace centenas de millones de años. Cuanto se profundiza en el microcosmo con los modernos sistemas analíticos, más se confirma que la naturaleza ha desarrollado procesos químicos con cloro mejor que lo hacemos los humanos.¹

Los océanos constituyen la mayor reserva de cloro natural. La fotólisis de cloruros de la sal marina en la atmósfera produce de 2 a 50Kg de ácido clorhídrico por hectárea. Se estima que las erupciones volcánicas emiten a la atmósfera de 0.5 a 11 millones de toneladas de cloro al año, principalmente en forma de ácido clorhídrico.

Los compuestos organohalogenados más simples abundan en nuestro planeta. Así, por ejemplo, algas marinas, bacterias, hongos de la putrefacción, setas, cedros, cipreses, fitoplancton e incluso las patatas producen clorometano.

La presencia del ion cloruro en las plantas, madera, suelo y minerales hace que su combustión produzca inevitablemente compuestos órganoclorados.² (incluyendo dioxinas y furanos). Por consiguiente los incendios forestales, la quema de matorrales y vegetación, así como los volcanes (por Ejemplo: Sta Helena y Kilauea) producen cantidades significativas y en algunos casos masivas de clorometano. Las biomásas marina y terrestre emiten, en total, unas 5 millones de toneladas de dicho compuesto, sobrepasando las emisiones debidas a la actividad humana, que son solamente del orden de 30,000 toneladas por año.

Se ha demostrado que genera dioxina y furanos en procesos tan corrientes como: hogares domésticos, motores de gasolina, humo de tabaco, producción de “composta” vegetal en la naturaleza, etc. Los estudios realizados por (Nestrick, Lamparski, Sheffield) muestran que los incendios forestales y de maleza son una de las fuentes importantes de Dioxinas y Furanos en el medio ambiente.¹

El cloro, como componente de la sal, se encuentra presente en la sangre y tejidos de los mamíferos. Los leucocitos de nuestro sistema inmunológico usan cloro para destruir a los microorganismos invasores, mediante un mecanismo enzimático (mieloperoxidasa) en el que tiene lugar la liberación de hipoclorito, conocido desinfectante. También forma parte de la molécula del ácido clorhídrico, el cual tiene

un papel vital en el proceso digestivo de los mismos (destruye los gérmenes de la comida y asegura que la pepsina rompa las proteínas).

Actualmente se conocen más de 2,600 compuestos organohalogenados producidos por la naturaleza, de los cuales más de 1,000 son organoclorados². Muchos de estos productos son idénticos a los generados por el hombre: clorofenoles, cloroalcanos, PCB's, CFC's y dioxinas. Otros poseen propiedades biológicas similares, la penicilina (cloranfenicol, clorotetraciclina, clazamicina, pirromicina, etc), morfina (epibatidina, 200 veces más activa, producida por la rana epipedobates tricolor del Ecuador) y el taxol, fármaco utilizado contra el cáncer (prostaglandinas, spongistatina, etc.)

Los compuestos organoclorados son producidos por organismos marinos (esponjas, corales, babosas marina, tunicados, medusas, etc.), algas marinas, plantas, semillas, árboles, hongos líquenes, bacterias, microbios e insectos. Los océanos constituyen la mayor fuente de compuestos orgánicos clorados; estos juegan un papel esencial en la supervivencia de los microorganismos vivos, cuya capacidad para sintetizar dichas sustancias ha evolucionado con el tiempo bajo la presión de la selección natural. Así, por ejemplo, ciertas algas marinas producen telfairina, pesticida muy activo contra los mosquitos, y el hongo *Penicillium griseofulvum* produce el fungicida griseofulvina para defenderse de los hongos enemigos.

Los organoclorados son compuestos que, al ser producidos por la propia naturaleza, juegan un papel importante en el equilibrio de la misma.²

En condiciones normales de temperatura y presión el cloro es un gas de color amarillo verdoso de olor penetrante. Es extremadamente reactivo, por lo que en la naturaleza no lo encontremos en estado puro sino combinado, formando mayoritariamente sales metálicas, de las cuales la más abundante es el cloro sódico (NaCl).

El 0.045% de la corteza terrestre esta compuesta por combinaciones de cloro, que representa el 2.9% de los océanos.³

Precisamente, dicha reactividad justamente con sus características particulares (elevado poder oxidante, abundante y económico), lo convierte en una sustancia de un interés técnico y económico extraordinario, que en numerosos casos es



insustituible o bien muy difícil sustitución. No olvidemos que todo proceso alternativo debería cumplir con las condiciones siguientes:

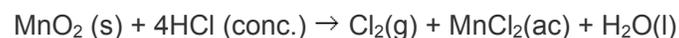
- Técnicamente realizable
- Viable económicamente
- Menor impacto ambiental

Ello no es posible en muchos casos.

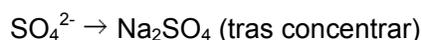
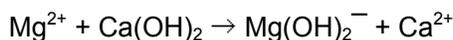
El cloro se obtiene en el proceso de electrolisis de la sal, Conjuntamente con la sosa cáustica (NaOH), y el hidrógeno. La sosa cáustica es un álcali importante para la industria química, se utiliza en la producción de papel, aluminio, fibras textiles (rayón, fibrana), jabones y detergentes, procesamientos de alimentos. El hidrógeno se utiliza en hidrogenación de grasas, fabricación de vidrio plano, suavizantes y como combustible. Por cada 1.7 toneladas de cloruro sódico se obtiene 1 tonelada de cloro, 1.13 tonelada de sosa cáustica y 315 m³ de hidrógeno.⁴

1.1 MÉTODOS DE OBTENCIÓN

El cloro se prepara raramente en el laboratorio debido a que se comercializa en botellas de presión de distintas capacidades. Se puede preparar a pequeña escala, mediante la adición lenta de HCl concentrado y desoxigenado sobre dióxido de manganeso hidratado. El cloro así generado se puede purificar pasándolo a través de agua, eliminándose el HCl y de H₂SO₄, para eliminar el H₂O. Por último se puede purificar más pasándolo por un tubo que contiene CaO o P₂O₅.



La producción industrial de Cloro se lleva a cabo mediante la electrólisis de disoluciones de NaCl: Las sales de NaCl empleadas suelen llevar impurezas que deben ser eliminadas antes de efectuar la electrólisis, en particular los iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y SO_4^{2-} .



La extracción de la sal bruta se obtiene mediante evaporación de las salinas por el sol. Esta evaporación tiene lugar en varios pasos: concentración del agua salada del mar en estanques; transporte del concentrado a otro estanque de evaporación donde se precipita el CaSO_4 , y finalmente en otro estanque de evaporación se realiza la cristalización del NaCl. Esta sal todavía tiene un alto contenido en magnesio y potasio, por lo que se debe llevar a cabo el lavado de la sal en unidades especiales donde se alcanza un contenido de NaCl en la sal $> 99\%$. De 1m^3 de agua salada se obtienen 23Kg de NaCl. Dependiendo del tipo de proceso electrolítico utilizado se realizan posteriores purificaciones.

Existen tres tipos de procesos para producir Cloro, el del mercurio, el de membrana y el de diafragma.

1.2 PROCESO DEL MERCURIO

Este proceso utiliza disoluciones concentradas del NaCl (salmuera). Como se muestra en la figura 1, la celda de amalgama está constituida por un contenedor de acero alargado e inclinado por debajo del cual fluye una capa de mercurio que actúa de cátodo y absorbe el Na que se produce en la reacción:



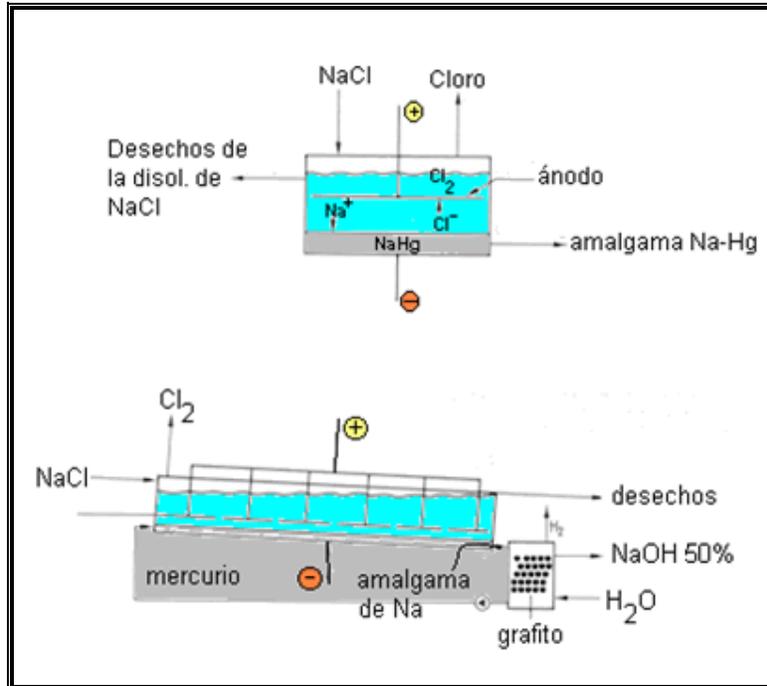
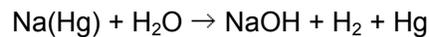
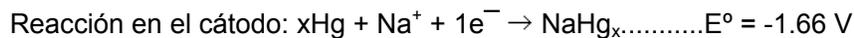
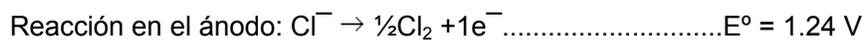


Figura 1. El proceso del mercurio.⁸

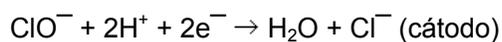
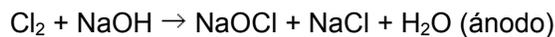
El cloro se produce en el ánodo que se puede ajustar en altura. La amalgama de Na que se obtiene se transfiere a un reactor donde se descompone, mediante hidrólisis con H₂O, en Hg, NaOH (50%) e H₂.



Durante la electrólisis se dan las siguientes reacciones:



Reacciones colaterales:



El rendimiento del proceso es del 94-97%. Una planta a gran escala produce de 50 a 300x10³ toneladas del Cloro por año y de 56 a 340x10³ toneladas de NaOH por año.

Datos de la Celda

- Área del cátodo: 10 a 30 m²
- Espesor de la capa de Hg: 3 mm
- [Na]_{Hg}: 0.2 a 0.4% en peso
- 50-180 ánodos por celda
- Separación cátodo-ánodo: 3 mm
- Ánodo: grafito o Ti recubierto por metales del grupo del Pt.
- Sal procesada: 2 a 20 m³/h

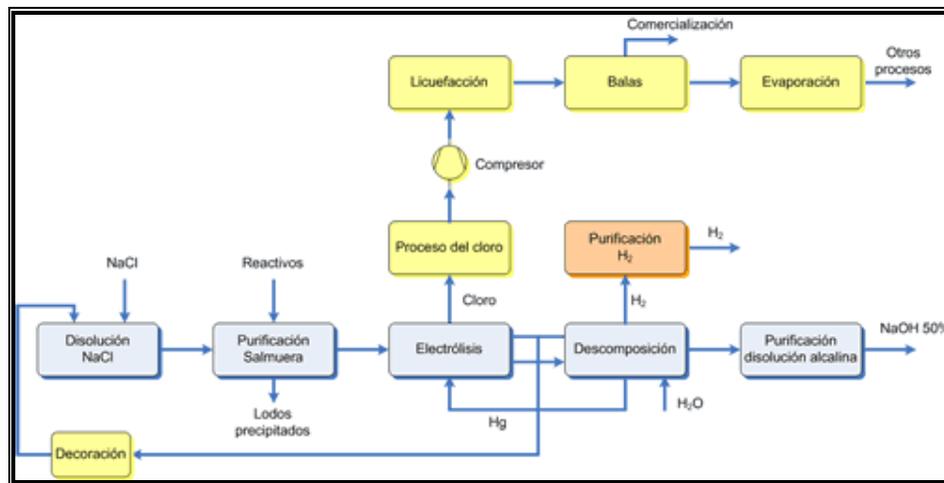


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de mercurio. ⁸

1.3 PROCESO DE DIAFRAGMA

En este proceso se emplean disoluciones acuosas de NaCl. Las celdas industriales de diafragma consisten en un depósito en el cual los ánodos se montan verticalmente y paralelos unos a otros. Los cátodos se sitúan entre los ánodos, son planos y de acero, recubiertos por fibras de asbesto impregnados con resinas flúor-orgánicas.

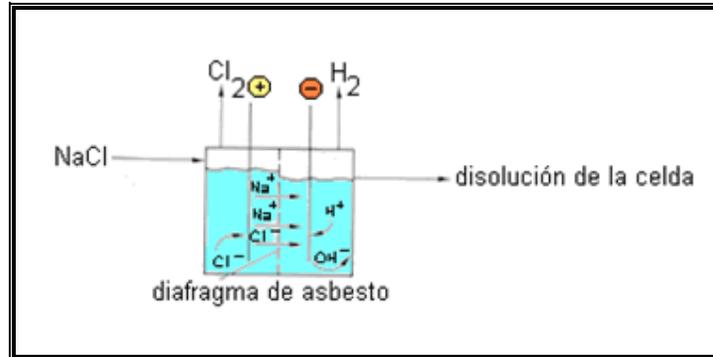


Figura 3. Celda del proceso de diafragma.⁸

La disolución salina entra en la celda, pasa a través del diafragma de asbesto y entra en la cámara catódica, como se muestra en la figura 3. El Cloro que se produce en el ánodo sale por la parte superior mientras que el H₂, NaOH y NaCl residual se producen en el cátodo y salen de la celda por el lateral. El diafragma de asbestos cumple dos funciones:

- a) Evitar la mezcla de H₂ y Cl₂. La estructura tan fina del material permite el paso de líquidos a través del mismo, pero impide el paso de las burbujas de gas. Un 4% del cloro (disuelto en la disolución) sí pasa a través del diafragma y se pierde en reacciones colaterales, disminuyendo el rendimiento.
- b) Impedir la difusión de los iones OH⁻ formados del cátodo al ánodo.

La disolución que sale de la celda contiene un 12% de NaOH y un 15% de NaCl (en peso). La capacidad de una planta puede ser de hasta 360x10³ toneladas de cloro por año, y de hasta 410x10³ toneladas de NaOH por año. Estas plantas consumen un 20% menos de energía que las plantas basadas en celdas de mercurio.³

1.4 PROCESO DE MEMBRANA

En este proceso el cátodo y el ánodo se encuentran separados por una membrana conductora iónica que es impermeable al agua, pero es permeable al paso de iones, como se muestra en la figura 4.

El desarrollo de membranas que son estables bajo las condiciones de electrólisis (altas concentraciones de sales, alto pH, presencia de oxidantes fuertes como el Cl_2 y el ClO^-) ha supuesto muchos problemas.

Un gran número de compañías como Du Pont, Asahi Chemical, Asahi Glass, entre otras, han conseguido preparar membranas consistentes en un esqueleto de poli(perfluoroetano) con cadenas laterales que contienen grupos polares (sulfatos, carboxilatos).

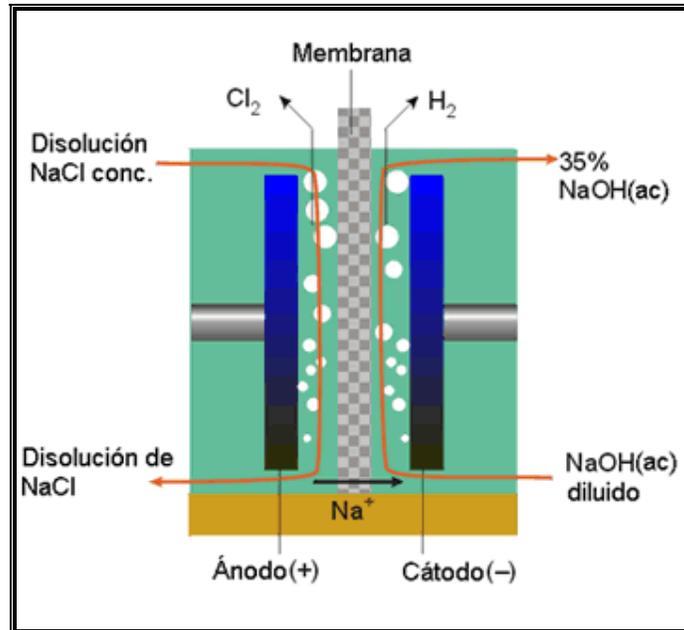


Figura 4. Celda del proceso de membrana vista frontal. ⁸

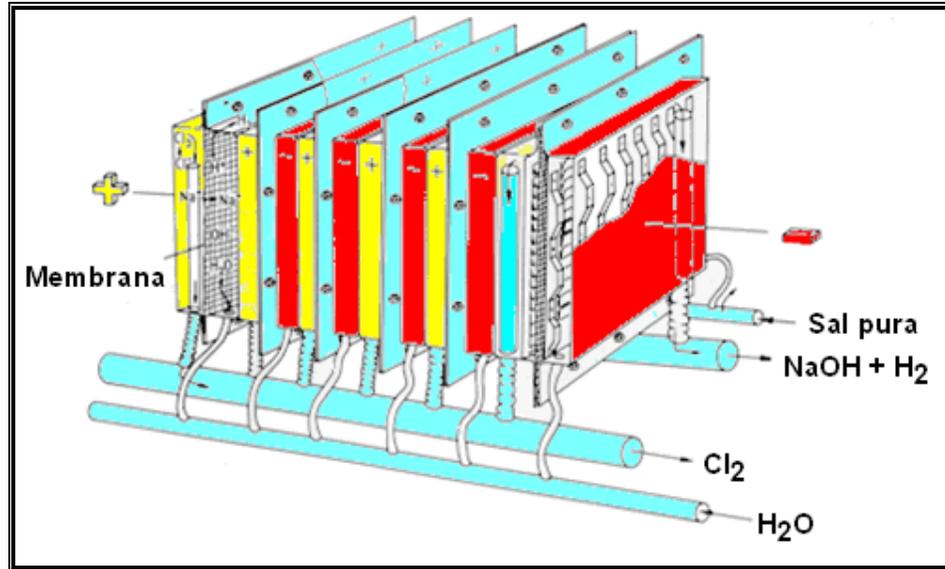


Figura 5. Celda del proceso de membrana vista transversal. ⁸

Los procesos que se producen en el cátodo o en el ánodo son los mismos que los que se dan en el proceso de diafragma. Se emplean ánodos de Ti activado y cátodos de acero inoxidable o de Ni.

El NaOH que se obtiene es más puro y más concentrado que el obtenido con el método de celda de diafragma, y al igual que ese método se consume menos energía que en las de amalgama mercurio, aunque la concentración de NaOH sigue siendo inferior se obtienen concentraciones del 32% a 35%, y es necesario concentrarlo. Por otra parte, el cloro obtenido por el método de amalgama de mercurio es algo más puro. La tercera generación de membranas ya supera en pureza de cloro a las celdas de mercurio. ⁴

El cloro, como otros elementos, tiene ciertos riesgos que la industria asume y actúa consecuentemente, reduciéndolos al mínimo. Pero también proporciona beneficios. El balance riesgos/beneficios de la industria del cloro es claramente positivo.

- Protege nuestra salud
- Protege los alimentos
- Proporciona bienestar y calidad de vida
- Es una de las industrias que se preocupa en seguridad
- En necesario e insustituible en muchos casos

- Genera riqueza y empleo

La química del cloro es uno de los pilares para el “desarrollo sostenible” y, por lo tanto, es útil y beneficiosa para la humanidad.⁵ Alrededor del 60% de todas las actividades químicas utilizan cloro, ya sea de manera directa o indirecta. Esto no es así por casualidad, si no por que en numerosos casos el cloro actúa como fuente de energía, es un elemento muy reactivo que posibilita reacciones que de otro modo utilizarían más energía, más recursos no renovables, producirían más residuos peligrosos, más contaminación, sería menos seguro para los trabajadores y/o usuarios y daría una calidad inferior a un precio mas elevado. El cloro se emplea par fabricar mas de 10,000 productos, se puede decir que el 95% de todos los productos de consumo se han fabricado en cierto modo con cloro.⁶

En muchos casos, el cloro y los compuestos clorados pueden sustituirse por procesos o compuestos sin cloro; a veces, esto puede ser beneficioso para el ambiente, pero en numerosos casos, sobre todo el PVC, sobre el que se han realizado muchas investigaciones, los peligros conocidos y controlados se cambian por peligros desconocidos que pueden tener un impacto mucho mayor en el hombre y en la naturaleza.⁴

La química del cloro es uno de los pilares del desarrollo económico e industrial del siglo XX. El desarrollo del consumo de cloro en un país esta directamente relacionado con la evolución del progreso de su Producto Nacional Bruto (PNB). Cada año, en el mundo, se producen unas 40 millones de toneladas de cloro, utilizadas y transformadas en productos útiles para nuestra vida cotidiana. En Europa occidental, la producción anual se eleva a más de 9 millones de toneladas.⁷

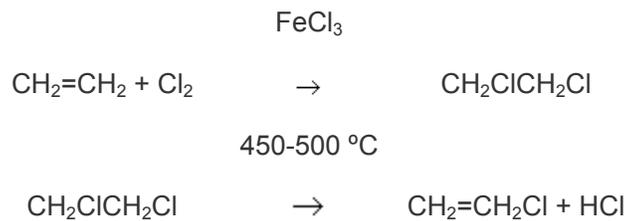


2. PRESENTACIONES Y APLICACIONES PRINCIPALES DEL CLORO

2.1 APLICACIONES PRINCIPALES DEL CLORO

Las tres aplicaciones más importantes del cloro son:

a) Producción de compuestos orgánicos clorados como clorometano, cloroetano, etc, y sobre todo el cloruro de vinilo, monómero del PVC. El 70% de la producción del cloro se emplea con este fin.



b) Como blanqueante en las industrias del papel y textil; para la desinfección sanitaria de aguas, piscinas y en el tratamiento de aguas residuales. El 20% de la producción del cloro se emplea para este uso.

c) En la fabricación con compuestos inorgánicos como el HCl, Cl₂O, HClO, NaClO₃, PCl₃, PCl₅, etc. El 10% de la producción del cloro se emplea en esta síntesis de productos inorgánicos.

El cloro se emplea para fabricar más de 10,000 productos; se puede decir que en torno al 95% de todos los productos de consumo, se ha fabricado en cierto modo con cloro. Del uso más importante y usual del cloro en la industria, se mencionan los siguientes:

2.1.1 BLANQUEO DE PULPA DE PAPEL

El método más antiguo de obtener papel blanqueado, era someter a las telas, que se utilizaban como materia prima, a decoloración natural mediante exposición a la luz solar. Este método, utilizado comercialmente, era, obviamente muy lento y precario, ya que el efecto de la radiación ultravioleta producía sobre la tela una acción de debilitamiento que no resulta nada conveniente.



Hasta el siglo XVIII esto era la práctica habitual, pero hacia finales de siglo se disponía de cloro y de hipoclorito, compuestos utilizados a partir de entonces como blanqueador. Concretamente, el hipoclorito cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) fue el compuesto elegido por su facilidad de preparación y transporte en forma de polvo.

El hipoclorito fue prácticamente el único agente empleado para el blanqueo hasta los años 30, al aplicar comercialmente el cloro elemental como agente blanqueador de pulpa. Este procedimiento se reveló muy interesante cuando se aplicó a las pulpas Kraft, las cuales alcanzaban un grado de blancura muy alta, pues la acción del cloro sobre la pulpa es el de eliminar la lignina, compuesto muy abundante en las pulpas Kraft. El principal problema para la implantación del método al cloro era la resistencia de los materiales, lo que se pudo resolver con la aparición del acero inoxidable.

El siguiente paso de vital importancia en el proceso de blanqueo de pastas es la aplicación del dióxido de cloro (Cl_2O). La acción blanqueadora de este compuesto se descubrió en 1920, pero su primera aplicación comercial no tuvo lugar hasta los años cincuenta, pues además de problemas en cuanto a resistencia de materiales, existía el problema de la elevada toxicidad y el riesgo de explosiones (explota a concentraciones en fase acuosa superiores al 15%).⁸

PREPARACIÓN DE HIPOCLORITOS

Los hipocloritos son sales del ácido hipocloroso (HClO_2) que han encontrado amplio uso en la industria y el hogar, los más importantes son hipoclorito sódico (agua de labarraque) y el hipoclorito potásico (agua de javelle), ambos son oxidantes fuertes utilizados para blanqueo de celulosa, fibras textiles y como desinfectante.

El hipoclorito de sodio se utiliza a gran escala en la agricultura, industrias químicas, pinturas, industrias de alimentación, industrias del cristal, papeleras y farmacéuticas, industrias sintéticas e industrias de disposición de residuos.

En la industria textil se utiliza el hipoclorito de sodio como blanqueador. También se puede añadir a aguas residuales industriales. Esto se hace para la eliminación de olores. El hipoclorito neutraliza el gas de sulfuro de hidrogeno (H_2S) y amonio (NH_3).

También se puede utilizar para en la industrias del metal. El hipoclorito se puede utilizar para la prevención de la formación de crecimiento biológico de algas en torres de enfriamiento. En las aguas de tratamiento, el hipoclorito es utilizado como desinfectante del agua. En las casas, el hipoclorito se usa frecuentemente para la purificación y desinfección de la casa.⁹

2.1.2 METANOS CLORADOS

Son hidrocarburos basados en el metano (CH_4), en donde uno o mas de sus átomos de hidrogeno son sustituidos por cloro.

De este modo, resultan el cloro metano, el diclorometano, El triclorometano, el tetracloruro de carbono. La cloración del metano produce una mezcla de producto mono, di, tri y tetraclorado.

El cloruro de metilo se utiliza para producir tetrametilplomo, se emplea como disolvente. El cloroformo, anestésico importante, en la actualidad se utiliza para producir refrigerantes, polímeros fluorocarbonados y propulsores de aerosoles.¹⁰

2.1.3 METALURGIA

El cloro se utiliza en metalurgia para moldear titanio, para la fabricación de cohetes, aluminio, magnesio, níquel (acero inoxidable) y por último, aunque no por eso menos importante, el silicio en forma muy pura que se utiliza para fabricar los chips electrónicos que hacen funcionar el Internet.

2.1.4 CATALIZADORES

El cloro se utiliza para fabricar catalizadores para la obtención de cadenas de polietileno (HDPE, LDPE) y polipropileno (PP) de alta y baja densidad. Los polietilenos Son resinas termoplásticas que se producen mediante procesos a alta y baja presión en los que se usan varios sistemas catalíticos complejos. Como resultado se obtienen varias familias de polímeros (de baja densidad lineal y de alta densidad), cada uno con

características muy diferentes de comportamiento y cualidades técnicas. Por lo general, todos los polietilenos poseen propiedades eléctricas excelentes, una resistencia inmejorable a los disolventes orgánicos y a compuestos químicos. Son materiales translúcidos, de peso ligero, resistente y flexible.

2.1.5 DESINFECTANTES

El cloro se emplea como desinfectante económico y confiable en piscinas y agua potable, sobre todo en el tercer mundo.¹¹

El cloro, utilizado solo o en forma de hipoclorito sódico, actúa como un potente desinfectante. Añadido al agua destruye rápidamente las bacterias y otros microbios que ésta pueda contener, lo que garantiza su potabilidad y ayuda a eliminar sabores y olores. La mayor parte del suministro de agua potable en Europa occidental depende de la cloración. En el caso de nuestro país esta regulada por en la NOM-127-SSA1-1994.¹²

Límites permisibles de calidad del agua. (Ver cuadro 1)

Límites permisibles de características bacteriológicas (Ver cuadro 2)

El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la tabla.

Límites permisibles de características físicas y organolépticas

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en el cuadro 2.

Cuadro 1. Características Físicas

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 mL
	2 UFC/100 mL
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 mL
	Cero UFC/100 mL

Cuadro 2. Características Organolépticas

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

2.1.6 LÍMITES PERMISIBLES DE CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en el cuadro 3 y 4. Los límites se expresan en mg/L, excepto cuando se indique otra unidad.

Cuadro 3. Límites permisibles de metales.

CARACTERÍSTICA	LÍMITE PERMISIBLE mg/L
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03

Cuadro 4. Límites permisibles de metales.

CARASTERISTICAS	LIMITE PERMISIBLES mg/L
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO_4^{--})	No disponible
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Límites permisibles de características radiactivas

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la cuadro 5. Los límites se expresan en Bq/L (Becquerel por litro).

Cuadro 5. Límites permisibles de radioactividad

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/L
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.0



Figura 6. El hipoclorito sódico es imprescindible para evitar la proliferación de algas y hongos ¹³

En las piscinas el uso de hipoclorito sódico es imprescindible para evitar la proliferación de algas u hongos, eliminar los organismos patógenos y asegurar unas condiciones higiénicas óptimas. ¹³

Sin embargo, el aporte de cloro reacciona con la materia orgánica del agua formando una serie de compuestos derivados del cloro que pueden resultar muy molestos y malolientes. De estos compuestos, los más perjudiciales son los llamados trihalometanos, de carácter cancerígeno para la salud humana. De todos ellos el más importante es el triclorometano o cloroformo (CHCl_3), que tradicionalmente era usado como analgésico pero dejó de utilizarse debido a su toxicidad. Estos compuestos tóxicos traen asociados riesgos de cáncer de colon y vejiga, daños en el riñón y en el hígado. También pueden formarse otros subproductos perjudiciales como compuestos orgánicos volátiles, cloritos, ácidos cloroacéticos o cloruro de cianógeno. ¹³

El proceso de cloración puede comprenderse fácilmente en la Figura 7, en la que se aprecian unas fases bien definidas:

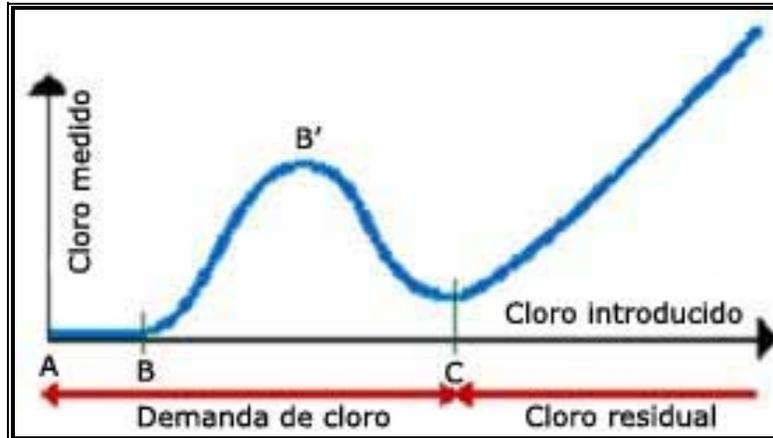


Figura 7. Fase de proceso de cloración

En la fase AB todo el cloro que se añade es empleado en combinarse con la materia orgánica por lo que consecuentemente el nivel de cloro residual es cero.

Al llegar a la fase BB', el nivel de cloro residual aumenta, pero todo este cloro se encuentra combinado en forma de cloraminas, que son productos que tienen un bajo poder desinfectante y producen un olor desagradable. Estos compuestos son los causantes del llamado olor a piscina.¹⁴

De B' a C el cloro añadido se emplea en destruir las cloraminas, por lo que el cloro residual medido disminuye hasta llegar a un mínimo en C llamado punto de ruptura. A partir de este punto, todo el cloro añadido se emplea en aumentar el cloro residual que se encontraría como cloro libre y con mayor poder desinfectante que el cloro combinado que forma cloraminas.

Debe por tanto superarse este punto de ruptura para tener cloro libre residual en la piscina y que el cloro combinado sea el mínimo posible.

Una forma de eliminar todos estos subproductos del cloro, tales como trihalometanos, como cloraminas y todo tipo de compuestos derivados del cloro, es sustituir la precloración antes del punto de ruptura C por otro agente oxidante como el ozono para que no forme estos subproductos. El ozono oxida por completo toda la materia orgánica presente en el agua por lo que una pequeña cantidad de cloro que se añada



posteriormente pasa inmediatamente a cloro libre residual dejando su propiedad desinfectante al agua.¹⁴

2.1.7 PVC

El cloro es utilizado en la obtención de materiales como el PVC y el policloruro de vinidileno que se utilizan como envases y filmes protectores, con unas excepcionales propiedades barrera (impiden el contacto con el oxígeno del aire evitando posibles fermentaciones y desarrollos bacterianos a la vez que permiten la evacuación del vapor de agua condensado evitando la formación de mohos). Además, el cloro se utiliza en la fabricación de espumas de poliuretano y agentes refrigerantes, ambos garantizan el almacenamiento y la conservación de los productos frescos y congelados.

El PVC es un material termoplástico, es decir, que bajo la acción del calor se reblandece, y puede así moldearse fácilmente; al enfriarse recupera la consistencia inicial y conserva la nueva forma.

Pero otra de sus muchas propiedades es su larga duración. Está pensado y formulado para durar. Por este motivo, el PVC es utilizado a nivel mundial en un 55% del total de su producción en la industria de la construcción. El 64% de las aplicaciones del PVC tienen una vida útil entre 15 y 100 años, y es esencialmente utilizado para la fabricación de tubos, ventanas, puertas, persianas, muebles, etc.

La aplicación de la tecnología existente convierte al PVC en uno de los materiales respetuosos con el hombre y el medio ambiente, en algunos casos, muy difícil de reemplazar.¹⁵

2.2 APLICACIÓN DEL CLORO EN LA SALUD

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 80% de las enfermedades infecciosas se transmiten mediante el agua. Según dicho organismo más de 3 millones de niños, menores de 5 años, mueren cada año por causa de enteritis por la no desinfección del agua.

La cloración del agua es el único sistema que garantiza que esta llegue a nuestros hogares con las debidas condiciones sanitarias. En 1991 la supresión del uso del cloro en la potabilización del agua provocó una epidemia de cólera en Perú que produjo más de 3,000 muertes (más de 19,000 personas murieron por dicha causa en todo el mundo).¹⁶

No existen evidencias concluyentes para admitir que la cloración del agua deje en su seno cantidades de compuestos potencialmente dañinos para la salud como son los trihalometanos. En 1990, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), evaluó todos los estudios sobre riesgos potenciales para la salud del agua potable tratada con cloro, concluyendo que no puede ser considerado como carcinogénico en los seres humanos. En opinión del Dr. H. Galal-Gorchev (OMS): “Los riesgos asociados a los subproductos de la cloración del agua potable son extremadamente bajos comparados con el riesgo asociado a una insuficiente desinfección”.

El cloro es una materia prima básica para la fabricación de numerosos medicamentos (el 85% de los mismos dependen directa o indirectamente del cloro). Así, por ejemplo, el cloro forma parte de la molécula de antibióticos (cloromicetina, clorotetraciclina, vancomicina, aureomicina, cloramfenicol, etc.), depresores sanguíneos (clonidina), antimaláricos (cloroquina, pirimetamina), antimicóticos (clotrimazol), diuréticos, sedantes, preparados a base de alcaloides que contienen cloro en su fórmula, y su utilización en forma de clorhidratos, para hacer asimilables al organismo los principios activos. El cloro interviene de forma indirecta en la fabricación de numerosos productos, como por ejemplo aceites y grasas de silicona utilizadas en pomadas antialérgicas, antibióticos como la ciprofloxacina (tifus) y sulfonamidas, penicilinas semi-sintéticas, síntesis de ciertas vitaminas (A, E, B₆, B₁₂), etc.¹⁷

El cloro y sus derivados tienen una importante aplicación en el área de la desinfección. El uso del hipoclorito (lejía doméstica) garantiza una total protección contra virus tales como el Sida; se utiliza habitualmente en la desinfección del material quirúrgico e instalaciones sanitarias y hospitalarias.

Las epidemias surgidas en Ruanda como consecuencia de la guerra civil han sido controladas gracias al cloro y sus derivados. La epidemia de peste neumónica

aparecida en la India en 1994 ha sido controlada mediante el antibiótico tetraciclina, en cuya obtención interviene el cloro.¹⁸

El cloro es igualmente una materia básica para la producción de ciertos polímeros utilizados en aplicaciones médicas. Así, tenemos al Policloruro de Vinilo (PVC), que se utiliza en la fabricación de tubos y bolsas para suero, plasma y sangre para transfusiones. Estudios realizados demuestran que el uso de este material en contacto con la sangre humana y el plasma, permite prolongar en un 30% la vida útil de estas sustancias biológicas (aspecto muy importante para los bancos de sangre, unidades de cuidados intensivos y de urgencias en los hospitales).

La utilización de embalajes de PVC y resinas barrera de cloruro de polivinilideno asegura la conservación de numerosos productos farmacéuticos así como su impermeabilidad ante los gérmenes, gases, olores y vapor de agua.

El cloro interviene también en la síntesis de resinas utilizadas en la producción de lentillas blandas, cristales correctores, prótesis artificiales, estimuladores cardíacos, material para análisis, etc.

Más del 15% de la producción del cloro se utiliza directa o indirectamente para proteger nuestra salud.¹⁸

2.3 APLICACIÓN DEL CLORO EN AGRICULTURA Y ALIMENTOS

La agricultura proporciona el 97% de nuestros alimentos y la abundancia de los mismos depende de nuestra capacidad para garantizar el éxito de las cosechas. Hoy en día, más de una tercera parte de las mismas es destruida por las enfermedades y depredadores, mientras que la mitad de la población de nuestro planeta sufre malnutrición.

Se calcula que el 10% de las cosechas de cereales es víctima de las malas hierbas, entre el 5% y 15% de enfermedades y casi el 30% es destruido por los insectos.



Una nube de langostas, por ejemplo, es capaz de devorar en un sólo día hasta 100,000 toneladas de vegetales.

El cloro es la base de numerosos productos fitosanitarios que permiten evitar la destrucción de las cosechas por las enfermedades criptogámicas, roedores y la invasión de malas hierbas. Es uno de los constituyentes de la nueva generación de protectores de cosechas que tienen la ventaja de ser selectivos, más fácilmente degradables y se utilizan en menores dosis. El 50% de los productos fitosanitarios registrados contienen cloro.

Gracias al cloro se pueden desinfectar los suelos utilizando fumigantes y nematocidas, luchar contra las enfermedades criptogámicas mediante fungicidas, proteger el crecimiento de las plantas mediante herbicidas selectivos y eliminar ciertos depredadores utilizando insecticidas.

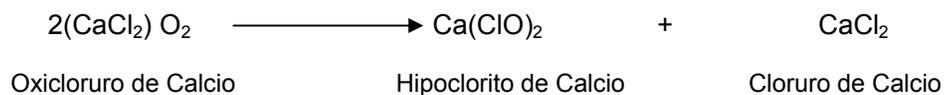
Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 50% de los recursos alimentarios y agrícolas producidos cada año en el mundo, es destruido después de la cosecha por agentes externos como los insectos, mohos y la acción de la intemperie.³

Cuadro 6. Presentaciones comerciales del cloro. ⁴

PRESENTACIONES COMERCIALES DEL CLORO		
PRODUCTO	PRESENTACION	CONCENTRACION
Hipoclorito de sodio NaClO		3.5% 4,5% 6%
Cal Clorada		25% 32 %
Hipoclorito de Calcio		60–65%
Ácido Tricloroisocianúrico		90%
Gas cloro		100%

2.4 CAL CLORADA

Es una combinación de la cal apagada y gas cloro. Se conoce con los nombres de cloruro de cal, polvo para blanquear. hipoclorito de cal, etc. El nombre de “Cloruro de Cal” implica una combinación más sencilla. El Oxiclورو de calcio (CaCl_2) es el componente esencial del cloruro de cal seco; cuando se disuelve en agua, el oxiclورو de calcio se descompone en Hipoclorito de calcio y cloruro de calcio:



Con la Sosa y la potasa, da en frío y en solución diluida, hipocloritos:





3. CONTENEDORES

3.1 TIPOS Y CAPACIDADES DE CONTENEDORES DE CLORO

Se conoce como *contenedor* al embalaje metálico grande recuperable de tipos y dimensiones normalizadas en recipientes de acero, en las capacidades siguientes:

- Cilindros de 68Kg
- Cilindros de 907Kg
- Carros tanque de 50 toneladas

Todos estos recipientes están contruidos de acero sin costuras equipados con válvulas del tipo y material recomendados por el Instituto de Cloro (The Chlorine Institute).

Todos los contenedores del gas cloro, antes de ser llenados, deben de ser revisados internamente para verificar su estado, las válvulas se deben desarmar para ser pulidas y cambiarlas en caso de que se presenten anomalías y cada 5 años como mínimo se les debe efectuar la prueba hidrostática para verificar su resistencia.

3.1.1 Cilindro de 68Kg.

Estos cilindros son los más comunes en el proceso de desinfección del agua, ya que por su tamaño son un poco más fáciles de utilizar y no requieren de mucha infraestructura para su manejo.

Como se muestra en la figura 8, la instalación de dos cilindros de gas de la clorina de 68kilogramos, cada uno con un legado amarillo del encierro de la válvula automática instalado.¹⁹

Las características de estos cilindros son:

- **Diámetro:** 26.6cm
- **Altura:** 142.2–180cm
- **Tara:** 60–70Kg
- **Capacidad:** 68Kg
- **Peso total:** 128–140Kg



Figura 8. Instalación de dos cilindros de gas de 68Kg.

Estos contenedores solamente podemos extraerles, en condiciones normales de operación, 16kg/día. Si el requerimiento es mayor, se deben colocar calentadores para evitar el congelamiento.

3.1.2 Cilindro de 907Kg.

Estos cilindros por su tamaño, requieren de una infraestructura que comprende el siguiente equipo:

- Polipasto eléctrico de 2 toneladas
- Barra elevadora
- Mono-riel y sistema de pesaje

Las características de este contenedor son:

- **Diámetro:** 76.2cm
- **Longitud:** 203.2cm
- **Tara:** 630Kg
- **Capacidad:** 907Kg
- **Peso Total:** 1537Kg

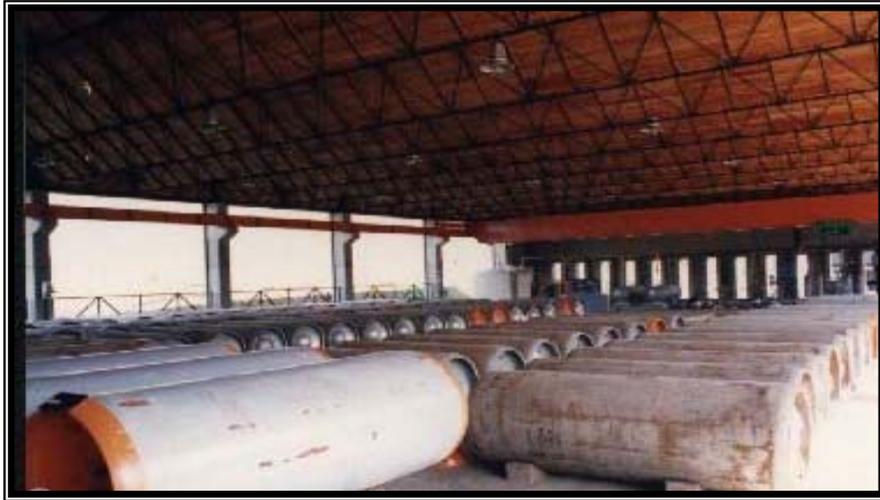


Figura 9. Cilindros de almacenamiento de 907Kg vista superior.

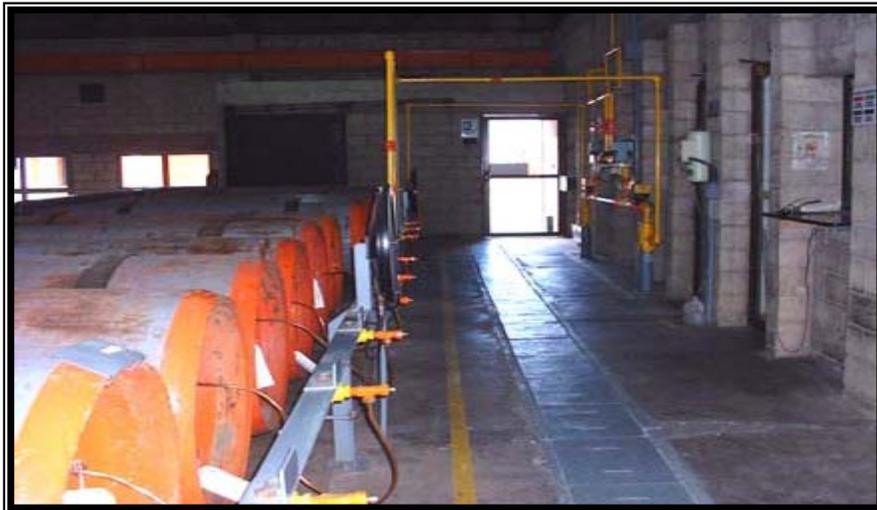


Figura 10. Cilindros de almacenamiento de 907Kg vista vertical.

A estos contenedores solamente podemos extraerles, en condiciones normales de operación 181Kg por día. Si el requerimiento es mayor se deben colocar calentadores para evitar el congelamiento.

3.2 FORMAS DE ALMACENAMIENTO

La presente instrucción técnica complementaria establece las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse, a efectos de seguridad, las instalaciones de almacenamiento, carga, descarga y trasiego de cloro líquido.²⁰

- Depósito o recipiente móvil (botellas y botellones). Recipiente con capacidad hasta 1m³ (carga máxima 1250Kg).
- Depósito o recipiente semi-móvil.- recipiente con capacidad superior a 1m³, para cantidades comprendidas entre 1,250 y 60,000Kg.
- Depósito o recipiente fijo.- Para cantidades superiores a 60000Kg. Recipiente no susceptible a ser trasladado.

3.2.1 ALMACENAMIENTO EN RECIPIENTES MÓVILES

Artículo 16. Campo de aplicación.

Las exigencias de este capítulo se aplicarán a los almacenamientos en recipientes destinados al transporte con capacidades unitarias hasta 1 metro cúbico (1.250Kg.).²⁰

Artículo 17. Generalidades.

1. A efectos de este capítulo, los recipientes móviles deberán cumplir con las condiciones constructivas, pruebas, máximas capacidades unitarias y revisiones periódicas establecidas en la legislación aplicable sobre Transporte de Mercancías Peligrosas y la ITC MIE-AP-7, «Botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión» del Reglamento de Aparatos a Presión.

2. Todo almacenamiento de cloro líquido en recipientes móviles que carezca de vigilancia permanente se hará en edificio cerrado. Este edificio reunirá los siguientes requisitos:

- a. Estará provisto de sistemas de detección de cloro con alarma e indicación externa.
- b. El número de detectores estará adecuado a las características del edificio.

c. La ventilación estará ligada a una instalación de absorción de cloro diseñada de acuerdo con el capítulo V.

d. Se dispondrá de un equipo o juego de herramientas para contención de posibles fugas.

3. Los almacenamientos vigilados permanentemente podrán ubicarse tanto al aire libre como en edificio cerrado. En ambos casos se dispondrá de un equipo o juego de herramientas para la contención de posibles fugas y de una instalación de absorción diseñada de acuerdo con el capítulo V; en el caso de almacenamiento en edificio cerrado se dispondrá, además, de un sistema adecuado de detección de cloro con alarma e indicación externa.

4. En caso de que el almacenamiento sea en local cerrado, éste dispondrá, al menos, de dos puertas de acceso señalizadas, situadas en direcciones opuestas y con apertura hacia el exterior.

5. Los recipientes no podrán estar almacenados en un local construido con materiales combustibles o que contenga materiales inflamables, combustibles, comburentes o explosivos.

6. No se exigirá unidad de absorción de cloro en aquellas instalaciones cuya cantidad total almacenada, incluidos los recipientes conectados al proceso, no supere los 500Kg. En este caso se dispondrá de una ventilación adecuada.

7. Los recipientes estarán alejados de toda fuente de calor que sea susceptible de provocar aumentos de temperatura de pared superiores a 50°C o ser causa de incendio.

8. Las operaciones de traslado y manutención de envases móviles deben efectuarse con equipo adecuado, cuidando al máximo de evitar golpes y caídas de los envases. Se prohíben los sistemas magnéticos.

9. No está permitido el almacenamiento de cloro en recipientes móviles por debajo del nivel del suelo, ni a nivel de suelo cuando existan a nivel inferior locales de trabajo.

10. El área de almacenamiento al aire libre estará claramente señalizada, ubicada en terreno llano, apartada del tráfico, accesible en dos direcciones, como mínimo, bien iluminada y dispondrá de un cerramiento exterior rodeando la misma.

Artículo 18. Distancias y protecciones.

1. Almacenamientos al aire libre.

a. La distancia del área de almacenamiento a instalaciones que contengan productos inflamables, combustibles, comburentes o explosivos será de 15m, como mínimo. Para capacidades totales menores de 1000kg o con sistemas de protección adecuados, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua, esta distancia podrá reducirse hasta un mínimo de 10m.

b. La distancia del almacenamiento a los límites de la propiedad y vías de comunicación públicas será, como mínimo, de 20m. Esta distancia se podrá reducir cuando la capacidad global del almacenamiento sea inferior a 1000kg o disponga de sistemas de protección adecuados, hasta un mínimo de 10m.

2. Almacenamientos en edificios cerrados.

a. La distancia del área de almacenamiento a instalaciones que contengan productos inflamables, combustibles, comburentes o explosivos será, como mínimo, 15m. Esta distancia se podrá reducir para almacenamientos de capacidad inferior a 1,000Kg construidos con una RF-120 y que no dispongan de aberturas hacia este tipo de instalaciones, hasta 8m.

b. La distancia de almacenamientos con capacidad superior a 2000Kg a los límites de la propiedad y vías de comunicación públicas será, como mínimo, de 10m. Esta distancia podrá reducirse cuando la capacidad global del almacenamiento sea inferior a 1000Kg y disponga de sistemas de protección adecuados, hasta un mínimo de 5m.²¹

3.2.2 ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITOS SEMI-MÓVILES

Artículo 13. Campo de aplicación.

Se aplicarán a los almacenamientos de recipientes destinados al transporte con capacidades unitarias superiores a 1m³ (1,250Kg). No serán considerados como almacenamientos los recipientes semi-móviles estacionados en el interior de fábrica en tránsito y en espera de operaciones de carga y descarga.

Artículo 14. Generalidades.

1. A efectos de este capítulo, los recipientes semi-móviles deberán cumplir con las condiciones constructivas, pruebas, máximas capacidades unitarias y revisiones periódicas establecidas en la legislación aplicable sobre Transporte de Mercancías Peligrosas.

2. Todo almacenamiento de cloro líquido en recipientes semi-móviles que carezca de vigilancia permanente se hará en edificio cerrado. Este edificio reunirá los siguientes requisitos:

- a. Estará provisto de sistemas de detección de cloro con alarma e indicación externa.
- b. El número de detectores estará adecuado a las características del edificio.
- c. La ventilación estará ligada a una instalación de absorción de cloro diseñada de acuerdo con el capítulo V.
- d. Se dispondrá de un equipo o juego de herramientas para la contención de posibles fugas.

3. Los almacenamientos vigilados permanentemente podrán ubicarse tanto al aire libre como en edificio cerrado. En ambos casos se dispondrá de un equipo o juego de herramientas para la contención de posibles fugas y de una instalación de absorción diseñada de acuerdo con el capítulo V.

4. Los almacenamientos en locales cerrados dispondrán, al menos, de dos puertas de acceso señalizadas, situadas en direcciones opuestas y con apertura hacia el exterior.

5. Los recipientes no podrán estar almacenados en un local construido con materiales fácilmente combustibles o que contenga materiales inflamables, combustibles, comburentes o explosivos.

6. Los almacenamientos estarán alejados de toda fuente de calor que sea susceptible de provocar aumentos de temperatura de pared superiores a los 50°C o ser causa de incendio.



7. Solamente se permite utilizar recipientes semi-móviles como unidades de alimentación a procesos si se cumplen las exigencias siguientes:

a. se dispondrá de un indicador de cantidad de cloro contenida, en todo momento, en cada recipiente, con alarma de carga máxima y mínima admisible.

b. Se tendrá la posibilidad de vaciar rápidamente el volumen de cloro contenido en el recipiente de mayor capacidad sin alterar las condiciones ambientales del entorno. Para ello, se dispondrá de una capacidad de reserva suficiente en recipientes fijos, semi-móviles o móviles o bien una instalación de absorción con capacidad adecuada.

8. No está permitido el almacenamiento de cloro en recipientes semi-móviles por debajo del nivel del suelo, ni a nivel de suelo cuando existan a nivel inferior locales de trabajo.

9. El área de almacenamiento al aire libre estará debidamente señalizada, ubicada en terreno llano, apartada del tráfico, accesible en dos direcciones como mínimo, y bien iluminada.

10. El área de almacenamiento al aire libre dispondrá de un cerramiento exterior rodeando la misma.

11. Para evitar el movimiento incontrolado de los recipientes, se instalarán calzos de fijación a los mismos.

Artículo 15. Distancias y protecciones.

1. Distancias entre las instalaciones

a. Las instalaciones de almacenamiento de cloro (estaciones de carga y descarga y estaciones de bombeo) con relación a cualquier tipo de instalación en la que existan productos combustibles, se situarán a la distancia que les correspondería en la ITC MIE-APQ-1 de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, considerando las instalaciones de cloro como instalaciones de productos de clase D. Serán de aplicación los correspondientes incrementos y reducciones de la mencionada ITC.

b. Para aquellas instalaciones que presenten riesgo de incendio o explosión y no son objeto de la ITC MIE-APQ-1, la distancia mínima de separación entre recipientes semi-móviles de cloro y dichas instalaciones será de 20m. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10m, si se adoptan medidas de protección particulares, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua.

c. El área de almacenamiento distará, al menos, 20m de los límites de la propiedad y de las vías de comunicación públicas. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10m cuando el almacenamiento disponga de sistemas de contención, de probada eficacia, en su contorno exterior.

2. Distancias entre recipientes

a. La separación entre dos recipientes contiguos deberá ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1m.

b. Los recipientes de cloro líquido no podrán encontrarse en el mismo cubeto que los recipientes de líquidos inflamables y combustibles. La distancia entre los recipientes de cloro y el borde más próximo del cubeto que contiene los recipientes de inflamables y combustibles no podrá ser inferior a 20m. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10m, si se adoptan medidas de protección particulares, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua.

3. Protecciones

Toda área de almacenamiento estará debidamente protegida frente al acceso incontrolado de personas ajenas a la instalación y dispondrá de la señalización adecuada al efecto.²⁰

3.2.3 ALMACENAMIENTO EN RECIPIENTES FIJOS

Artículo 7. Diseño, construcción y número de recipientes.

El grado de llenado de todo recipiente con cloro líquido no debe superar los 1250kg de cloro por metro cúbico de capacidad.

En el diseño y construcción de los recipientes deberán seguirse normas y códigos de reconocida solvencia y las normas particulares de esta instrucción (ver apéndice 1).⁴³

La presión de cálculo que se tomará en cuenta deberá ser superior o igual a la presión máxima de servicio considerada.

La presión de cálculo mínima será de 15bar manométricos. La presión de prueba de los recipientes será 1.5 veces la presión de cálculo. En la concepción de la instalación se tomarán todas las precauciones necesarias para evitar que durante el funcionamiento de la instalación se sobre pase la presión de cálculo. La temperatura mínima para el cálculo será de 35°C bajo cero.

Como sobre espesor de corrosión se considerará, como mínimo, 1mm para los recipientes y 2mm para sus tubuladuras. Los recipientes serán construidos en materiales de acero al carbono o sus aleaciones débiles que sean perfectamente soldables. Tanto el material como los cordones de soldadura utilizados en la construcción deberán tener una resiliencia, a la temperatura mínima de cálculo, de 35J/cm sobre probetas CHARPY V. Los recipientes serán sometidos a un tratamiento térmico de distensionado de acuerdo con la calidad del acero utilizado y el sistema de soldadura aplicado.

Los soportes de los recipientes se diseñarán de forma que no transmitan esfuerzos sobre sus paredes y que además permitan las dilataciones de los mismos motivadas por los cambios de temperatura.

Todos los recipientes dispondrán del correspondiente registro para su inspección interna.

Para asegurar la capacidad de almacenamiento deseada, las capacidades unitarias de los recipientes, así como el número de los mismos, se escogerán buscando la optimización técnica de la solución a adoptar. Hay que señalar que la multiplicidad de recipientes aumenta el número de accesorios y los riesgos de falsas maniobras inherentes a los mismos.

Artículo 8. Lugar de implantación y cubetos.

Los recipientes fijos se instalarán al aire libre o en lugares cerrados suficientemente ventilados. En el primer caso serán protegidos de la radiación solar; para ello se procederá a la aplicación exterior de una pintura de tonalidad clara o bien a la

instalación de un forro o cubierta de protección solar. Esta protección no impedirá la inspección visual de la chapa de los recipientes exteriormente.

Los almacenamientos en lugares cerrados dispondrán de, al menos, dos puntos de acceso situados en direcciones opuestas, no bloqueables y debidamente señalizados.

Todo recipiente fijo deberá estar rodeado de un cubeto de retención estanco. El volumen del cubeto tendrá una capacidad igual o mayor que los dos tercios de la del recipiente de mayor volumen en él contenido. La altura de las paredes del cubeto será superior a 1m.

En los cubetos de almacenamiento de cloro no deberán existir más tuberías que las asociadas a la instalación.

No se permite la instalación de recipientes enterrados en el almacenaje de cloro.

Durante la operación de llenado con cloro de un recipiente, éste deberá estar aislado, mediante una válvula de corte o sistema similar, del proceso de utilización.

Artículo 9. Distancias y protecciones.

1. Distancias entre las instalaciones

a. Las instalaciones de almacenamiento de cloro (estaciones de carga y descarga y estaciones de bombeo) con relación a cualquier tipo de instalación en la que existan productos combustibles, se situarán a la distancia que les correspondería en la ITC-MIEAPQ-1 de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, considerando las instalaciones de cloro como instalaciones de productos de clase D. Serán de aplicación los correspondientes incrementos y reducciones de la mencionada ITC.

b. Para aquellas instalaciones que presenten riesgo de incendio o explosión y no son objeto de la ITC-MIE-APQ-1, la distancia mínima de separación entre recipientes fijos de cloro y dichas instalaciones será de 20m. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10 metros si se adoptan medidas de protección particulares, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua.

c. El área de almacenamiento distará, al menos, 20m de los límites de la propiedad y de las vías de comunicación públicas. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10m cuando el almacenamiento disponga de sistemas de contención de probada eficacia, tales como cortinas de agua, en su contorno exterior.

2. Distancias entre recipientes

a. La separación entre dos recipientes contiguos deberá ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1m.

b. Los recipientes de cloro líquido no podrán encontrarse en el mismo cubeto que los recipientes de líquidos inflamables y combustibles. La distancia entre los recipientes de cloro y el borde más próximo del cubeto que contiene los recipientes de inflamables y combustibles no podrá ser inferior a 20m. Esta distancia podrá ser reducida hasta 10m, si se adoptan medidas de protección particulares, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua.

3. Protecciones

Toda área de almacenamiento estará debidamente protegida frente al acceso incontrolado de personas ajenas a la instalación y dispondrá de la señalización adecuada al efecto.

Artículo 10. Tuberías y accesorios.

El material utilizado en la construcción de las tubuladuras, bridas, tornillos y tuercas del recipiente será de calidad equivalente a la de éste. El conjunto brida-junta se diseñará de forma tal que no permita la expulsión de la junta por efecto de la presión. Las tuberías de circulación de cloro serán de un acero que se ajuste a las condiciones más desfavorables, de presión y temperatura, que se puedan presentar. Los materiales para las juntas podrán ser:

1. Amianto-caucho de calidad compacta apropiado al cloro.
2. PTFE, solamente en bridas machi-hembradas.
3. Otros materiales de probada resistencia al cloro.

Los soportes de las tuberías y elementos auxiliares se diseñarán de forma que no puedan transmitir esfuerzos sobre las mismas y que además permitan las dilataciones motivadas por los cambios de temperatura.

Se evitarán las tubuladuras en la parte inferior de los recipientes y en la fase líquida siempre que sea posible. Quedan prohibidas dichas tubuladuras, en fase líquida, en las plantas no productoras de cloro.



Las tubuladuras de diámetro superior a 100mm se situarán siempre en la fase gaseosa.

Las válvulas utilizadas serán especialmente diseñadas para el cloro. En las tubuladuras de trasiego y de llenado de cloro conectadas a la fase líquida del recipiente se instalarán válvulas de accionamiento automático y comando a distancia, lo más cercana posible del propio recipiente.

Cuando un tramo de tubería pueda quedar aislado y lleno de cloro líquido, deberá considerarse en el proyecto esta eventualidad, previendo sistemas de protección que permitan absorber la dilatación del líquido por efecto de la temperatura, siempre que el volumen retenido exceda de 50L.

Artículo 11. Aislamiento térmico.

El almacenamiento de cloro líquido a presión no requiere aislamiento térmico por motivos de seguridad.

Si por razones técnicas se decidiera instalarlo, el sistema de aislamiento térmico adoptado reunirá los siguientes requisitos:

1. Incombustibilidad.
2. Resistencia química frente al cloro.
3. Estanquidad frente a la humedad atmosférica.

Independientemente de que estén o no configurados los recipientes, es imprescindible una protección eficaz de la superficie exterior contra la corrosión.

Artículo 12. Elementos de seguridad.

Todos los recipientes irán provistos de:

1. Un indicador de la cantidad de cloro contenida, en todo momento, en el recipiente.
2. Un indicador de presión con alarma de máxima.
3. Una alarma de carga máxima admisible.

4. Como mínimo, una válvula de seguridad de resorte, conectada al recipiente, tarada a una presión igual o inferior a la de cálculo y de dimensiones tales que, en las condiciones más desfavorables de proceso, la presión en el interior no pueda aumentar más de un 10 por 100 de la presión de cálculo. Dicha válvula será de calidad adecuada para su uso con cloro seco y su descarga se efectuará a la instalación de absorción de cloro. Se instalarán, preferentemente, dos válvulas de seguridad de resorte conectadas al recipiente por una válvula de seguridad de tres vías.

Antes de la válvula de seguridad se instalará un disco de ruptura de material compatible con el cloro seco, tarado a una presión inferior a la de disparo de la válvula de seguridad.

Se instalará una vigilancia de presión con alarma entre ambos elementos. Asimismo, las válvulas de seguridad estarán protegidas aguas abajo de corrosiones mediante un sistema adecuado. La alarma de carga máxima admisible del apartado 3 de este artículo se ajustará de forma que el cloro contenido en el recipiente no sobrepase nunca los $1,250 \text{ Kg/m}^3$. Los fluidos o grasas intermedias utilizadas en los separadores o transmisores ligados a los instrumentos empleados deberán ser compatibles con el cloro.

Además de lo anteriormente expuesto, toda instalación de almacenamiento tendrá la posibilidad de vaciar rápidamente el volumen de cloro contenido en el recipiente de mayor capacidad, sin alterar las condiciones ambientales del entorno. Para ello se dispondrá de una capacidad de reserva suficiente en recipientes fijos, semi-móviles o móviles, o bien de una instalación de absorción de capacidad adecuada, diseñada de acuerdo con el capítulo V.

En el caso de almacenamiento en edificio cerrado, se dispondrá de un sistema adecuado de detección de cloro con alarma e indicación externa.

Los almacenamientos de cloro en recipientes fijos estarán permanentemente vigilados.²¹



4. ESTACIÓN DE CLORACIÓN.

Las estaciones de cloración merecen mucha atención desde la etapa de diseño, por la importancia que este proceso tiene en la producción de agua segura y por los riesgos que involucran la operación y mantenimiento de las estaciones.²²

En el proceso de diseño de las estaciones de cloración, podemos considerar cuatro etapas:

- Almacenamiento del cloro
- Sistemas de medición y control
- Sistemas de inyección
- Sistemas de seguridad

4.1 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

El cloro es proporcionado en cilindros metálicos resistentes, de 50 a 1,000Kg, en contenedores. Puede ser utilizado en forma líquida o gaseosa. Los cilindros tienen las siguientes características:

- a) Son de acero.
- b) La máxima densidad de llenado es 125%. Se define así a la razón de porcentaje entre el peso del gas en el cilindro o contenedor y el peso del agua que puede contener a una temperatura de 15,6°C (70°F).
- c) Se equipan con sistemas de seguridad (válvulas, protectores).
- d) Se someten a pruebas de presión a intervalos regulares, de acuerdo con las normas correspondientes.

De acuerdo con la capacidad de los cilindros, se puede extraer mayor o menor cantidad de cloro de cada uno de ellos. Véase el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características de los cilindros de cloro ²³

Peso del contenido		Peso del cilindro		Peso total del cilindro lleno		Maximo flujo de cloro que se puede extraer de un cilindro	
kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb
50	100	33	73	83	173	11.7	26
75	150	40-59	90-130	115-134	240-280	18.2	40
1000	2000	680	1500	1680	3500	182	400

El consumo de cloro necesario para la desinfección del agua se estima en 5mg/L, con un mínimo de 1.0mg/L. Para la oxidación y preparación de compuestos, se estima de acuerdo con las necesidades de tratamiento.

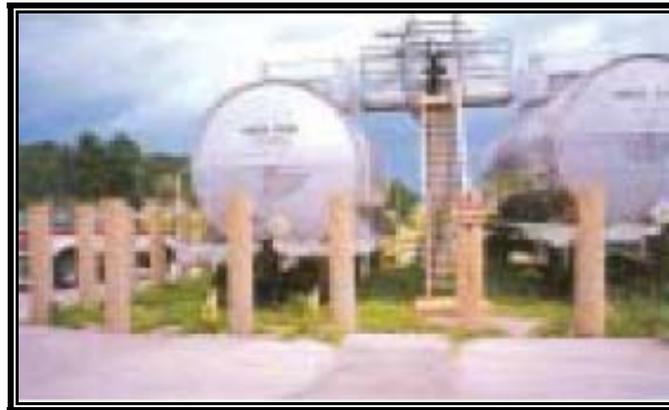


Figura 11. Contenedor de cloro expuesto al sol ²⁴.

Instalaciones con un consumo superior a 50Kg por día, deben prever el uso de cilindros de una tonelada y para el traslado de los cilindros deben considerarse dispositivos que permitan hacer esta tarea bajo condiciones de seguridad.

Debe preverse un almacenamiento de cloro suficiente para atender por lo menos 10 días de consumo máximo. En instalaciones con capacidad inferior a 10,000m³ por día o 100L sobre segundo debe preverse un almacenamiento para periodos mínimos de 30 días.

El número de envases de cloro en uso dependerá básicamente del máximo flujo que se pueda obtener de cada cilindro. El cuadro 8 indica la cantidad mínima de cilindros que debe haber en servicio, vacíos y de reserva, a fin de mantener un suministro continuo de cloro en la planta.

Cuadro 8. Número de cilindros necesarios según la capacidad requerida ²³

Capacidad requerida kg/día	Cilindro de 75kg			Cilindro de 1000kg			
	En servicio	Vacios	Reserva mínima	Capacidad requerida kg/día	En servicio	Vacios	Reserva mínima
0-18	1	2	3	54-180	1	1	2
18-36	2	4	6	180-360	2	2	4
36-54	3	6	9	360-540	3	3	6
54-72	4	8	12	540-720	4	4	8
72-90	5	10	15	720-900	5	5	10
90-100	6	12	18	900-1000	6	6	12

En instalaciones situadas en localidades distantes de los centros productores de cloro, el almacenamiento debe tener en cuenta las dificultades para la compra y transporte del producto.



Figura 12. Almacén de cloro abierto para cilindros de una tonelada ²⁴

En instalaciones con consumo de hasta 50Kg por día, los cilindros y los equipos de cloración pueden instalarse en la misma área.

En instalaciones de consumo mayor, deben instalarse en áreas separadas.

El área de almacenamiento de cloro debe ser abierta (figura 12). Si se proyectara cerrada, con paredes en todo el contorno (figura 13), la habitación debe ser ventilada mediante:

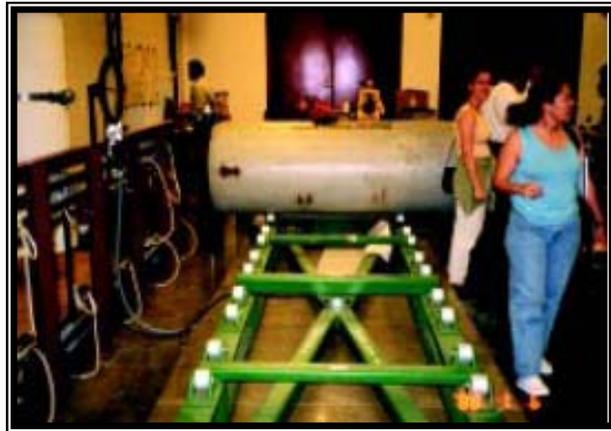


Figura13. Almacén de cloro cerrado con ventilación artificial ²⁴

a) Ventilación natural por medio de aberturas que deben llegar hasta el piso.



Figura 14. Forma de almacenar cilindros de una tonelada ²⁴

b) Además de ventilación natural, debe haber ventilación forzada, producida por un extractor o insuflador, dispuesto de modo de obligar al aire a atravesar a nivel del piso todo el ambiente y con capacidad para renovar todo el aire del recinto en un tiempo máximo de 4 minutos.



Figura 15. Almacén de cilindros pequeños ²⁴

c) Las llaves o interruptores de los equipos deben quedar del lado de afuera del recinto.

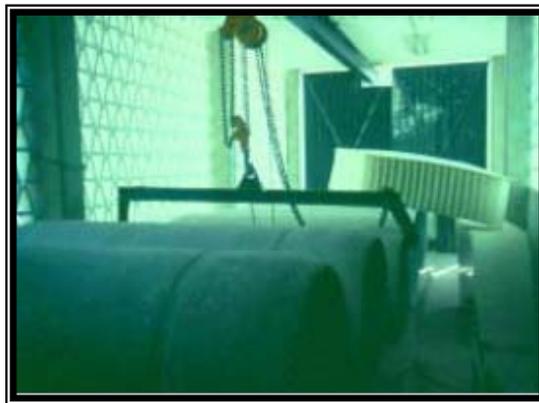


Figura 16. El almacén de cloro utilizado como depósito ²⁴

d) Las salidas de ventilación deben ubicarse de tal modo que disipen las eventuales fugas de cloro a la parte externa de la casa de química (si la sala de cloración ha sido incorporada a esta estructura). Esta ventilación no debe incidir sobre la ventilación de otras áreas ni sobre áreas externas confinadas, aunque solo sea parcialmente



Figura 17. El almacén de cloro utilizado como depósito ²⁴

e) Los cilindros deben estar protegidos de la incidencia de la luz solar.

El área de localización de los equipos cloradores debe contar con los medios de seguridad previstos para la sala de almacenamiento de cloro.

El área de almacenamiento de cloro y la de instalación de los cloradores deben tener puertas que se abran hacia afuera, con vidrio en la parte superior, y estar dotadas de aberturas de ventilación sobre el pórtico.

Los cilindros de cloro de una tonelada deben ser almacenados o utilizados en posición horizontal, en una sola hilera, fijados por medios adecuados, con un espaciamiento mínimo de 0,20 metros entre los cilindros y un ancho mínimo de un metro entre los corredores de circulación.

Los cilindros con capacidad igual o inferior a 75 kilogramos de cloro deben ser almacenados o utilizados en posición vertical, directamente sobre una balanza. Deben contar con una cadena o barra de seguridad que evite el volteo en caso de una explosión o sismo (figura 16).

El control de la cantidad de cloro disponible debe ser hecho por pesaje continuo o por un dispositivo que indique la presión de los cilindros en uso.

Las áreas utilizadas para depósito o dosificación de cloro deben contar solamente con productos químicos y equipos relacionados con la cloración. No deben utilizarse para almacenar otro tipo de materiales (figura 17).

El uso de hipoclorito de calcio o sodio, por ser 10 veces más caro que el cloro líquido envasado a presión en cilindros, debe quedar restringido a instalaciones de capacidad inferior a 10L/s, o solo cuando se demuestre que es la mejor alternativa.

El almacenamiento de hipoclorito de sodio debe hacerse en un lugar techado, ventilado, seco y libre de materiales combustibles. Este producto es muy inestable; el periodo de almacenamiento no debe ser mayor de un mes.

El hipoclorito de sodio debe utilizarse directamente del recipiente en que es transportado.

El hipoclorito de calcio se expende en forma granular en tambores de 45 a 50kilogramos. Debe ser disuelto previamente en agua para ser dosificado por vía húmeda, tomando en cuenta lo siguiente:

- La concentración máxima de la solución debe ser inferior a 10%.
- Deben existir dos tanques de disolución, con capacidad mínima individual para 12 horas de operación.

4.2 ALMACENAMIENTO

Criterios para el dimensionamiento

Es necesario conocer el consumo del producto de acuerdo con la capacidad de la planta. La información necesaria es la siguiente:

Caudal del proyecto (Q en L/s);

Dosificación esperada (dosis mínima y máxima en mg/L);

Tiempo de almacenamiento seleccionado. Ver en el cuadro 9, criterios basados en la experiencia.

Cuadro 9. Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes ²⁵

Producto	Tiempo de almacenamiento (meses)	Dosis en mg/L		Concentración de la solución (mg/L)
		Minima	Maxima	
Cloro en cilindro a presión	3 a 6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio	3 a 6	1,4	4,3	1000-50000
Hipoclorito de sodio	< 1 mes	1,7	23,1	10000-50000

Notas:

- Las dosis mínima y máxima se basan en un porcentaje de cloro disponible de 70% para el hipoclorito de calcio y de 13% para el hipoclorito de sodio.

- Las dosis indicadas corresponden a la práctica usual; para la determinación precisa de la dosificación, se requiere efectuar el ensayo de demanda de cloro o curva al punto de quiebre (figura 18).

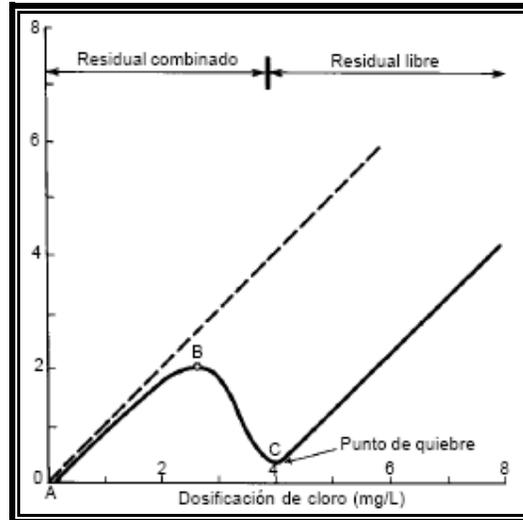


Figura 18. Curva al punto de quiebre²⁶

La ecuación de balance de masas permite diseñar, evaluar y operar estos sistemas:

$$Q \cdot D = q \cdot C = P^{23}$$

Donde:

Q = caudal máximo de diseño en L/s

D = dosis promedio de desinfectante = $(D_M + D_m)/2$ (mg/L)²⁴

D_M = dosis máxima (mg/L)

D_m = dosis mínima (mg/L)

q = caudal de solución de cloro (L/s)

P = peso requerido del desinfectante (mg/s o kg/d)

C = concentración de la solución (mg/L)

Nota: 1 mg/s = 0,0864 kg/d

Dependiendo de la capacidad de producción de la planta, el almacén deberá incluir un equipo de grúa para movilizar el cilindro en el caso del cloro líquido embotellado a presión, en cilindros de una tonelada. Cuando se trata de sistemas pequeños que usan cilindros de 75 kilogramos, se considerará el empleo de carretillas para efectuar el transporte en forma manual (figura 19). En el cuadro 10, presentamos un ejemplo para el cálculo de un almacén de cilindros de cloro.



Figura 19. Carretilla para transportar cilindros pequeños.²⁷

Cuadro 10. Cálculo del área del almacén de cloro²⁵

Nº.	Datos	Unidad	Criterios	Cálculos	Resultados	Unidad
1	Dosis máxima $D_M=3,0$	mg//L	$D = (D_M + D_m)/2$	$D=(1 + 3)/2$ $D = 3$	Dosis promedio	mg/L ò g/m ³
	Dosis mínima $D_m=1$	mg//L				
2	Tiempo de almacenamiento $T=90$	d	$W = Q.T.D$	$W = (8,690 \times 2 \times 90)/1,000$ $W = 1,555$	Peso de cloro requerido en el periodo de almacenamiento seleccionado	kg
	Caudal de diseño $Q=100$ $Q=8,640$	L/s m ³ /d				
3	Peso de un cilindro de cloro P $P = 67,0$	kg	$N = W/P$	$N = 1,555/67,0$ $N=23$	Número de cilindros que se almacenaran	unidad
4	Área que ocupa un cilindro chico $A_c = 0,071$	m ²	$A_t = 1,25 \times 0,071 \times 23$ $A_t = 2$	$A_t = 1,25 \times 0,071 \times 23$ $A_t = 2$	Área ocupada por cilindros	m ²

4.3 RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO

La figura 20. Indica las dimensiones de los cilindros de una tonelada: entre 2.16 y 2.21m de largo y entre 0.75 y 0.81m de diámetro.

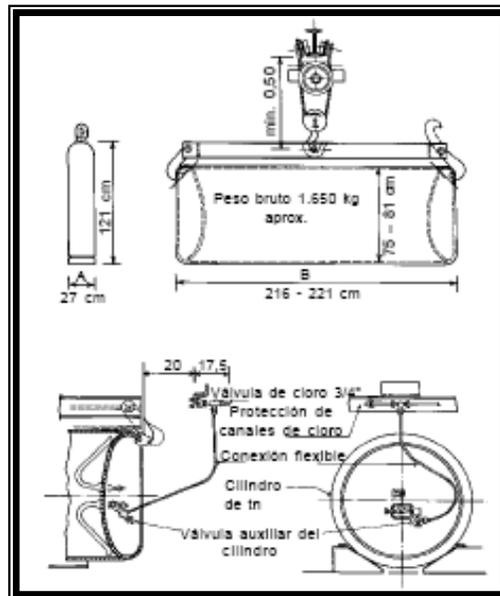


Figura 20. Cilindros de cloro de una tonelada de peso²⁶

La figura 21 presenta ideas sobre cómo distribuir el almacén, de acuerdo con las recomendaciones de algunos fabricantes.

Cualquiera que sea el recipiente de cloro que se use, si se requieren varias unidades, hay que conectarlas a una tubería matriz, como indica la figura 22.

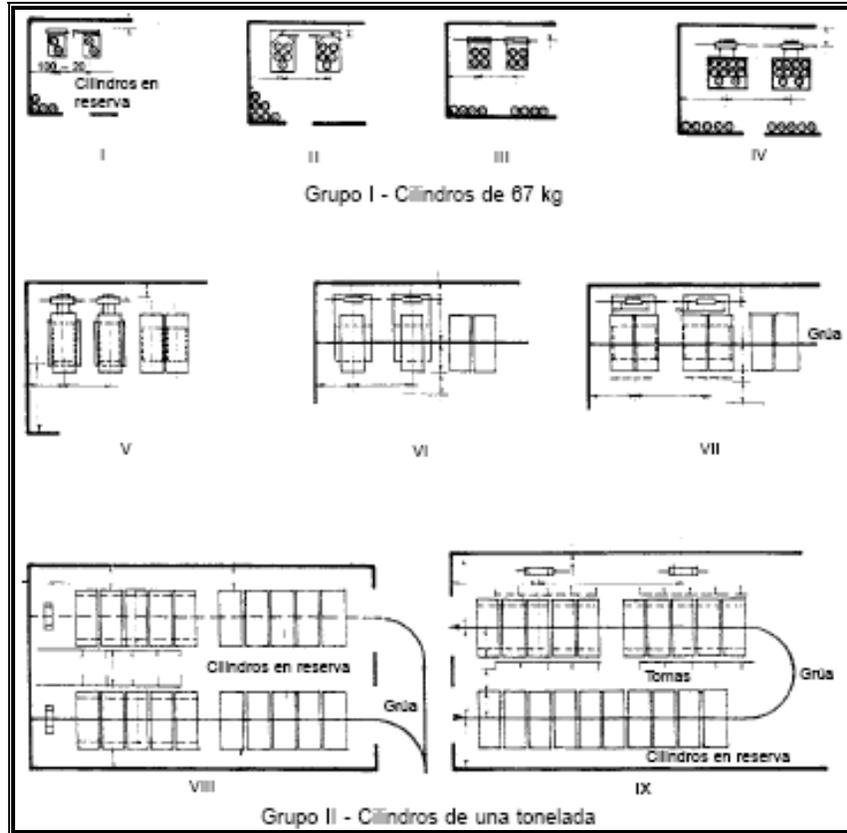


Figura 21. Almacenamiento de cilindros de cloro ²⁵

El diseño de esta matriz es muy importante para lograr un flujo sin obstrucciones. Los cilindros de cloro llenos tienen 85% de cloro líquido y 15% en estado gaseoso. Al extraer este último, disminuye la temperatura del envase y aparece escarcha en la superficie del cilindro por condensación de la humedad, lo que indica que el gas se está evaporando rápidamente.

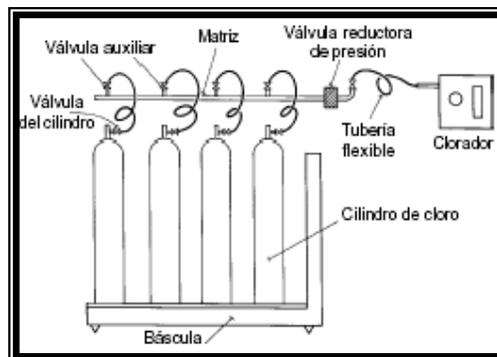


Figura 22. Sistema de conexión de cilindros de cloro ²³

Para que el flujo no se interrumpa, la temperatura en los cilindros debe ser más alta o igual a la temperatura en las tuberías aductoras, pues si estas se enfrían más rápidamente que el cilindro, aunque sea muy pequeña la diferencia térmica, el gas se puede relicuar en las líneas de conducción y producir obstrucciones en los cloradores.

4.4 EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Los equipos de cloración se fabrican en un rango de 1.5 a 4,500Kg por día de cloro gaseoso y dosificadores de cloro líquido desde 20 hasta 2.000L por día. Es necesario determinar la capacidad del equipo que se necesita. Para calcular la capacidad (C) del clorador, utilizaremos nuevamente la ecuación de balance de masas, teniendo en cuenta que el equipo se calcula con el caudal y la dosis máxima.

$$C = QD \times 86,4$$

$$Q = \text{m}^3/\text{s}$$

$$D = \text{mg}/\text{L}$$

El caudal máximo es el del final del periodo de diseño. Cuando el diseño de la planta se hace por módulos, la estación de cloración debe centralizarse y satisfacer la producción de todos ellos. En este caso, el clorador debe satisfacer también la capacidad mínima requerida por un solo módulo.

Las características de los equipos dependen de la forma de cloro que vamos a utilizar, hipocloritos en solución o cloro líquido envasado en cilindros a presión.

4.4.1 EQUIPOS PARA APLICAR HIPOCLORITO EN SOLUCIÓN

Puede utilizarse cualquier tipo de dosificador para productos químicos en solución que sea resistente a la acción corrosiva del hipoclorito. Los más comunes son las bombas dosificadoras y los sistemas de orificio de carga constante. Para la medición, se utilizan rotámetros o las escalas del equipo dosificador.

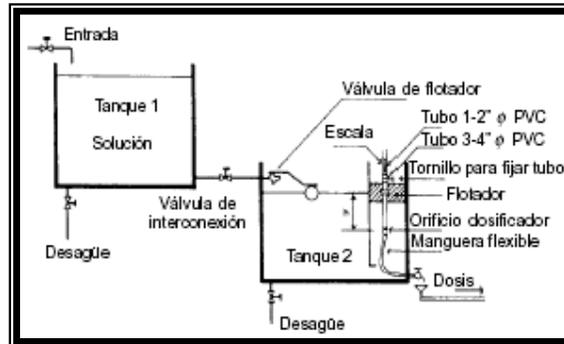


Figura 23. Sistema de aplicación por gravedad²⁵

Las bombas dosificadoras empleadas son de tipo diafragma o pistón diafragma, ambas de desplazamiento positivo.

En todos estos equipos debe poder calibrarse la dosificación. Los hay con diferente rango de ajuste; los más usados tienen un rango de 10:1.

Si la aplicación requiere una operación automática (dosificación proporcional al caudal, a la demanda de cloro o a ambos), existen en el mercado equipos que pueden cubrir este tipo de funciones, como veremos más adelante. El rango de trabajo de estos equipos puede variar entre 20L por día y 800L por día. Ellos son capaces de inyectar la solución desde vacío hasta 28Kg por cm².

4.4.2 HIPOCLORADOR DE ORIFICIO DE CARGA CONSTANTE

El hipoclorito en solución se utiliza principalmente en instalaciones para localidades pequeñas, donde, por lo general, no hay condiciones apropiadas para operar y mantener un equipo automático. Sin embargo, en la industria o en el caso de una urbanización o un hotel de lujo, podría justificarse la inversión.

Los sistemas de orificio de carga constante, por su bajo costo y porque funcionan por gravedad, son muy empleados en localidades pequeñas.

Se pueden fabricar artesanalmente, no requieren energía eléctrica y con muy poco mantenimiento se puede obtener una operación constante. También se consideran en los sistemas grandes, como alternativa para eventuales situaciones de emergencia (véase las figuras 24 y 25).

Equipos para aplicar cloro gaseoso:



Figura 24. Hipoclorador ²⁴

Estos tipos de cloradores son los más utilizados en las plantas de tratamiento, porque son más eficientes que los hipocloradores. Por su forma de operar, podemos distinguir dos tipos de unidades: cloradores de gas directo y cloradores al vacío en solución.

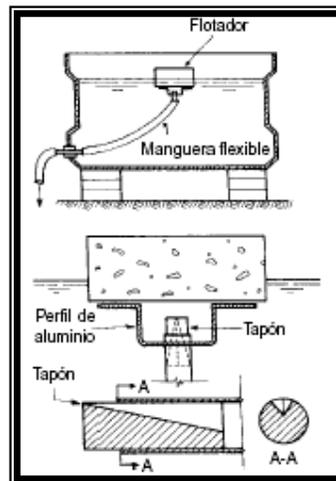


Figura 25. Hipoclorador de orificio de carga constante ²⁶

Cloradores de aplicación directa

Este tipo de clorador opera con la presión del cilindro, por lo que adolece de serias limitaciones. Su uso se recomienda solo cuando no hay otra alternativa. Normalmente se emplean en zonas donde no hay suministro continuo de energía eléctrica.

La principal desventaja de estos equipos es que la dosis varía con la presión del cilindro.

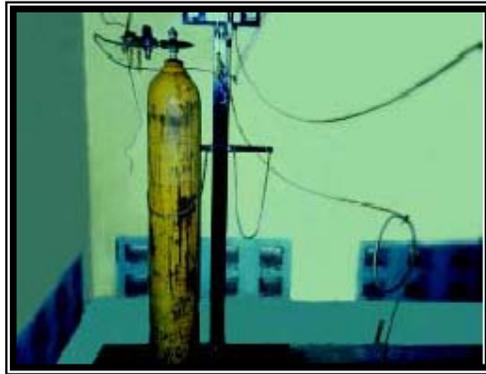


Figura 26. Clorador de aplicación directa a una tubería ²⁴

Se fabrican en capacidades que van desde 9 hasta 150Kg por día. (Véanse las figuras 27 y 28). Tubo de descarga de gas.



Figura 27. Punto de aplicación en la tubería ²⁴

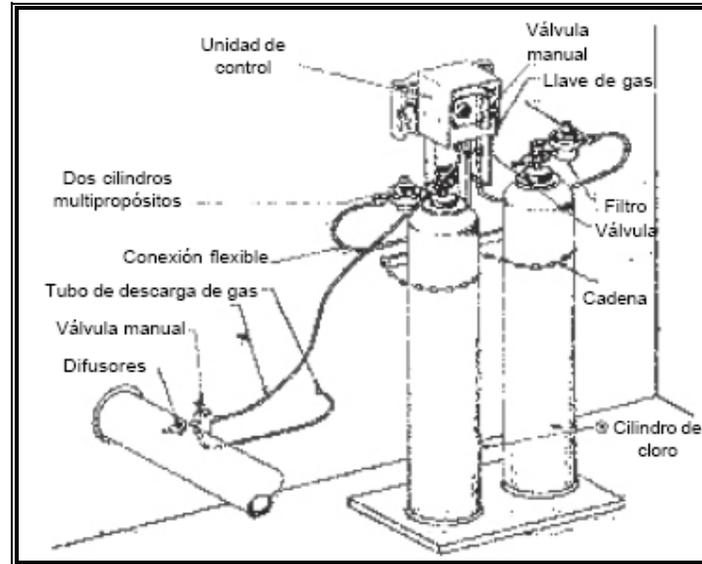


Figura 28. Clorador de aplicación directa ²⁸



Figura 29. Imagen de un clorador de aplicación directa ²⁸

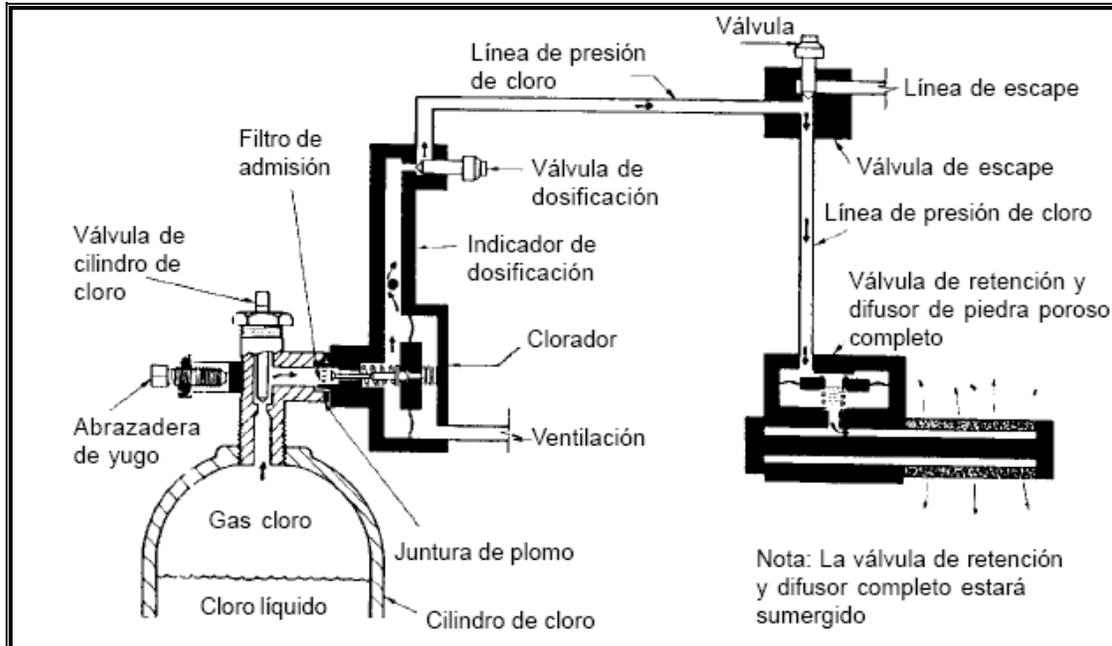


Figura 30. Diagrama de flujo de un clorador de aplicación directa ²⁵

4.4.3 CLORADORES DE APLICACIÓN AL VACÍO

Este tipo de equipo es el más confiable y seguro de operar.

a) Descripción

Un clorador de aplicación al vacío está integrado por tres componentes fundamentales: un inyector, una válvula de ajuste de la dosificación y un medidor de caudal.

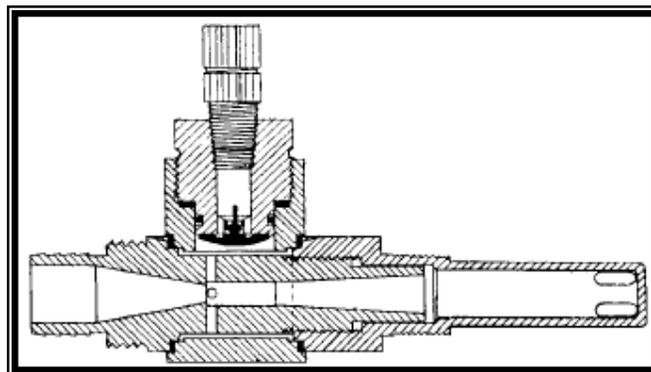


Figura 31. Sistema de inyección ²⁵

El inyector. El inyector es un Venturi mediante el cual se ejerce una succión determinada (130 milímetros de agua), por medio del cual se succiona el cloro a través del equipo.

Este inyector también sirve como cámara de mezcla entre el cloro y el agua que sirvió para ejercer el vacío (véase la figura 31).

Las condiciones hidráulicas de la bomba de agua son muy importantes, pues tanto la presión como el caudal son determinantes en el funcionamiento del inyector. Por ello es muy importante consultar las recomendaciones del fabricante, porque cada uno tiene condiciones específicas, a partir de las cuales se han diseñado los equipos. Es preferible que dejemos el cálculo de las condiciones de operación de la bomba al fabricante.

Válvula de control. Las válvulas de control merecen muy especial atención, pues con facilidad se taponan con las impurezas del cloro. Para garantizar mayor confiabilidad en la operación, se recomienda especificar orificios o vástagos ranurados en lugar de las válvulas de aguja convencionales.

Medidor de caudal. El medidor de caudal es un rotámetro, un tubo de vidrio que indicará el paso del gas a través del equipo. La medición de un gas se ve afectada por las condiciones de temperatura y presión. Cuando la presión está por debajo de la atmosférica, como en este caso, el efecto es mayor. Por esta razón, el equipo cuenta con válvulas reguladoras de presión y de vacío a la entrada y a la salida del dispositivo de medición.

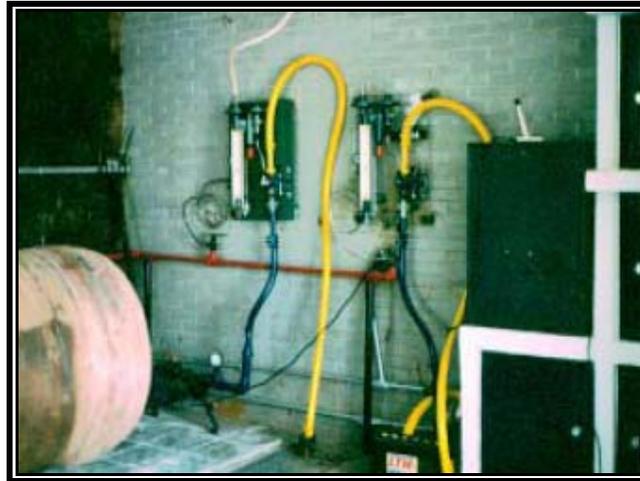


Figura 32. Cloración al vacío, equipo de pared ²⁴

Operar el proceso a presiones por debajo de la atmosférica presenta una serie de ventajas que permiten que el cloro, un gas extremadamente corrosivo y venenoso, pueda ser manipulado casi por cualquier persona. Al someterlo al vacío dentro del equipo, se aprovecha este para, mediante diafragmas venteados, cerrar automáticamente todo puerto o ducto factible de ruptura al dejar de ejercer la presión debajo de la atmosférica.

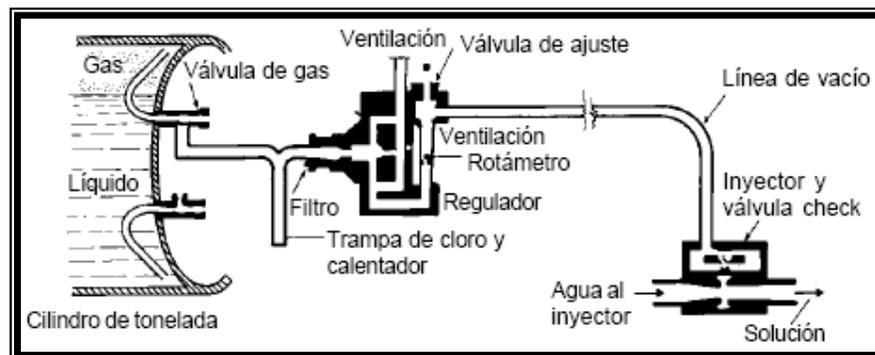


Figura 33. Clorador con inyector para cilindro de una tonelada ²⁵

La presión del cloro dentro del cilindro no se requiere para la operación, porque estamos succionando el gas con el inyector y estas condiciones siempre van a prevalecer a lo largo del circuito dentro del equipo.

También debemos tener presente que el cloro viene de un cilindro bajo presión donde se encuentra licuado y que no podemos extraerlo en forma indiscriminada cuando el gas está en forma líquida dentro del recipiente, porque la presión de vapor del gas a las condiciones ambientales de temperatura producirá una velocidad de evaporación tal que podemos llegar a congelar el cilindro y su contenido.



Figura 34. Cloradores de consola ²⁴

La tabla 1, indica el máximo flujo de cloro que se puede extraer de un cilindro, dependiendo de su tamaño.

Los sistemas con inyector son los más usados debido a que presentan las siguientes ventajas:

- Ofrecen alta precisión en la dosificación.
- No son influenciados por los cambios de temperatura.
- Son equipos durables y de costo inferior a los de alimentación o aplicación directa.

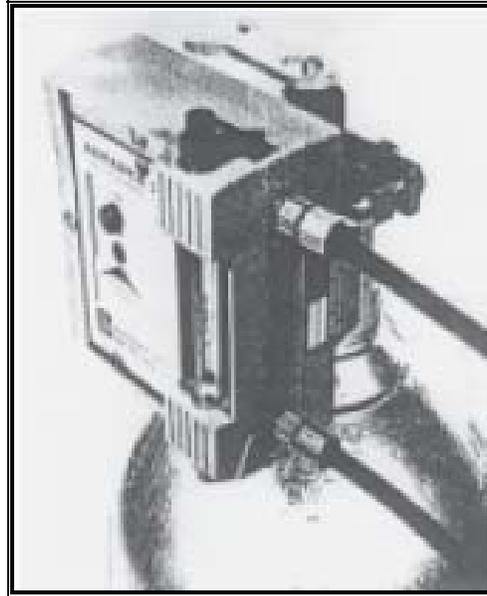


Figura 35. Válvula de clorador de paliación al vacío ²⁵

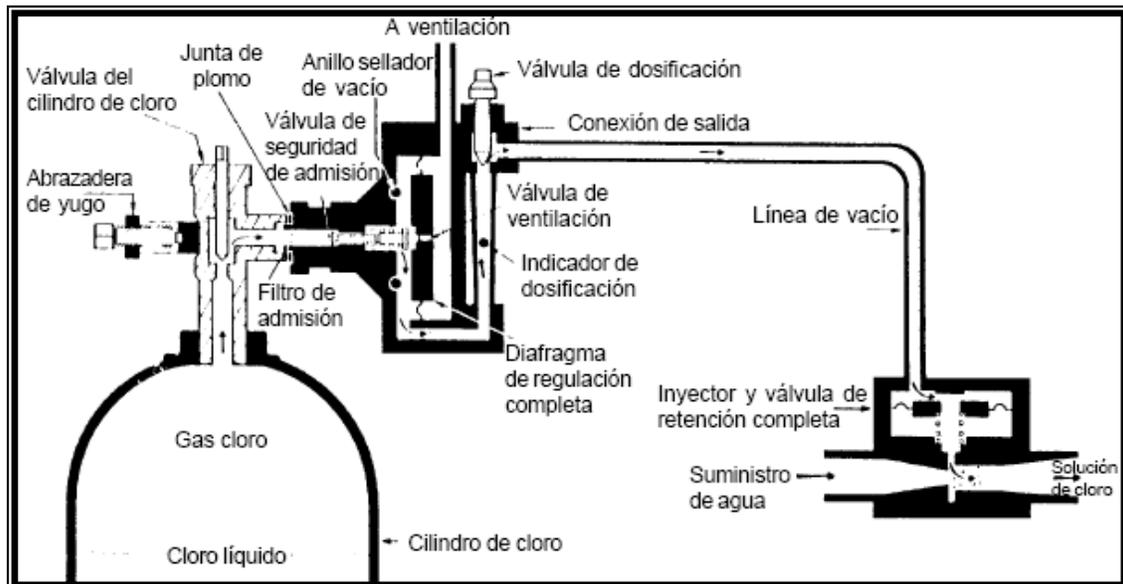


Figura 36. Diagrama de flujo de un clorador de aplicación al vacío ²⁵

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que para la operación de los inyectores, se requiere el suministro de agua a presión y, por lo tanto, se debe incluir un equipo de bombeo en el sistema.

Componentes de un sistema de cloración con inyector. Un sistema con inyector incluye básicamente los siguientes componentes:

- Balanza.
- Clorador (de pared o montaje directo), con manguera de ventilación.
- Cadena de protección.
- Tubería de abastecimiento con válvula de paso, manómetro, filtro “Y”, adaptador para montaje del inyector y el difusor a fin de aplicar la solución de cloro al agua.
- Mascarilla de protección tipo *canister*.
- Juego de repuestos con *canister* para la mascarilla de protección, empaques de plomo para el montaje del clorador y otros repuestos recomendados por el fabricante para efectuar el mantenimiento adecuado del equipo.



Figura 37. Cloradores de consola ²⁴

- Equipo para la detección de fugas: botella de amoníaco con tapa de apertura rápida.
- Cilindros de reserva (como mínimo, tres para plantas pequeñas). Véase la cuadro 8 para plantas de medianas a grandes.
- Comparador para medir cloro residual.

Criterios de diseño

- El caudal mínimo de agua para el funcionamiento del inyector se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$q = Q \cdot D_M / C^{25}$$

Donde:

D_M = dosis máxima, normalmente se asume igual a 5,0 mg/L.

C = concentración de la solución clorada, normalmente se asume igual a 3,500 mg/L.

Usar caudales de agua mayores que q no ofrece problemas en la dosificación y a menudo es necesario tomar caudales mayores para ajustarse a los tamaños comerciales de los equipos de bombeo. Los equipos de bombeo pueden evitarse, cuando la planta cuenta con un suministro de agua con presión suficiente para el funcionamiento del inyector. Usualmente, la mínima presión necesaria es 30 metros de columna de agua (mca), más las pérdidas calculadas en la tubería de abastecimiento.

La potencia mínima del equipo de bombeo se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \delta Q H / 75 E^{26}$$

Donde:

δ = peso específico del agua (~ 1,000 kg/m³)

H = carga dinámica total (mca)

E = eficiencia del equipo de bombeo

Para el cálculo de H se utilizan los siguientes criterios:

$$H = h + H_o + H_m^{28}$$

Donde:

h = presión requerida por el inyector (mca)

H_o = pérdidas por fricción (mca)

H_m = pérdidas menores (mca)

$H_o = f \cdot L/\phi \cdot V^2/2g$ (fórmula de Darcy Weisbach) ²⁹

Donde:

$f = 0,030$ (coeficiente de fricción)

L = longitud de la tubería (m)

ϕ = diámetro de la tubería (m)

$V = 0,60$ a $1,20$ m/s (velocidad del agua)

g = aceleración de la gravedad

Nota: También es correcto emplear fórmulas como la de Hazen Williams y la de Flamant ⁽²⁹⁾.

$H_m = \Sigma K v^2/2g$ ³⁰

Donde ΣK = suma de coeficientes de pérdida de carga en accesorios. Los usuales se indican en el cuadro 6-5.

Cuadro 10. Coeficientes de pérdida de carga menores ²⁵

Accesorios	K
Codo	0,4
Te de paso directo	0,25
Valvula de compuerta	0,3
Filtro "Y"	3,5
Total $\Sigma K =$	4,45

Nota: La suma de K debe ajustarse de acuerdo con el diseño de cada sistema.

Capacidad requerida del equipo

$$W = Q \cdot DM^{31}$$

Donde:

W = capacidad requerida en g/h

Con este dato entramos a los catálogos de los fabricantes y seleccionamos un equipo cuya capacidad sea igual o inmediatamente superior a la requerida. Cuadro 10, ofrece información tomada de los catálogos. ⁹

Cuadro 11. Tamaños comerciales de cloradores ²⁵

Capacidad del clorador ^a		Temperatura ambiente mínima ^b	
g/h	lb/día	°C	°F
	100	24	75
1,4	75	13,3	56
750	40	2	36
280	15	-3	26
120	6	-5	23
50	2	-5,6	22

Nota:

^a La dosificación mínima es 1/20 de la máxima.

^b Estimación razonable de la temperatura ambiente mínima para una dosificación continua.

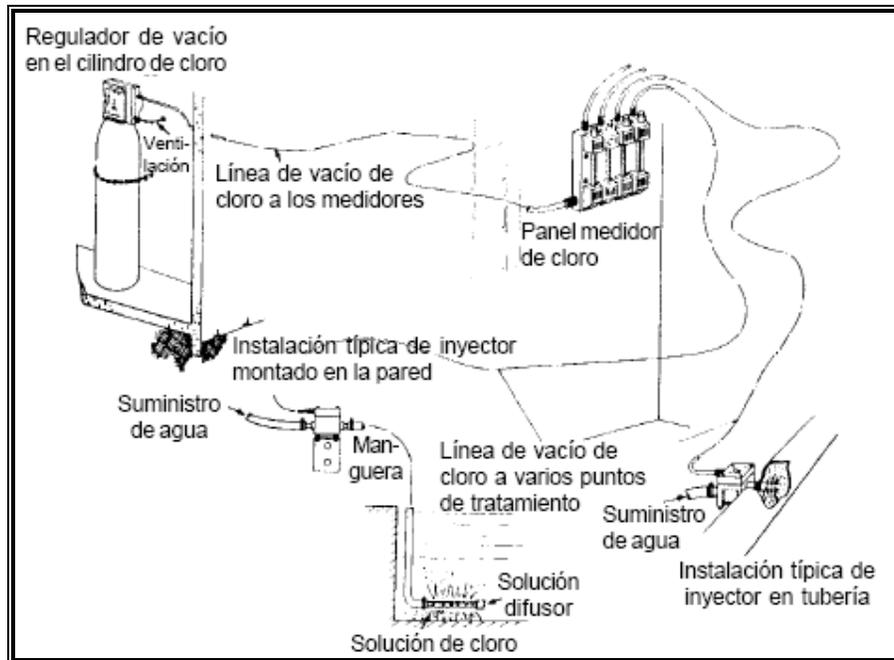


Figura 38. Clorador con inyector, colocación múltiple de medidor de cloro ²⁵

4.4.4 EVAPORADORES

Las estaciones de cloración grandes, donde se gastan más de 1,000kg por día, requieren el uso simultáneo de varios cilindros de cloro (más de seis), conectados a la misma matriz aductora, para alimentar los cloradores. Como esto puede traer problemas operacionales, se suele incluir en el equipo un evaporador que permita extraer cloro líquido de los cilindros en lugar de gas, lo que supone las siguientes ventajas:

- a) Disminuye el número de cilindros en servicio requeridos para alimentar el clorador, debido a que la extracción de cloro líquido no plantea las mismas limitaciones que la de cloro gaseoso.

b) Se evita la relicuefacción del cloro en las líneas de conducción. Esto es especialmente importante cuando la longitud de la tubería entre la sala de almacenamiento y la de cloración es significativa.

Los evaporadores que van montados lo más cerca posible de los equipos de cloración consisten en un tanque dentro de un baño de agua caliente, cuya temperatura es controlada por un termostato a 70-75°C. Esto hace que el cloro pase del estado líquido al gaseoso y en esta forma es llevado a los cloradores.



Figura 39. Evaporadores para operar con cloro líquido ²⁴

Para evitar que el cloro líquido pueda pasar al clorador y dañarlo, se incluye una válvula que se cierra automáticamente y hace sonar una alarma cuando la temperatura baja de los 65°C. También es necesario considerar lo siguiente:

Una criba para retener las impurezas del cloro y la posible formación de nieblas o condensación del gas en gotitas, lo que es perjudicial para los equipos.

Una válvula reductora de presión en la tubería de salida del evaporador.

La figura 39 muestra una estación de cloración para 6m³/s con evaporadores (hilera de la derecha) y cloradores (fila del fondo).

4.4.5 Sistemas de control

Para los sistemas de control, debemos hacer uso de todo nuestro ingenio para no llegar a sofisticaciones innecesarias. El caso más común se presenta cuando se tiene caudal de agua constante y demanda constante de cloro; aquí todo se reduce a instalar un sistema de cloración con ajuste de dosificación manual y alguna forma de parar el equipo cuando sea necesario.



Figura 40. Sala de sistemas de control automático de coloración ²⁴

Sistemas automáticos

El control automático de la cloración se basa en la medición, por medio de sensores, de la dosis de cloro residual en el efluente de la planta. El equipo envía una señal que puede ser interpretada por un receptor de la siguiente manera:

- a) Accionar una alarma para que el operador corrija manualmente la dosis.

- b) Accionar el equipo de ajuste automático del rotámetro de acuerdo con la dosis prefijada en el sistema. Este sería un sistema totalmente automatizado.

Los equipos automáticos (figuras 41 y 42) usualmente incluyen sistemas analógicos, digitales o carta gráfica para mostrar y almacenar información sobre el proceso de dosificación.

Estos equipos tienen la ventaja de reducir el error humano en la dosificación, pero son de alto costo y requieren mantenimiento especializado.

Los principales casos de control automático se presentan en la cuadro 12.

Cuadro 12. Sistemas automáticos ²⁸

Nº	Cudal		Demanda
1	Constante		Constante
2	Variable	a) Variaciones continuas b) Variaciones por pasos	Constante
3	Constante		Variable
4	Variable	a) Variaciones continuas b) Variaciones por pasos	Variable

Los casos 3 y 4 son bastante raros y se puede decir que en agua potable no se dan. Solo se han visto situaciones como estas en los casos de aguas residuales.

Los casos 1 y 2 sí se presentan en agua potable, cuando el abastecimiento se realiza por pozos. Cuando se bombea directamente del pozo a la red, tendremos gasto variable de acuerdo con las horas del día y cuando tenemos un tanque regulador alimentado por una serie de pozos, se presenta el caso de variación por pasos, al operar uno, dos o varios pozos. Para caudales variables, existen los medidores primarios del tipo Venturi o de orificio para el caso de ductos cerrados; para canales abiertos, se emplean los medidores Parshall y vertederos, instrumentos sencillos y fáciles de operar, capaces de enviar una señal al clorador para que obedezca en forma proporcional al gasto, aumentando o disminuyendo el caudal de solución por aplicar.

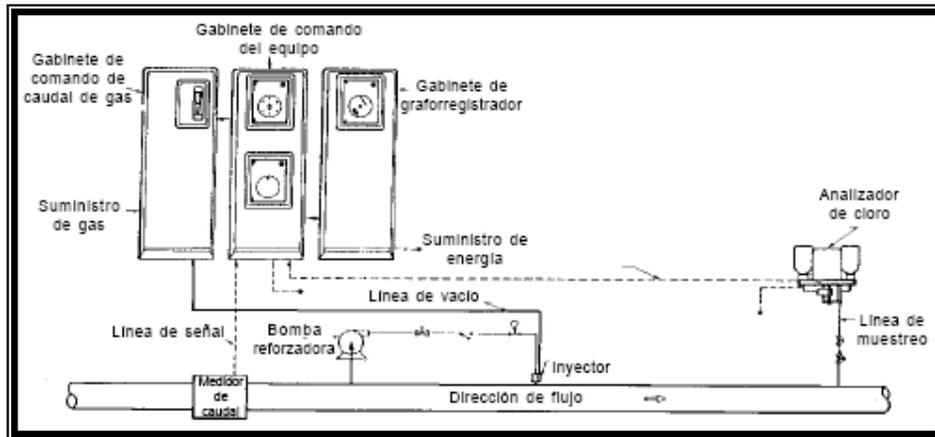


Figura 41. Sistema de control automático de lazo compuesto ²⁵

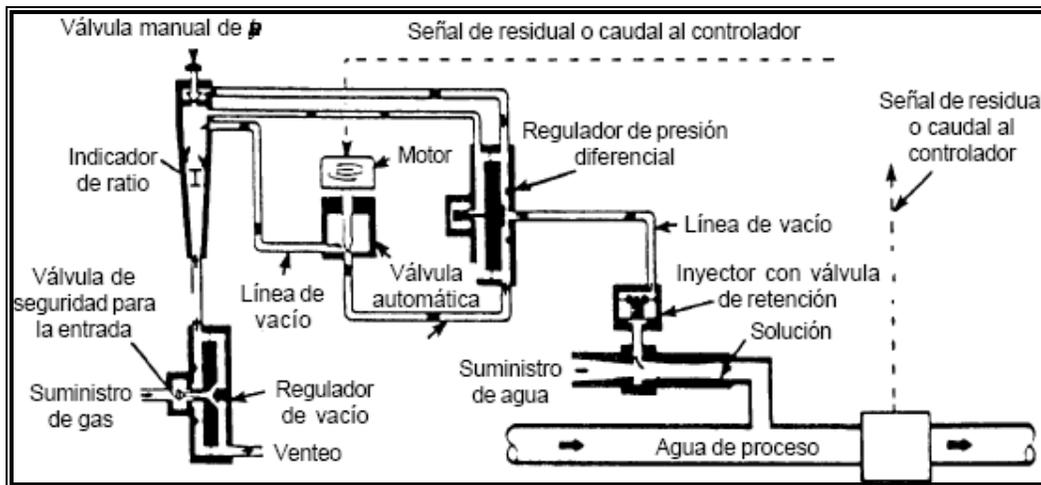


Figura 42. Diagrama de flujo, sistema de comando automático ²⁵

PUNTO DE APLICACIÓN

Normalmente, la solución de cloro se aplica en la cámara de salida de la planta de tratamiento, en una zona con una sumergencia no menor de un metro, con el fin de reducir el escape de cloro. Cuando se utiliza un clorador de alimentación directa, el difusor debe colocarse en el fondo de la cámara con sumergencia constante. No se recomienda un tanque con altura de agua variable, porque se perdería mucho gas en la atmósfera.

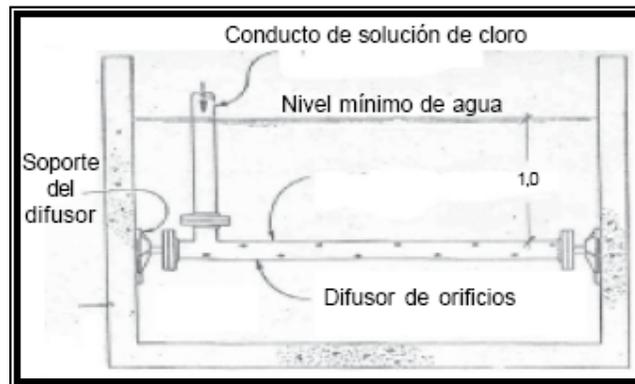


Figura 43. Solución para aplicación en canal abierto ²⁶

Es importante que la aplicación se haga mediante un difusor para difundir mejor el cloro en el punto apropiado. Se pueden dar tres casos en relación con el punto de aplicación del cloro:

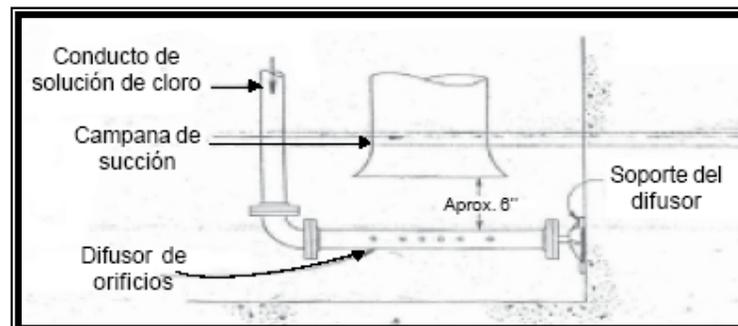


Figura 44. Solución para aplicación en cámara húmeda ²⁶

- 1) aplicación en ducto cerrado
- 2) aplicación en canal abierto
- 3) aplicación en un tanque

En el caso de ductos cerrados y si el diámetro es pequeño, solo debemos cuidar de que la solución no tenga contacto directo con el ducto en el punto mismo de aplicación.

Esto se logra mediante difusores de plástico tipo bayoneta, introducidos a una profundidad de 1/3 del diámetro del ducto.

Para el caso de canales abiertos, el cuidado estriba en no permitir que se pierda el cloro hacia la atmósfera, por efecto de una mala difusión en el caudal principal. Para esto, si se coloca un difusor en el fondo del canal, con orificios que permitan una distribución uniforme en todo el ancho del ducto, podemos garantizar un aprovechamiento óptimo (véase la figura 43 y 44).

Cuando se requiera efectuar la aplicación de la solución clorada en tanques de almacenamiento o regulación, se presentan algunos casos tan sencillos como tener una entrada y una salida o múltiples entradas y salidas, y todas en diferentes puntos del tanque. En el primer caso, el problema se reduce a aplicar en ducto cerrado, ya sea a la entrada o a la salida; en el segundo, es prácticamente imposible lograr un buen diseño que garantice evitar las pérdidas de cloro a la atmósfera y la formación de zonas de alta y baja concentración de cloro dentro del tanque.

4.5 CÁMARA DE CONTACTO

La cámara de contacto tiene como función asegurar un tiempo de contacto fijo entre el agua y el cloro, de tal modo de asegurar la remoción de bacterias, virus y parásitos presentes en el agua.

4.6 TIEMPO DE CONTACTO PARA LA REDUCCIÓN DE BACTERIAS

Después de la aplicación del desinfectante para asegurar la remoción de bacterias, normalmente se ha venido aplicando al agua clorada un tiempo de contacto no menor de 20 a 30 minutos.

En un ejemplo, se requiere una cámara de contacto de 150m^3 . Para evitar cortocircuitos, es necesario colocar pantallas, de manera que el volumen quede dividido por lo menos en tres sectores. Ver figura 45, la cámara de contacto del ejemplo podría tener 2.50m de alto, 10m de largo y 6m de ancho.



Figura 45. Esquema de cámara de contacto ²⁶

Tiempo de contacto para la reducción de parásitos

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) recomienda tener en cuenta criterios especiales para la reducción e inactivación de *Giardia* y virus. En nuestro medio, estos criterios deberían aplicarse por lo menos al diseñar los sistemas de cloración para las zonas de parasitosis endémica, normalmente las poblaciones ubicadas en la costa y en la selva.

Se recomienda la aplicación del producto del tiempo de contacto (T) en minutos, por la dosis o concentración de cloro (C) en mg/L requerida para cada caso, en función de la temperatura, del pH del agua y de la dosis de cloro libre seleccionada.

La máxima concentración de cloro (C) que puede aplicarse al agua, tomando en cuenta su eficacia y consideraciones estéticas (gusto y olor) es normalmente de 2.5 mg/L como cloro residual libre. Por consiguiente, los ajustes en el tiempo de contacto ofrecen la mejor opción para la optimización de la desinfección.

4.7 VENTILACIÓN Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Todo el equipo de cloración debe montarse en un ambiente amplio, bien ventilado y de uso exclusivo. Las instalaciones pequeñas pueden ventilarse solamente con ventanas colocadas en la parte inferior de los muros, ya que por ser el cloro más pesado que el aire, tiende a quedarse depositado sobre el suelo. Las estaciones de cloración más grandes requieren, además, extractores de aire colocados en la parte baja de la sala, operables desde el exterior.



Figura 46. Sistemas de protección ²⁴

En estos sistemas se recomienda un cambio total del volumen de aire cada 15 minutos en tiempo normal y cada tres minutos cuando existe posibilidad de que se produzcan fugas de cloro. Los extractores deben calcularse de acuerdo con esta norma.

Al escoger la ubicación de los cloradores y demás equipos, debe ponerse especial cuidado en que todas las tuberías queden a la vista, sujetas contra la pared y situadas en lugares accesibles que faciliten una rápida inspección y reparación.

Además, deben incluirse en el diseño todos los equipos de protección necesarios, para que se puedan detectar en cualquier momento los escapes de cloro y repararlos.

Los implementos de protección más importantes son los siguientes:

- a) sistema de alarma
- b) máscaras
- c) equipos de taponamiento de fugas
- d) botella de amoniaco



Figura 47. Alarmas de pared ²⁴

Sistemas de alarma

Existen varios tipos de alarmas que pueden incluirse en los diseños de las estaciones de cloración. Ver figura 47, las más importantes son las siguientes:

- Alarmas de pared
- Discos rompibles
- Alarmas internas de los equipos

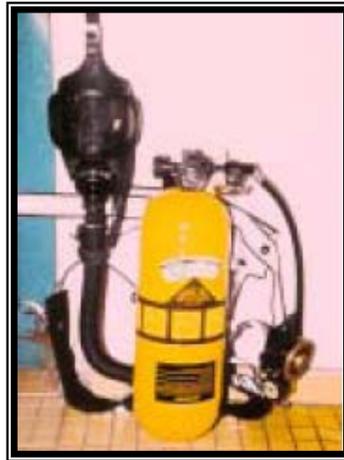


Figura 48. Mascara completa con tanque de Oxígeno ²⁴

Las alarmas de pared pueden ser de dos tipos

El primero consiste en un papel sensitivo impregnado de ortotolidina, cuya decoloración es analizada por una célula fotoeléctrica y los resultados transmitidos a un circuito de alarma; este último entra en funcionamiento cuando existe decoloración del papel.



El otro tipo figura 46, consiste en una celda que detecta los cambios de conductividad de un cierto volumen de agua, por la que se hace circular una corriente de aire proveniente del ambiente por analizar. Si existe cloro presente en la muestra de aire, suena la alarma y permanece sonando hasta que se corrija la fuga de cloro.

El Instituto del Cloro en Estados Unidos recomienda el uso de una cámara de expansión para tuberías largas de conducción de cloro, entre los cilindros y los aparatos de cloración.

Estas cámaras contienen un disco que se rompe a una presión de 300 a 400 libras por puladas² y permite que el cloro se escape hacia la cámara de expansión, donde hace sonar una alarma. Estas cámaras suelen instalarse a veces en combinación con válvulas de cierre automático que, en cuanto se rompe el disco, cierran el paso del flujo del cloro a las líneas de aducción.



5. EQUIPO DE PROTECCIÓN Y TRANSPORTE

5.1 PROTECCIÓN PERSONAL

Todo el personal que labora en instalaciones en las cuales se maneja cloro en cualquiera de sus formas, debe ser protegido contra contactos eventuales con el cloro. Generalmente es suficiente contar con mascararas individuales, (véase figura 49), aprobado para el servicio de cloro. La oficina de minas del gobierno de los Estados Unidos han publicado las especificaciones para pequeñas concentraciones de cloro en el ambiente y donde exista una suficiente cantidad de oxigeno.



Figura 49. Mascarilla individual ³²

Esta mascara debe ser utilizada para un período de exposición relativamente corta; no es útil para usos en casos de emergencia, debido a que la concentración de cloro pudiera exceder de su limite de seguridad que es de 1.0% en volumen.



Figura 50. Equipo de emergencia ³²

Es importante que se tenga un programa para cambiar periódicamente los cartuchos de esta mascara, aun cuando no hayan sido utilizados. Existen otros tipos de mascararas especialmente diseñadas para utilizarse en casos de emergencia.



Figura.51 Resguardo de equipo de protección ²⁴

Uno de ellos consiste en una careta que cubra perfectamente los ojos y boca equipada con un cilindro de aire o de oxigeno asegurado al cuerpo, como lo muestra la figura 50.

Todo el equipo de protección utilizado para casos de emergencia debe ser examinado periódicamente para mantenerlo en óptimas condiciones de operación.

Se recomienda conservarlo en recipientes apropiados y localizados fuera del área en donde existe la posibilidad de fugas de cloro. Como lo muestra la figura 51,

Los aparatos respiratorios protectores de cloro, se dividen en tres categorías.

5.2 DISPOSITIVOS DE HUIDA O ESCAPE

La primera es el cartucho respirador, que puede ser del tipo de pieza de boca o del tipo que cubre la nariz y boca, figura 52 y 53, estos cartuchos de respiración tienen la aprobación de las autoridades de salud para concentraciones de cloro menores de 5ppm y deben ser usados cuando se trabajen cerca del cloro.³²



Figura 52. Mascarilla de huida o escape de boca³³

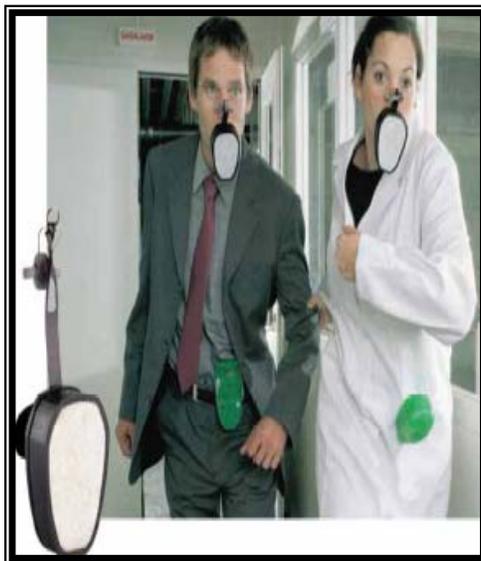


Figura 53. Mascarilla de huida o escape de boca³³

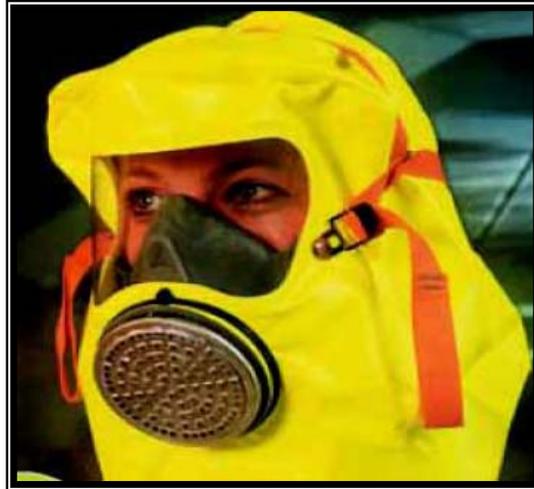


Figura 54. Mascarilla de huida o escape de nariz y boca ³²

TIPO CANISTER

Las caretas de cubrimiento total de la cara tipo canister y dependiendo de su tamaño, se pueden utilizar para concentraciones menores a las 15ppm.



Figura 55. Mascarilla de cubrimiento total tipo canister ³²



Figura 56. Mascarilla de cubrimiento total tipo canister³²

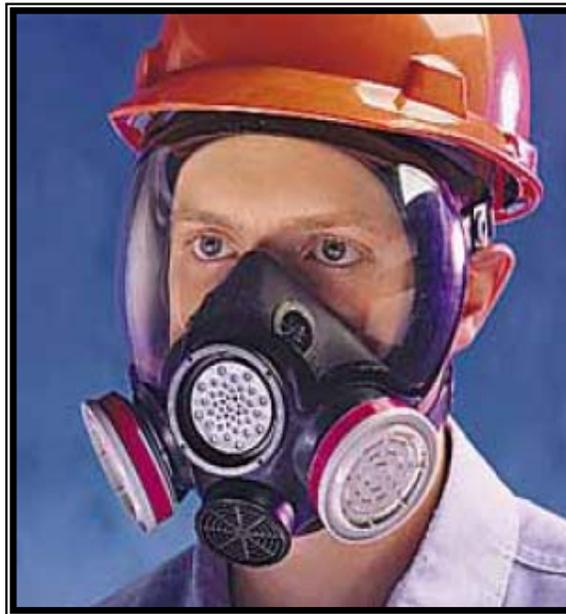


Figura 57. Mascarilla de cubrimiento total tipo canister³³

5.3 EQUIPO AUTÓNOMO DE RESPIRACIÓN

Cuando se desconoce la concentración del cloro o haya mas de 25ppm, o si el contenido de oxígeno en la atmósfera es menor del 19.5% es necesario usar un aparato con respiración auto contenida de tipo presión positiva conocido como Equipo Autónomo de Respiración. (ver figura 58, 59 y 60)



Figura 58. Equipo autónomo de respiración ³²



Figura 59. Equipo autónomo de respiración ³²



Figura 60. Equipo autónomo de respiración ³²

Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

Nuevo reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de abril de 1993

Texto Vigente

Ultima reforma publicada por el DOF el 18-11-2006 ⁴⁴

La presente instrucción tiene la finalidad establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse el almacenamiento, carga y descarga y trasiego de los líquidos inflamables y combustibles.

5.4 NORMAS PARA EL TRANSPORTE DE CONTENEDORES DE GAS CLORO

El 90% del cloro producido se utiliza en el lugar en que se fabrica, y no se almacena ni se transporta. Sin embargo, como se utiliza para fabricar muchos productos, a veces es inevitable tener que transportarlo.

Durante el 2001 en Europa occidental, el principal modo de transporte fue el ferrocarril (70%), seguido por el transporte en camión cisterna (27%) y una pequeña cantidad en bidones y botellas (3%). En Europa no se transporta cloro a granel por vía acuática desde 1996. ³⁴

Para poder transportar los contenedores de gas cloro en forma segura, es fundamental conocer los lineamientos y normas que rigen el transporte.

Con fecha 7 de abril de 1993, en el Diario Oficial de la Federación dio a conocer el reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, entre los que se encuentra el cloro en todas sus presentaciones. En dicho reglamento se estipula las normas que se deben seguir para su transportación. ²⁹

ARTICULO 6°: Queda prohibido transportar en unidades que hayan sido autorizadas para transportar materiales y residuos peligrosos (gas cloro).

Personas o animales.

Productos alimenticios de consumo humano o animal o artículos de uso personal.

Residuos de sólidos municipales.

ARTÍCULO 13°: Clase 6, tóxicos agudos (venenosos) y agentes infecciosos, son sustancias que se definen y dividen tomando en consideración su riesgo, en este punto se considera el gas cloro.

Tóxicos agudos (venenosos): son sustancias que pueden causar la muerte, lesiones graves o ser nocivas para la salud humana si se ingieren, inhalan o entran en contacto con la piel.

Los gases tóxicos (venenosos) comprimidos pueden incluirse en la categoría de “gases”.

ARTÍCULO 21°: El envase y embalaje, antes de ser llenado para su transporte, deberá ser inspeccionado para el expedidor de la sustancia o residuo peligroso para cerciorarse de que no presenta corrosión, presencia de materiales extraños u otro tipo de deterioros.

ARTÍCULO 28°: Todo envase y embalaje vacío que haya contenido una sustancia o residuo peligroso, debe ser considerado también como peligroso.

ARTÍCULO 31°: Con objeto de identificar a distancia las sustancias o residuos peligrosos y conocer sus riesgos, así como la designación oficial para su transporte, caja envase y embalaje deberá contar con la etiqueta o etiquetas correspondientes.

ARTÍCULO 37°: Para su identificación, los camiones, las unidades de arrastre, contenedores, cisterna y recipientes intermedios para granel destinados para el transporte de materiales y residuos peligrosos, tendrán una placa de acceso para la inspección y en el formato que determinen las normas correspondientes.

ARTÍCULO 134°: Las infracciones a lo dispuesto en el presente reglamento serán sancionadas en la siguiente forma.

Se aplicará multa hasta el equivalente a 1000 días de salario mínimo por las infracciones a los *artículos 31 y 37*.

Se aplicará multa hasta por el equivalente a 2000 días de salario mínimo por las infracciones a los *artículos 21 y 28*.

Se aplicará multa hasta por el equivalente a 5000 días de salario mínimo por las infracciones al *artículo 6*.

En los *artículos 31 y 37* del reglamento se hace mención de las etiquetas y placas que deben presentar tanto los cilindros, como las unidades en que se transporta. Los cilindros para ser identificados, deben estar pintados de color aluminio y el capuchón de color naranja, al igual que deberán llevar rotulado el número de serie, la tara, el contenido y la fecha de prueba hidrostática.

La unidad motriz deberá contar con una placa visible en donde este anotado el número 1017, que es el número de identificación mundial del gas cloro, y otra, donde se especifiquen las características y comportamiento del material, esta identificación sería un “diamante de colores” con las especificaciones siguientes: ³⁵

Cuadro.13 Color y reactividad

COLOR	REACTIVIDAD
AMARILLO	No reactividad
ROJO	Incombustible
AZUL	ADVERTENCIA, Evite contacto con piel o inhalación. Puede causar muerte.
BLANCO	Oxidante muy fuerte

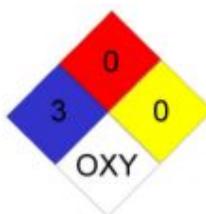


Figura 61.Diamante de colores ³⁷



También la unidad debe contar con equipos de seguridad metálicos, ya sea el “KIT A” o “KIT B” dependiendo del tipo de cilindros que transporte; así mismo, mascarillas con cartuchos respirador canister y equipo de respiración de aire autónomo de presión positiva.

El transportista debe ser una persona capacitada y responsable que conozca a detalle las prácticas de seguridad requeridas en caso de una fuga de gas cloro, al igual, que conozca las especificaciones del producto y los teléfonos de emergencia a los que puede llamar en caso de siniestro. ²⁹

TRANSPORTE DE CILINDROS CONTENEDORES DE 68kg Y 907kg DE GAS CLORO.

Ya conocido como sustancia sumamente toxica, el gas cloro debe sujetarse a medidas muy estrictas tanto en su transportación como en su almacenamiento. Estos puntos tienen como propósito alertar aquellos cuyo trabajo es el transporte de cilindros contenedores de gas cloro, en sus presentaciones de 68 y 907kg, dándoles a conocer las extremas medidas de seguridad que deben tomar.

Las características del vehículo requerido para este tipo de transporte son:

- Carro plataforma (de preferencia plataforma acerada)
- Redilas reforzadas
- Cuñas
- Acuñamiento de cilindros
- Sujeción de chasis (encadenamiento)

5.4 TRANSPORTES DE CILINDROS DE 68 kg

El cloro en estado líquido debe transportarse en forma vertical, los cilindros debe estar parados. Sobre este método se recomienda usar un carro plataforma con redilas bien reforzadas y ajustadas sobre el chasis que soporte el uso de cadenas para ajustar con seguridad el conjunto de cilindros o contenedores; por eso es recomendable que los transportistas de cloro se apeguen a las normas aquí descritas y establezcan un sistema de capacitación que aseguren que el operador (chofer), se familiarice con las características del cloro en todas sus presentaciones por eso es elemental la aplicación de KITS de emergencia (para cuando vaya en tránsito), que conozca acerca de planes de emergencia, evacuaciones de zona y extinción de fuegos, equipo de seguridad, canister, personal y/o autónomo.

Al subir y bajar los cilindros de 68Kg, es recomendable tomar en cuenta estos tres puntos:

Los cilindros deben ser movidos en carretillas de mano balanceadas adecuadamente provistas de una abrazadera o un soporte de cadena que mantenga el recipiente en su lugar de preferencia, las ruedas de estas carretillas deben ser de hule.

El levantamiento con grúa no es recomendable. Si es necesario levantarlos utilice siempre una mordaza o una malla portadora. Nunca se levanten cilindros de cloro mediante imán, cuerdas o cabrestillos.

Evítese levantar o bajar cilindros atados a la capa o capuchón protector de la válvula, ya que la rosca de este no está diseñada para soportar el peso del recipiente, así mismo, no se deje caer, ni se golpee con otros.

5.6 CARRO PLATAFORMA:

Las plataformas con placas de acero ofrecen algunas ventajas sobre los pisos de madera de camiones o trailers, tales como resistencia a la pudrición, reducción de riesgos de incendios y mantenimiento. En estas plataformas el espesor del piso debe ser de 5/16” como mínimo.

Las plataformas con piso de madera deberán ser de ¼” de espesor como mínimo, siendo lo ideal de 1 ¾”, las ventajas de este material es que no presentan peligro para el manejo que existe con pisos de aceros húmedos.

5.7 MAMPARAS O MUROS:

Para la mejor sujeción en mamparas o muros de contención de los vehículos utilizados para el traslado de cilindros, se utilizan anillos de acero con cerramientos a través de los lados, fijándolos en dos niveles: uno de 15” y el otro en 36 o 55” con respecto al piso.

5.8 MAMPARAS RANURADAS O MUESCADAS:

Rieles logísticos (pared ranurada o pared “Z”), son ampliamente usadas con cinturones patentados como parte del sistema de contención y rieles con niveles de 15”, 36 o 55”, con respecto al piso de los camiones, podrán ser instalados y asegurados a elementos estructurales de las paredes del camión.

5.9 CONFINAMIENTO DE CILINDROS EN CAMIONES O TRAILERS:

El método recomendado de contener cilindros de cloro en camiones o trailers, es emplear barras de carga (con una logística de sistemas de rieles) o correas de nylon (con rieles o anillos a las paredes), las barras de carga de cilindros consiste en un suficiente número para llenar el camión o plataforma.

Correas de nylon pueden ser utilizadas para este método, siempre y cuando sean de 3000lbs. De valor de prueba de ruptura; son recomendados para agrupar alojamientos de este tipo con cilindros de cloro en un camión o tráiler; una llave de trinquete es el método preferido para apretar las correas.

La palatización de cilindros ofrece seguridad. Asegura el método de transporte de estos. Este método solamente es recomendable si se tiene en la planta y si en donde va descargar el transportista cuenta con equipo monta cargas.

Es bien recomendable la sugerencia al transportista de conducir su vehículo a velocidades moderadas, evitando a la vez el transporte simultaneo de otras sustancias químicas o de otra índole con el transporte de cilindros de gas cloro.

Otra recomendación es nunca transportar un cilindro con fuga por zonas pobladas (en caso de ser necesario), se debe transportar el cilindro por zonas deshabitadas.

5.10 TRANSPORTE DE CILINDROS DE 907Kg

Estos cilindros deberán ser transportados en carros o trailers plataforma tendidos en forma horizontal y siempre previniendo que las válvulas del cilindro queden de manera vertical, es recomendable analizar nuevamente los puntos descritos en los cilindros de 68Kg en cuanto a seguridad se refiere:

Aplicación de KITS de emergencia, (en este caso “B”)

Guía de seguridad del cloro.

Agenda telefónica de emergencia (para cuando vaya en tránsito).

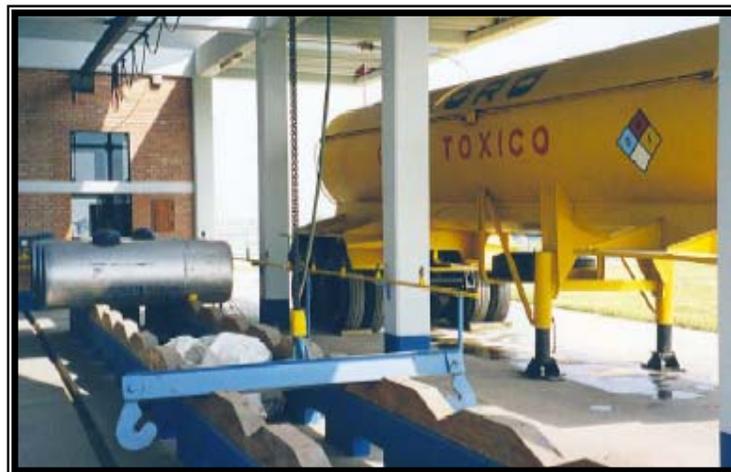


Figura 62. Transportación de plataforma horizontal de cloro ³⁷



Que conozca planes de emergencia (evaluación de zonas, extinción de fuegos).

Equipo de seguridad personal canister y/o autónomo.

Debido a la Tara de estos cilindros (682Kg aproximadamente, y a la capacidad de carga (907Kg), estos cilindros deben manejarse con mucha precaución.

Los carros plataforma deberán estar provistos de cuñas individuales sobre los cuales se asienta firmemente el cilindro., así mismo es necesario que posean redilas laterales que eviten un deslizamiento así, en los extremos proa-popa del carro deberán tener estructura de soporte, de cadenas con la presión suficiente para evitar que un cilindro se salga por la parte superior durante el transporte en caso de volcadura del vehículo. Es también recomendable usar plataformas con placas de acero, ya que estas ofrecen ventajas sobre las plataformas de piso de madera (descritas en cilindros de 67Kg).

La necesidad de rodar los cilindros a la cama trasera de la plataforma, deben prever el uso de cuña o calzas fijas para cada contenedor. El método recomendado para transitar es usar cadenas 83/8” de 35000lb (para prueba a la ruptura) con bloques al frente y atrás.

No más de seis contenedores podrán ser asegurados con un juego de cadenas, cuñas o cazos de madera de 4” x 4”, podrán ser situados en cada contenedor como una medida adicional de seguridad, la mampara o barrera frontal podrá ser reforzada.

Los cilindros que sean transportados, deben estar asegurados con topes para evitar que se rueden. Otra sujeción efectiva, es juntando a los contenedores en los ribetes con una abrazadera tipo “de gota” de 8”. También evita que estos rueden y es otra práctica recomendada.

Hay un sin número de trailers o carros de plataforma operados por envasadores de cloro, los cuales tienen la capacidad semiautomática de cargar y descargar los



contenedores con equipo montado en la cama del tráiler, aguilones telescópicos hidráulicos, aguilones viajeros en el extremo con mono-riel y cadena de izamiento.

El método preferido de la seguridad de los contenedores es este tipo de equipo, con arcos de protección individuales y dispositivos de cierre. Otros métodos incluyen el uso de calzos estacionarios individuales, cadenas de 3/8” (pruebas 35000lb de ruptura al esfuerzo), con ligadores de carga para asegurar los cilindros a la plataforma del camión. El máximo sugerido son 6 contenedores para ser asegurados con un juego de estas cadenas.

En la carga y descarga de estos contenedores, el uso del malacate eléctrico, es frecuente por los transportistas

Extremos cuidados deben ser ejercidos cuando operen camiones con estos implementos para el servicio citado, entre las consideraciones que se deben tomar en cuenta, están las siguientes:

- Restricciones de giro en la horquilla
- 4000lb mínimas de capacidad de izamiento
- Cambiadores laterales para las horquillas
- Usarse siempre en superficies lisas
- Evitar apresuramientos
- Evitar giros bruscos
- Apropiaada separación de las horquillas

5.11 CALCES NEUMÁTICOS

Es importante que todo cilindro lleno o vacío, en el transporte lleve su capuchón adecuadamente instalado, tapones cachuchas de sus válvulas y estado físico libre de ataque químico o corrosivo. También es importante que el carro plataforma dedicado a este transporte de cilindros de cloro, no traslade contenedores que contengan otras sustancias, dígame gasolina, solventes y otros hidrocarburos y aceites.

Al igual que los cilindros de 68kg, es recomendable la sugerencia al transportista (chofer), de conducir su vehículo a velocidades moderadas y en estado sobrio. Nunca un cilindro con fugas en zonas pobladas, transporte el cilindro en zonas deshabitadas, y en resumen, recuerde que cuando manejamos gas cloro, debemos tomar en consideración lo siguiente:

- Entender riesgos
- Reconocer peligro
- Conocer las reglas
- Seguir al pie de letra las reglas

Efectuar el transporte de cilindros contenedores de gas cloro sin seguir estas recomendaciones, pueden ser de fatales consecuencias.



6. RECOMENDACIONES



6.1 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL MANEJO DEL GAS CLORO

Siempre que sea posible, nadie debe reparar un derrame de cloro a solas.

- Usar protección respiratoria con un aparato de respiración positiva (respirador de aire autónomo)
- Localizar el escape utilizando una botella con amoníaco, ya que este reacciona con el cloro formando una nube blanca (Cloruro de Amoníaco)
- Se debe colocar el cilindro con la parte dañada hacia arriba
- Haga las reparaciones que sean necesarias
- Efectué una prueba para evitar que el escape haya sido tapado

Asegúrese de que el cloro en el cilindro sea utilizado o absorbido por otros químicos lo mas pronto posible. Después de que el dispositivo sea quitado del cilindro, todas sus partes de metal deben ser limpiadas, secadas y cubiertas con una capa leve de aceite siliconado.

6.2 RESPONSABILIDADES DE LOS EMPLEADOS

Cada empleado deberá estar consciente de los peligros que para su salud entraña el trabajador con cloro. Así como de la mejor manera de reducirlos formando las debidas precauciones y observando las medidas de seguridad. Además el empleado deberá:

- Evitar el contacto de piel y ojos con el cloro
- Saber donde y en que lugares se conserva el equipo de emergencia y como utilizarlo

- Conocer a fondo su trabajo, su equipo y lo que tiene que hacer en el caso de una emergencia

Estar preparado para asistir a otros trabajadores cercanos a él en caso de emergencia. Asegurarse del debido funcionamiento de los sistemas de ventilación durante los períodos de trabajo. Informar a su superior sobre cualquier cosa extraordinaria que advierta en el manejo y uso del gas cloro o líquido en su zona.

6.3 PRIMEROS AUXILIOS

No se convierta usted mismo en una complicación.

La atención inmediata es esencial.

Remueva a la persona expuesta.

Quite cualquier ropa contaminada y lave las partes contaminadas del cuerpo.

No se suministra nada por vía oral a un paciente inconsciente.

Llame a un médico tan pronto sea posible.



Figura 63. Primeros auxilios³⁵

6.3.1 INHALACIÓN DE GAS CLORO.

“SI LA RESPIRACIÓN HA CESADO “

Lleve al paciente al aire fresco.

Inicie inmediatamente la respiración artificial. Como se muestra en la figura 64.

Administre oxígeno humidificado tan pronto sea posible.



Figura 64. Respiración artificial ³⁸

6.3.2 SI LA RESPIRACIÓN NO HA CESADO

Coloque al paciente en una posición confortable. Como se muestra en la figura 65.

Obligie al paciente a respirar regular, profunda y lentamente.

Personal capacitado debe administrar oxígeno humidificado tan pronto como sea posible.

Suministre cualesquiera otros primeros auxilios necesarios.



Figura 65. Posición confortable ³⁹

6.3.3 CONTACTO EN LOS OJOS CON CLORO LÍQUIDO

Enjuague los ojos inmediatamente con cantidades copiosas de agua corriente por 15 minutos. Como se muestra en la figura 66.

Lave vigorosamente los párpados para asegurar una irrigación completa de todo el ojo y tejido de los párpados.

No intente ningún tipo de neutralización química.

Se requiere la intervención de un medico.



Figura 66. Lavaojos ⁴⁰

CONTACTO DE CLORO LÍQUIDO CON LA PIEL

Use la regadera de emergencia quitándose las prendas en el baño. Como se muestra en la figura 67.

Lave bien con cantidades copiosas de agua y jabón al menos durante 15 minutos.

No aplique grasa al menos que esto sea prescrito por un médico.



Figura 67.
Regadera de
emergencia ⁴¹



COMENTARIOS.



El cloro, como otros elementos, tiene ciertos riesgos que la industria asume y actúa consecuentemente, reduciéndolos al mínimo Pero también proporciona beneficios. El balance riesgo/beneficio de la industria del cloro es claramente positivo:

Protege nuestra salud

Protege los alimentos

Proporciona bienestar y calidad de vida

El impacto sobre el medio ambiente es mínimo

Es una de las industrias que mas se preocupa en seguridad

Es necesario e insustituible en muchos casos

Genera riqueza y empleo

La química del cloro es uno de los pilares para el desarrollo sostenible y , por tanto, es útil y beneficioso para la humanidad.

La información presentada aquí, se basa en nuestro estado actual de conocimiento y pretende describir el producto desde el punto de vista de los requisitos para el manejo seguro podría resultar insuficiente a las circunstancias de algún caso particular



ANEXO 1

Normas y recomendaciones complementarias de la instrucción

Se recogen, a título informativo, las disposiciones, normas y recomendaciones internacionales que complementan las presentes ITC.

Códigos de construcción:

ASME VIII.

CODAP.

ADMERKBLATTER.

Código Español de Recipientes y Aparatos a Presión.

Normas de recepción de materiales:

ISO R 404-1964.

EURONORM 21-62.

Recomendaciones del Grupo Almacenamiento, Seguridad y Transporte (GEST) de EUROCHLOR.

GEST. 72/10 Almacenamiento de cloro líquido a presión.

GEST. 73/25 Transporte de cloro por tuberías (Cloroductos).

GEST. 74/31 Isocontenedores-cisterna para el transporte de cloro líquido a presión.

GEST. 76/55 Contenidos máximos admisibles de tricloruro de nitrógeno cloro líquido.

GEST. 78/73 Estaciones de descarga de camiones-cisterna, vagones-cisterna e isocontenedores de cloro líquido.

GEST. 78/74 Estaciones de carga de camiones-cisterna, vagones-cisterna e isocontenedores de cloro líquido.

GEST. 79/76 Vehículos-cisterna (carretera) para el transporte de cloro líquido a presión.

GEST. 75/47 Evaporadores de cloro.

GEST. 76/52 Instalaciones para el tratamiento de los efluentes gaseosos que contienen cloro.

GEST. 79/81 Tuberías para cloro líquido.

GEST. 80/84 Código de buena práctica para la puesta en servicio de instalaciones de cloro seco.

GEST. 80/85 Código de buena práctica para el montaje, desmontaje y mantenimiento de válvulas de cloro de accionamiento manual.

GEST. 81/99 Comunicación: Tricloruro de Nitrógeno en el Seminario 11.12.81 París, sobre Manejo de Cloro y Seguridad.

GEST. 75/44 Brazos de trasvase para cloro en fase líquida y fase gas.

GEST. 75/45 Tuberías flexibles en monel para el trasvase de cloro en fase líquida y en fase gas.

GEST. 76/60 Válvulas de apertura vertical para cloro líquido.

GEST. 76/64 Válvulas de seguridad para cloro líquido o cloro gas seco.

GEST. 79/80 Válvulas automáticas en línea, todo o nada y de accionamiento a distancia para cloro líquido.

GEST. 79/82 Elección de materiales para utilizar con cloro.

GEST. 83/119 Bombas encapsuladas para cloro líquido.

GEST. 85/125 Tornillería para cloro líquido.

GEST. 88/138 Pequeños contenedores para cloro. Construcción y manipulación.

GEST. 89/140 Especificación para válvulas de asiento embridadas de acero, con fuelle, para uso con cloro líquido.

GEST. 90/150 Especificación para válvulas de asiento embridadas de acero, con empaquetadura, para uso con cloro líquido.

GEST. 92/169 Líneas maestras para el almacenamiento y uso seguro del cloro.

GEST. 92/171 Equipo de protección personal para uso con cloro.

GEST. 93/178 Intervención en caso de emergencia de cloro.



ANEXO 2



HOJA DE SEGURIDAD HIPOCLORITO DE SODIO

FORMULA: NaClO

COMPOSICION: Na: 13.97%; O: 58.35% y Cl: 21.55%

PESO MOLECULAR: 164.53 g mol^{-1}

GENERALIDADES

Es un sólido cristalino blanco muy inestable, por lo que es mas utilizado en disoluciones acuosas, las cuales poseen olor a cloro. Se descomponen con el CO₂ del aire. Se usa como blanqueador de productos textiles y pulpa de papel, para purificar agua y para preparar otros productos químicos, entre otros usos.

Es corrosivo del aluminio.

El hipoclorito de Sodio pentahidratado se obtiene a partir del Hidróxido de Sodio y cloro en presencia de agua. El producto anhidro se obtiene al secarlo congelado, al vacío y sobre ácido sulfúrico concentrado, pero es explosivo. Existen disoluciones acuosas de este producto que se conocen, comercialmente, con los siguientes nombres:

Antiformin: es una disolución acuosa muy alcalina. En 100ml de disolución hay 5.68g de cloro activo, 7.8g de NaOH y 32g de Na₂CO₃. Se usa como germicida desinfectante y desodorante.

Su color es levemente amarillo y con un olor muy ligero a cloro. La densidad a 19° C (respecto al agua a 4° C) no debe ser mayor a 1.025 y no debe producir color rojo con fenolftaleína. Tiene usos antisépticos en veterinaria.

NÚMEROS DE IDENTIFICACIÓN

Disolución acuosa y sólido:



CAS: 7681-52-9 (disolución acuosa) UN: 1971

NIOSH: NH 3486300 STCC: 4944143

NOAA: 4503 (disolución acuosa) RTECS: NH34863009074 (sólido)

NOM 114: Salud: 1 Reactividad: 0 Fuego: 0

HAZCHEM CODE: 2R El producto esta incluido en: CERCLA

MARCAJE: SUSTANCIA CORROSIVA

SINONIMOS:

- SAL DE SODIO DEL ACIDO HIPOCLOROSO
- OXIDO DE CLORURO DE SODIO
- OXICLORURO DE SODIO

En inglés:

ANTIFORMIN	B-K LIQUID
CARREL-DAKIN SOLUTION	CHLOROS
CHLOROX	CLOROX
DAKIN'S SOLUTION	DEOSAN
HYCLORITE	HYPOCHLOROUS ACID, SODIUM SALT
JAVEX	KLOROCIN
MILTON	MODIFIED DAKIN'S SOLUTION
NEO-CLEANER	NEOSEPTAL CL
PAROZONE	PURIN B
SODIUM CHLORIDE OXIDE	SODIUM HYPOCHLORITE
SODIUM OXYCHLORIDE	SURCHLOR

PROPIEDADES FISICAS

Punto de ebullición: se descompone.

Punto de fusión: 18°C.

Solubilidad: soluble en agua.

Solubilidad del $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 29.3 g/100 ml de H_2O a 0°C.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Se desprende Cloro como producto de descomposición por calentamiento. Es producto reacciona violentamente con sales de amonio, metanol, aziridina y fenilacetnitrilo. Por otra parte, forma N-cloraminas, inestables y explosivas con aminas primarias alifáticas y aromáticas y etilemina. Se usa para eliminar ácido fórmico de desechos industriales, pero debe hacerse a temperaturas menores de 55°C pues las mezclas son explosivas arriba de esta temperatura. Sus disoluciones acuosas generan gases tóxicos al entrar en contacto con ácidos. En general es incompatible con ácidos fuertes, aminas y amoniaco.

NIVELES DE TOXICIDAD

RQ: 100 Irritación en conejos (ojos): 10 mg moderada.

MANEJO

Equipo de protección personal para manejo de este producto es necesario utilizar basta, lentes de seguridad, guantes de hule y, si la cantidad involucrada es muy grande, un respirador y botas. Para trasvasar pequeñas cantidades debe usarse pipeta, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

RIESGOS

Riesgos de fuego y explosión es un producto no inflamable, sin embargo puede provocar fuego en contacto con material orgánico. Además puede generar gases tóxicos (como cloro) cuando se calienta. Puede generar explosivos con aminas. Almacenar en lugares fríos, oscuros y alejados de materiales combustibles.

Riesgos a la salud este producto es extremadamente destructivo de las membranas, del tracto respiratorio superior, ojos y piel. Es peligroso si se ingiere o se respiran sus vapores y puede absorberse a través de la piel. Los primeros síntomas de intoxicación son: sensación de quemado, tos, dolor de garganta, dificultad al respirar, náuseas y vómito.

Inhalación: Puede provocar tos y después la irritación de los bronquios y su inflamación, lo mismo que a la laringe, produciendo neumonitis química y edema pulmonar.

Contacto con los ojos: Los irrita.

Contacto con la piel: Puede irritarla si el contacto es constante.

Ingestión: Es irritante de las membranas mucosas, por lo que produce quemaduras en la boca. Además provoca dolor estomacal, náuseas, vómito, delirio y coma. Al ingerir disoluciones concentradas se pueden generar perforaciones en el estómago y esófago. En casos de suicidio por ingestión de este producto se ha encontrado que produce necrosis y hemorragia del tracto digestivo inferior, además de edema y enfisema pulmonar y metahemoglobinemia.

Carcinogenicidad: No existe información al respecto con una certeza apropiada para afirmar este mal.

Mutagenicidad: No se han presentado casos de mutación en ensayos con Salmonella, sin embargo se han obtenido resultados positivos con cierto tipo de E.coli. wn células humanas se ha encontrado que produce intercambio de cromátidas humanas, pero no, ruptura de cromosomas.



Peligros reproductivos: No existe información al respecto.

ACCIONES DE EMERGENCIA

Primeros auxilios:

Inhalación: Trasladar a la víctima a un área bien ventilada. Si se encuentra inconsciente, proporcionar respiración artificial. Si se encuentra consciente, sentarla y proporcionarle oxígeno.

Oídos: Lavarlos con agua corriente por lo menos durante 15 minutos, asegurándose de abrir bien los párpados.

Piel: Eliminar la ropa contaminada si es necesario. Lavar el área afectada con agua y jabón.

Ingestión: No inducir el vómito. Si se encuentra consciente dar a beber agua inmediatamente y después, una taza cada 10 minutos. Si se encuentra inconsciente tratar como en el caso de inhalación.

*“EN TODOS LOS CASOS DE EXPOSICION, EL PACIENTE DEBE SER
TRANSPORTADO AL HOSPITAL TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE”*

Control de fuego el extinguidor a usar en los incendios en los que esta involucrado este producto será de polvo químico seco. Por otra parte también dependerá del material que arde, ya que las disoluciones de este producto no lo hacen. Enfriar con agua los contenedores afectados con el fuego. Debe recordarse que este producto genera, por calentamiento, cloro el cual es muy peligroso.

Fugas y derrames portar el equipo de seguridad adecuado como bata, guantes, lentes de seguridad, botas, y dependiendo de la cantidad derramada, equipo autónomo e respiración. Evacuar y ventilar el área. Mantener el material alejado de fuentes de agua y drenajes. Para lo cual deben construirse diques usando tierra, bolsas con arena o espuma de poliuretano.



El líquido derramado puede absorberse con cemento en polvo y después neutralizarlo con óxido o carbonato de calcio, o bien, bicarbonato de sodio. Si el derrame es grande y en un área cerrada, puede cubrirse con un agente reductor como metabisulfito de sodio, tiosulfato de sodio o sales ferrosas. Se mezclan los compuestos y se rocían con agua. No debe usarse carbón o azufre. Si el derrame es en el agua, neutralizar con los mismos productos mencionados anteriormente.

Desechos puede usarse metabisulfito de sodio, tiosulfato de sodio o mezclas sulfito/sales ferrosas en presencia de H_2SO_4 . La mezcla por desechar se acidula hasta pH de 2, agregando lentamente y con agitación, H_2SO_4 diluido. Después se agrega una disolución al 50% de bisulfito de sodio con agitación, un incremento de la temperatura indica que la reacción se está llevando a cabo. En caso de que esto no suceda, agregar poco a poco más ácido. Después se diluye y se neutraliza con óxido de calcio. La disolución resultante puede eliminarse al drenaje, diluyendo con agua.

ALMACENAMIENTO

Debe almacenarse en recipientes bien cerrados en lugares secos, fríos y bien ventilados.

REQUISITOS DE TRANSPORTE Y EMPAQUE

Transportación terrestre:

Marcaje: 1791

Sustancia corrosiva

Código HAZCHEM: 2R

Transportación aérea:

Código ICAO/IATA: 1719

Clase: 8



Marcaje: Corrosivo

Cantidad máxima permitida en vuelos comerciales:

Disolución conteniendo 5-16% de cloro disponible: 5L

Disolución conteniendo más de 16% de cloro disponible: 1L

Cantidad máxima permitida en vuelos de carga:

Disolución conteniendo 5-16% de cloro disponible: 60L

Disolución conteniendo más de 16% de cloro disponible: 30L

Transportación marítima:

Código IMDG: 8177

Clase: 8

Marcaje: Corrosivo



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gribble G. W.: The Diversity of Natural Organochlorines in Living Organisms (Febrero 1995).
2. G.W. Gribble: Naturally Occurring Organohalogen Compounds - A Survey. J. Nat. Prod.55 No.10 (1992) p. 1353-1395.
3. Gron Christian (Riso National Laboratory, Dinamarca): Natural Organochlorines in Groundwater (Febrero 1995).
4. http://www.amiclor.org/opciones/info_clor.shtml
(15 de diciembre de 2008)
5. <http://www.cloroval.cl/index.php?id=38>
(15 de diciembre de 2008)
6. <http://www.ping.be/~ping5859/Es/CloroWorld.Es.html>
(15 de diciembre de 2008)
7. Ed W. de Leer, Eddo Hoekstra (TNO): The Natural Chlorine Cycle. Simposio "El Cloro y la Vida", 24/10/94 en la Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
8. <http://www.lenntech.com/espanol/Desinfeccion-del-agua/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm>
(10 de enero de 2009)
9. http://www.telecable.es/personales/albatros1/quimica/industria/metano_scl.html
(10 de enero de 2009)
10. <http://www.ping.be/~ping5859/Es/CloroWorld.Es.html>
(10 de enero de 2009)
11. <http://www.ping.be/~ping5859/Es/CloroWorld.Es.html>
(10 de enero de 2009)
12. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
(10 de enero de 2009)
13. <http://www.cloro.info/index.asp?page=634>
(20 de febrero de 2009)
14. <http://www.hidritec.com/doc-cloro.htm>
(20 de febrero de 2009)

15. http://www.amiclor.org/opciones/info_pvc.shtml#aplicmedi
(20 de febrero de 2009)
16. <http://www.galeon.com/ambiente2002/document/agua/cloro1.htm#cloro6>
(5 de marzo de 2009)
17. <http://www.quimica.urv.es/~w3siiiq/DALUMNES/01/siiiq36/UtilyDerv.html>
(5 de marzo de 2009)
18. <http://www.galeon.com/ambiente2002/document/agua/cloro1.htm#cloro6>
(5 de marzo de 2009)
19. <http://www.esemag.com/0905/petrolia.html>
(15 marzo de 2009)
20. <http://www.apici.es/download/legislacion/ITCMIEAPQ3.pdf>
(15 marzo de 2009)
21. <http://www.apici.es/download/legislacion/ITCMIEAPQ3.pdf>
(15 marzo de 2009)
22. <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/seis.pdf>
(15 marzo de 2009)
23. Arboleda Valencia, J. (1987) “Estaciones de cloración”, capítulo VIII del *Manual de desinfección del agua. Memorias del Seminario Internacional sobre Tecnología Simplificada para Potabilización del Agua. Cali, ACODAL*
24. (2) Canepa de Vargas, L. Estudios y fotos de archivo. Lima, CEPIS/OPS, 2004
25. Rodríguez Araya, V (1992). Manual V, Diseño. Tomo IV, “Criterios de diseño para estaciones de cloración”. Programa Regional HPE/CEPIS/OPS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, CEPIS.
26. Pacheco, V. (1992). Manual III Teoría. Tomo IV, “Desinfección”. Programa Regional HPE/CEPIS/OPS de Mejoramiento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, CEPIS.
27. http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/carretilla-65570-_31.html
(25 de marzo de 2009)
28. Peña Díaz, A. (1984). “Criterios generales para el diseño de sistemas de cloración”. Copias del Curso Internacional CEPIS/OPS de Procesos Unitarios y Anteproyectos de Plantas Potabilizadoras. Guadalajara.

29. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (1998).
Optimización de la producción de plantas de tratamiento de agua mediante el Programa de Corrección Compuesto. Lima, CEPIS
30. Di Bernardo, L. (1993). Métodos y técnicas de tratamiento de agua.
Vol. II. Río de Janeiro, ABES.
31. Normas Brasileñas. Projeto de Estacão de Tratamento de Água para Abastecimiento Público. Procedimiento NB-592 JAN/1987.
32. http://www.draeger.com/ST/internet/pdf/ES/es/Catalog_industria_distribuidores07.pdf
(26 de marzo de 2009)
33. http://www.iztacala.unam.mx/www_fesi/proteccioncivil/higieneysseguridad/memorias_emerg_quim/martes/7protecc.pdf
(25 de marzo de 2009)
34. http://www.iztacala.unam.mx/www_fesi/proteccioncivil/higieneysseguridad/memorias_emerg_quim/martes/7protecc.pdf
(25 de marzo de 2009)
35. http://www.sct.gob.mx/fileadmin/normatividad/transporte_ferroviano/8Reg._para_el_transporte_terrestre_de_materiales_y_residuos_p.pdf
(25 de marzo de 2009)
36. <http://www.monografias.com/trabajos6/hose/hose.shtml>
(25 de marzo de 2009)
37. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo3.pdf>
(25 de marzo de 2009)
38. www.geocities.com/Area51/Hollow/6137/7rcp.gif
(25 de marzo de 2009)
39. <http://www.sccp.org.co/Archivo/rccp.htm>
(27 de marzo de 2009)
40. <http://www.uamericas.cl/carreras-2009/facultad-de-ciencias-agropecuarias-y-ambientales/medicina-veterinaria/diurno/752>
(27 de marzo de 2009)



41. <http://www.directindustry.es/cat/equipos-de-seguridad/sistemas-de-descontaminacion- Duchas-lava-ojos-K-488.html>
(27 de marzo de 2009)
42. http://www.umm.edu/esp_imagepages/17065.htm
(27 de marzo de 2009)
43. http://www10.gencat.net/ti_normativa/pls/normaweb/Normativa_Tict.download?p_file=F30797/04ES05_ITC_MIE_APQ_003.PDF
(27 de marzo de 2009)
44. http://www.sct.gob.mx/fileadmin/normatividad/transporte_terrestre/6RTTMRP.pdf (10 de abril de 2009)
45. http://www.belt.es/legislacion/vigente/seg_ind/prl/higiene/cont_quim/general/itc_mie_apq1.pdf (10 de abril de 2009)