

CAPÍTULO 8. DESINFECCIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DEFINICIÓN	1
1.2. ASPECTOS GENERALES	1
2. DESINFECCIÓN CON CLORO Y SUS DERIVADOS	3
2.1. ASPECTOS GENERALES	3
2.1.1. <i>Tipo de Compuesto a Utilizar</i>	5
2.2. USO DE CILINDROS DE CLORO LÍQUIDO	5
2.2.1. <i>Tipo de Envases y Forma de Alimentación</i>	5
2.2.2. <i>Cantidad de Cilindros en Servicio</i>	7
2.2.3. <i>Área de Almacenamiento</i>	7
2.2.4. <i>Zona de Dosificación</i>	9
2.2.5. <i>Equipos de Seguridad</i>	13
2.2.6. <i>Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas de Gas Cloro y Derrame de Cloro Líquido</i>	14
2.3. USO DE HIPOCLORITOS	14
2.3.1. <i>Área de Almacenamiento</i>	14
2.3.2. <i>Conducciones</i>	15
2.3.3. <i>Zona de Dosificación</i>	15
2.3.4. <i>Sistemas de Seguridad</i>	16
2.3.5. <i>Sistema de Contención de Derrames</i>	16
2.4. PREVISIONES PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD Y CONFIABILIDAD DE LA CLORACIÓN	17
2.5. ZONA DE MEZCLA Y DIFUSIÓN DEL DESINFECTANTE	18
2.6. CÁMARA DE CONTACTO	18
2.7. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE CLORACIÓN	19
3. DESINFECCIÓN CON DIÓXIDO DE CLORO	21
3.1. ASPECTOS GENERALES	21
3.1.1. <i>Zona de Almacenamiento</i>	21

3.1.2. Zona de Generación de Dióxido de Cloro	23
3.1.3. Zona de Dosificación.....	24
3.1.4. Equipos de Seguridad.....	25
3.1.5. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames de Materias Primas y Desinfectante	25
3.1.6. Previsiones para Garantizar la Continuidad y Confiabilidad de la Desinfección	25
3.1.7. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante.....	26
3.1.8. Cámara de Contacto.....	26
3.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE DESINFECCIÓN CON DIÓXIDO DE CLORO.....	26
4. DESINFECCIÓN CON OZONO	27
4.1. ASPECTOS GENERALES	27
4.1.1. Zona de Almacenamiento	27
4.1.2. Zona de Generación de Ozono.....	28
4.1.3. Contactor.....	28
4.1.4. Sistema de Destrucción del Exceso de Ozono.....	29
4.1.5. Aplicación del Desinfectante Final	29
4.1.5.1. Zona de Dosificación	29
4.1.5.2. Equipos de Seguridad.....	29
4.1.5.3. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames del Desinfectante Final (cloro o sus derivados)	29
4.1.5.4. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante Final.....	29
4.1.5.5. Cámara de Contacto para la Desinfección Final	30
4.1.6. Previsiones para Garantizar la Continuidad de la Ozonización y Desinfección Final	30
4.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE OZONACIÓN	30
5. DESINFECCIÓN CON RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.....	31
5.1. ASPECTOS GENERALES	31
5.1.1. Requerimiento de Energía	31
5.1.2. Zona de Almacenamiento	32
5.1.3. Zona de Dosificación.....	32
5.1.3.1. Equipos de medición y control	32
5.1.3.2. Requisitos de instalación	33
5.1.4. Equipos de Seguridad.....	33
5.1.4.1. Alarmas	33
5.1.4.2. Elementos de seguridad	34
5.1.4.3. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames del Desinfectante Final	34
5.1.5. Previsiones para Garantizar la Continuidad de la Desinfección con Radiación Ultravioleta y el Desinfectante Final	34
5.1.6. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante Final	35
5.1.7. Reactor.....	35
5.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE DESINFECCIÓN CON RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	35

LISTA DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Tipos de dosificadores de cloro	10
Tabla 2. Sistemas dosadores de soluciones de hipoclorito	16

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN

A los efectos de esta Norma la desinfección se define como el proceso mediante el cual:

- Se destruyen la gran mayoría, sino todos, los agentes patógenos presentes en el agua.
- Se mantiene una barrera protectora contra la posible recontaminación del agua tratada por agentes patógenos que pudieran ingresar al sistema de distribución.
- Se impide el posible ulterior crecimiento microbiológico en el sistema de distribución.

1.2. ASPECTOS GENERALES

- 1). Todos los sistemas de abastecimiento de agua potable, tengan o no planta potabilizadora deben incluir una o más etapas de desinfección del agua que permitan garantizar que el consumidor recibe, en todo momento, agua microbiológicamente apta para el consumo humano, entendiéndose como tal el agua para bebida, higiene personal y doméstica de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 3 de estas Normas.
- 2). Los sistemas de desinfección deben instalarse:
 - En cada una de las instalaciones de captación de aguas superficiales o subterráneas cuando no exista una planta potabilizadora.
 - En distintas etapas del tratamiento de potabilización, según los requerimientos de los procesos.
 - Como etapa final del proceso de potabilización.
 - En las conducciones y redes, cuando las distancias y condiciones de las instalaciones y de la operación lo hagan necesario.
- 3). La desinfección del agua se puede realizar con los siguientes productos o procesos:
 - Cloro gaseoso.
 - Soluciones de Hipoclorito.
 - Dióxido de cloro.
 - Ozono.
 - Radiación Ultravioleta.

La selección del desinfectante más apropiado se debe realizar en base a las características fisicoquímicas y biológicas del agua, a los otros procesos de tratamiento a los que se someta el agua, a las normativas vigentes sobre la calidad del agua potable, especialmente con respecto a los parámetros microbiológicos y subproductos de la desinfección, a aspectos relacionados con la seguridad y a aspectos económicos.

- 4). De optarse por aquellos agentes o procesos desinfectantes que no producen un efecto residual, se debe incluir una etapa final de desinfección con uno de los agentes que sí lo producen, a menos que el proyectista demuestre, a satisfacción del ENOHSA, que la ausencia de desinfectante residual en el sistema de distribución no representa un riesgo inaceptable de deterioro de la calidad microbiológica del agua potable y, en consecuencia, un riesgo para la salud del consumidor.
- 5). El proyectista puede proponer otros productos o procesos de desinfección, siempre que los mismos hayan demostrado ser, en la práctica, en el país o en el extranjero, tan eficientes y seguros como los que se describen en esta Norma y se acompañe la correspondiente justificación.
- 6). En aquellos casos en que se opte por otro agente o proceso de desinfección que no sean el cloro o los hipocloritos, el proyectista debe demostrar no sólo la confiabilidad de la provisión local del producto y de los equipos para su aplicación, o de la/s materia/s prima/s y equipos para la producción de aquellos que deban generarse en la misma planta de tratamiento, sino también que, si los equipos son de fabricación nacional, se cuenta con disponibilidad, en tiempo y forma de repuestos y servicio posventa, o si son importados que se cuenta con un distribuidor oficial con responsabilidad sobre el servicio posventa y provisión de repuestos. Tanto el servicio posventa como la provisión de repuestos deben ser garantizados por el fabricante o representante para todo el período de vida útil que ellos aseguraron para sus equipos. En ambos casos el proveedor debe acreditar suficiente experiencia que asegure el adecuado funcionamiento y eficiencia de los equipos que se prevé instalar y la calidad y características de los materiales e insumos.
- 7). Los sistemas de desinfección deben ser, preferentemente, de operación automática (comando y regulación), siempre que los sistemas de automatización hidráulicos o mecánicos sean simples, fiables y puedan ser fácil y rápidamente reparados localmente. Tanto en este caso como en los de operación manual, el proyectista debe prever todos los sistemas o mecanismos necesarios para garantizar la continuidad del proceso de desinfección en casos de cortes de energía o falla en alguno de los equipos que integran el sistema. Para ello se debe prever una fuente alternativa de energía o un grupo electrógeno, y equipo o sistemas de dosificación (del mismo tipo o de accionamiento manual) y bombas de repuesto para reemplazar los que salgan de servicio para mantenimiento o reparación. En el caso de que los desinfectantes se generen in-situ (dióxido de cloro, ozono, radiación ultravioleta) y de no ser técnica o económicamente factible contar con equipos de repuesto del mismo tipo, se debe prever otro sistema de desinfección alternativo para los casos de emergencia.

2. DESINFECCIÓN CON CLORO Y SUS DERIVADOS

2.1. ASPECTOS GENERALES

1). Para la selección del tipo de desinfectante a dosificar y de los equipos a utilizar y para el dimensionamiento de las instalaciones se debe conocer en primer lugar:

- El caudal de diseño de la instalación.
- La dosis de desinfectante a aplicar. La dosis de cloro a aplicar debe surgir, únicamente de la determinación experimental de la demanda de cloro del agua a clorar. Como dosis mínima se debe tomar aquella que supera la dosis del punto de quiebre. Caso contrario, se pueden utilizar con aprobación del ENOHSA las dosis máximas y mínimas correspondientes a la práctica típica (por ejemplo Dosis máxima = 3 mg/l, Dosis mínima = 1 mg/l) y de estas se determina la dosis promedio a utilizar para el diseño del sistema de desinfección.

Con estos dos datos se calcula el consumo diario máximo de desinfectante, dato que sirve de base para la selección de los equipos de cloración:

$$C_{max} = D_{max} \cdot Q_{dis} \quad (1)$$

Donde:

C_{max} = consumo diario máximo de desinfectante, en Kg/d

D_{max} = dosis máxima de desinfectante, Kg/m³

Q_{dis} = caudal de diseño, m³/d

- El tiempo de contacto, el que se debe determinar experimentalmente en forma conjunta con la determinación de la dosis.
- 2). Para el diseño y dimensionamiento de la estación de cloración el proyectista debe considerar los siguientes aspectos:
- Tipo de compuesto a dosificar: cloro líquido a presión o hipocloritos.
 - Zona de almacenamiento: tipo de envases, cantidad de producto a almacenar, forma de alimentación, consumo de desinfectante, dimensiones del área de almacenamiento de los mismos. Requisitos para las instalaciones: espacio, ventilación, iluminación, calefacción, materiales de construcción.
 - Zona de dosificación: equipos de medición y control. Requisitos del inyector (suministro de agua, equipos de bombeo). Requisitos para las instalaciones (espacio, ventilación, iluminación, calefacción, materiales).
 - Equipos de seguridad: alarmas, elementos de seguridad (protección personal, equipos de reparación de fugas).
 - Sistema de contención y tratamiento de fugas y derrames.

- Previsiones para garantizar la continuidad y confiabilidad de la cloración (provisión de desinfectante, energía eléctrica, equipos de reserva, abastecimiento de agua).
 - Zona de mezcla y difusión del desinfectante.
 - Cámara o zona de contacto.
- 3). En el caso de instalaciones de cloración de plantas potabilizadoras, el proyectista debe considerar, en primer lugar, si en la planta se practica precloración, cloración intermedia, y postcloración, debiendo prever un clorador para cada uno de estos puntos de aplicación. Solo si en algunos de éstos la aplicación de cloro no es continua, se puede utilizar un clorador para más de un punto.
 - 4). Independientemente de los puntos de aplicación, siempre se debe prever un clorador de repuesto. La capacidad de estos cloradores se debe determinar en base a la dosis de diseño a aplicar en cada punto.
 - 5). Se debe prever un sistema para control de la dosis efectivamente agregada, mediante la determinación de cloro residual en la reserva de agua filtrada (agua ya desinfectada).
 - 6). Para determinar la dosis de cloro a agregar, y realizar los ajustes necesarios en los sistemas de dosificación, el proyectista debe prever la colocación de analizadores automáticos de cloro residual en puntos adecuadamente seleccionados (salida de la planta, bajada de tanques, puntos críticos de la red de distribución) o considerar que un operario debe extraer las muestras y efectuar los análisis in-situ, preferentemente con un colorímetro portátil.
 - 7). En el caso de que solamente el caudal de agua a tratar varíe significativamente, el proyectista debe prever un sistema de control automático proporcional al caudal, mientras que si varía la demanda de cloro se debe prever un sistema que regule la dosificación en función de la concentración cloro residual en el agua tratada.
 - 8). En el sistema proporcional al caudal se debe determinar la ubicación del caudalímetro (la que debe ser siempre lo más próxima posible al punto de aplicación del cloro) y diseñar el sistema de transmisión de la señal al receptor del clorador (basándose en las indicaciones del fabricante).
 - 9). En el sistema basado en el nivel de cloro residual, se debe establecer la ubicación del caudalímetro, del analizador automático de cloro residual y del punto de extracción de la muestra y diseñar los sistemas de transmisión de las dos señales al receptor del clorador (sobre la base de las indicaciones del fabricante).
 - 10). El punto de extracción de la muestra se debe ubicar en un punto donde la mezcla esté desarrollada después del difusor u otro dispositivo de mezcla y próximo al analizador de cloro residual. El sistema se debe diseñar de modo de que el tiempo de retardo (tiempo que transcurre entre el momento en que el cloro se agrega al agua y el momento en que llegan las señales del analizador y caudalímetro al clorador) sea, en promedio de alrededor de 2 minutos y no más de 5 minutos.
 - 11). La dosis de cloro se debe ajustar en función del caudal medido en el punto de aplicación del cloro.

2.1.1. Tipo de Compuesto a Utilizar

- 1). La conveniencia de utilizar gas cloro o hipocloritos en la desinfección del agua se debe determinar basándose en el consumo diario máximo de cloro y los resultados del análisis técnico-económico de ambas alternativas.
- 2). Si bien, en general, los hipocloritos se utilizan en plantas pequeñas, cuyo consumo diario no exceda los 1,4 Kg/d, por razones de seguridad, por condiciones locales adversas o por falta de confiabilidad en la provisión de gas cloro, con las justificaciones correspondientes, se puede utilizar estos derivados de cloro aún en plantas de gran tamaño.
- 3). El tipo de hipoclorito a utilizar debe surgir también de una evaluación técnico-económica.
- 4). Si se establece la conveniencia del uso de gas cloro, se debe evaluar técnica y económicamente el tipo de cilindro a utilizar. Esta evaluación debe contemplar el precio del cloro en uno u otro tipo de envase, el costo del transporte, de alquiler de los cilindros (si corresponde), la disponibilidad local de uno u otro tipo de envase, como así también aspectos prácticos sobre su uso e instalaciones. En general, se recomienda utilizar cilindros de 68 Kg cuando el consumo diario máximo es menor de 50 Kg/d, y cilindros de 1 tonelada cuando es igual o mayor de 50 Kg/d.

2.2. USO DE CILINDROS DE CLORO LÍQUIDO

2.2.1. Tipo de Envases y Forma de Alimentación

- 1). Los cilindros de cloro líquido a presión son de acero. Los de 68 Kg están diseñados y contruidos para operar en forma vertical y los de 1 tonelada para hacerlo en forma horizontal, por lo tanto, se los debe almacenar y utilizar en esas posiciones. Los cilindros chicos se deben sujetar con cadenas a la pared y los de 1 tonelada se deben colocar sobre soportes con cuñas para evitar que se vuelquen o desplacen libremente en casos de accidentes (sismos, tornados, etc.).
- 2). En las instalaciones pequeñas o medianas, generalmente se puede extraer el gas cloro de la parte superior de cilindros de 68 Kg.
- 3). En condiciones normales, debe considerarse que la máxima cantidad de gas cloro que se puede extraer de un cilindro de 68 Kg, es 18 Kg/d, y de un cilindro de una tonelada, de 180 Kg/día.
- 4). Para poder disponer de mayor cantidad de cloro gaseoso se deben conectar dos o más cilindros a un manifold para que alimenten simultáneamente al sistema de dosificación.
- 5). En las instalaciones que utilicen cilindros de una tonelada con extracción de la fase gaseosa de los mismos, se debe colocar un filtro-trampa antes del clorador, lo más cerca posible del último cilindro, para evitar que ingresen las impurezas del cloro gaseoso en el sistema de control del clorador.
- 6). Los sistemas de alimentación que utilizan la fase gaseosa de los cilindros, deben estar siempre a menor temperatura que el clorador, para evitar o reducir la posibilidad de relificación del gas cloro en el dosificador. Por ello, según la

temperatura ambiente promedio de la zona donde se debe instalar la estación de cloración, se debe prever un sistema de calefacción para la sala de cloración que permita mantener la temperatura de la misma a 16°C como mínimo, y, si fuese necesario, otro para la sala de alimentación ya que la temperatura de ésta se debe mantener siempre por arriba de los 10°C, preferentemente entre 18-20°C. Si bien se recomienda utilizar sistemas de calefacción a base de agua caliente, también se pueden utilizar calefactores eléctricos o sistemas de aire forzado, siempre que éste sea independiente. Nunca se deben calentar los cilindros aplicando fuego directo. Si la temperatura ambiente promedio del verano o del año, en la zona, fuera muy elevada se debe prever sistemas de refrigeración natural o artificial para la sala de alimentación, a fin de mantener la temperatura de la misma por debajo de la de la sala de cloración. Los cilindros nunca se deben enfriar con agua. Si fuese necesario, la conexión principal entre el/los cilindro/s y el/los clorador/es se debe aislar térmicamente a fin de evitar la relíquiefacción del cloro gaseoso en las mismas.

- 7). Los sistemas de alimentación y dosificación se deben diseñar en salas separadas y ubicar a la menor distancia posible uno del otro. En aquellos casos en que los cilindros están lejos de los cloradores (más de 3-5 metros) se debe colocar una válvula externa de reducción de presión lo más cerca posible de los cilindros (para evitar la relíquiefacción del cloro gaseoso).
- 8). Si la conexión principal entre el último de los cilindros y el clorador se puede ver sometida a variaciones de temperatura superiores a aproximadamente 7°C debido a una amplitud térmica ambiental importante, se debe colocar una válvula externa reductora de presión, cerca del último tubo, para evitar la licuefacción del cloro gaseoso en la línea y en el clorador.
- 9). La conexión de los cilindros de menor tamaño al conducto que lleva el cloro al dosificador, debe hacerse mediante una válvula auxiliar, excepto cuando el clorador va montado directamente sobre el cilindro.
- 10). Como la conexión principal entre la zona de alimentación y el clorador se debe limpiar periódicamente, se debe prever una doble conexión para poder efectuar el mantenimiento sin tener que interrumpir la operación de cloración.
- 11). El proyectista debe prever, preferentemente, un sistema de cambio de cilindros automático. Se puede utilizar uno que opere a presión o a vacío. A los sistemas a vacío se le debe colocar una válvula de seguridad, con venteo, de repuesto. El venteo a la atmósfera debe hacerse a la mayor altura posible.
- 12). Cuando el consumo diario es muy elevado y se requieren varios cilindros de una tonelada, se debe incorporar un evaporador al sistema de dosificación. Existen evaporadores con capacidad de hasta 3600 Kg/d. Cuando se usa un evaporador el cloro se extrae como líquido de la base del cilindro. En el caso de que existan varios cilindros de 1 tonelada conectados a un manifold, todos los cilindros se deben mantener a aproximadamente la misma temperatura. El evaporador se debe diseñar con la capacidad suficiente como para que el gas se mantenga sobrecalentado y no se vuelva a condensar en la zona aguas abajo del mismo. A la salida del evaporador se debe colocar un filtro-trampa y a continuación una válvula externa reductora de presión. Si la zona de alimentación está alejada de la de dosificación, se debe colocar un tanque o cámara de expansión con un disco de seguridad y un manómetro para controlar posibles aumentos de presión en la cañería. Esta cámara se coloca, normalmente en la zona de alimentación.

Se debe prever la instalación de balanzas o básculas para controlar el consumo de cloro de los cilindros.

2.2.2. Cantidad de Cilindros en Servicio

Conocido el consumo diario y la cantidad de gas cloro máxima que se puede extraer de un cilindro, se debe determinar la cantidad de cilindros que se necesita tener en servicio:

$$N = \frac{C_{max}}{q_g} \quad (2)$$

Donde:

C_{max} = consumo máximo de desinfectante, Kg/d

q_g = flujo máximo de gas que se puede extraer del cilindro, Kg/d (a determinada temperatura)

2.2.3. Área de Almacenamiento

- 1). La cantidad de cilindros a almacenar para un determinado período T, se debe determinar a partir del consumo promedio para ese tiempo y el peso del tipo de cilindro seleccionado:

$$W = Q \cdot T \cdot D \quad (3)$$

$$N_t = \frac{W}{P} \quad (4)$$

Donde:

Q = caudal de diseño, l/s

D = dosis promedio de desinfectante $[(D_{max} + D_{min})/2]$, mg/l

T = tiempo de almacenamiento, d

W = peso de desinfectante requerido para el período de almacenamiento T, Kg

P = contenido de cloro en el cilindro, Kg

N_t = número de cilindros a almacenar en el tiempo T

- 2). El área mínima de almacenamiento se debe dimensionar en base al número de cilindros vacíos y llenos (en reserva) a utilizar:

$$A = A_c \cdot N_t \cdot 1,25 \quad (5)$$

Donde:

A =área total necesaria para almacenamiento de los N cilindros, m²

Ac =área que ocupa un cilindro, m²

Nt =cantidad de cilindros a almacenar

Además del área que ocupan los cilindros, en las salas de almacenamiento se debe prever espacio suficiente para el movimiento de los mismos, y para los equipos y aparejos para trasladarlos (en particular en el caso de los cilindros de 1 tonelada).

Conexiones, cañerías y conducciones

- 3). Los cilindros se deben conectar a las cañerías de conducción a través de tubos de cobre o mangueras flexibles de fluoroplásticos.
- 4). Las cañerías de cloro gaseoso seco a presión se deben construir de acero al carbono o aleaciones de acero sin costura o de cobre, Para el cloro gaseoso a baja presión pueden ser de PVC, PRFV, policloruro de vinilo clorado, ABS, o polipropileno.
- 5). Las válvulas deben ser de acero forjado, polipropileno o PVC. El proyectista puede prever la utilización de otros materiales a satisfacción del ENOHSa.

Requisitos de instalación

- 6). La sala de almacenamiento y alimentación debe:
 - Estar adosada pero absolutamente separada de la sala de dosificación y accesorios, y sin comunicación directa con estas salas.
 - Las paredes entre las salas deben sin embargo disponer de ventanas de vidrio herméticamente cerradas para facilitar la observación y control.
 - Ubicarse y diseñarse de modo de facilitar la carga y descarga de envases, el transporte y manipuleo de los productos y el drenaje de los derrames.
 - Construirse a nivel del piso y estar separada de otras áreas de trabajo de la planta.
 - Construirse con materiales resistentes al fuego.
 - Disponer de provisión de agua.
 - Contar con por lo menos dos puertas de acceso, que se abran hacia fuera. Si las salas son pequeñas puede ser suficiente la ventilación natural y con aberturas ubicadas en la parte inferior de la puerta y de las paredes de modo tal como para permitir una buena ventilación cruzada. En caso contrario se debe diseñar un sistema de ventilación forzada ubicado en la misma posición.
 - Tener el piso con pendiente suficiente como para que un eventual derrame escurra hacia un punto donde se debe colocar una pileta o sumidero; en las de mayor tamaño se debe colocar canaletas (tubos plásticos o desagües azulejados) para coleccionar los derrames. Estos son independientes del sistema de desagüe normal de la sala.

- Tener controles de operación automática para los ventiladores, los extractores y la iluminación, para que se accionen cuando se abra la puerta de acceso a la misma y controles manuales colocados en el exterior de la sala. En caso de no estar automatizado el encendido de los equipos de ventilación e iluminación, éstos se operan, desde el exterior, junto a la puerta de ingreso.
- Contar con un sistema de manga o veleta para indicación de la dirección de los vientos para poder conocer hacia donde se debe dispersar cualquier fuga o venteo de cloro que se pudiera producir. La misma se debe ubicar sobre la estructura del edificio, a la mayor altura posible.
- Diseñar las instalaciones de modo de que se pueda mantener una temperatura de 18-20°C natural o artificialmente y de que la temperatura no pueda nunca ser inferior a 10°C, especialmente en el caso del almacenamiento de cloro líquido a presión.
- Destinar el almacenamiento en forma exclusiva para los tubos de cloro.
- Tener las estructuras metálicas o cualquier equipamiento que deba permanecer en la misma, protegidos con revestimientos resistentes a la acción corrosiva del cloro y sus derivados.
- Contar con elementos de seguridad de protección personal (máscaras, botas, ropa, anteojos, etc.) duchas de seguridad con lavajos y por lo menos dos equipos para reparación de fugas. Todos estos elementos se deben colocar en la parte exterior de la sala, cerca de las puertas de acceso y en sus respectivos gabinetes.

2.2.4. Zona de Dosificación

Equipos de medición y control

- 1). El proyectista debe prever un sistema de control de la dosificación preciso que se adapte al tamaño de la instalación. Por lo general, en las instalaciones pequeñas se pueden utilizar equipos de control de operación manual, mientras que en las de mayor tamaño el control debe automatizarse. En el caso de que el caudal de agua a tratar y/o la demanda de cloro de la misma varíen significativamente, se debe, aún en las instalaciones pequeñas, colocar sistemas de control automático de la dosificación.
- 2). El sistema de dosificación a utilizar se debe seleccionar sobre la base del consumo diario máximo de desinfectante, y a la capacidad de los cloradores disponibles en el mercado. También se debe tener en cuenta dónde se aplica el cloro, si en una cañería, en un tanque, o en un canal abierto, ya que la presión en el punto de aplicación determina que tipo de clorador se puede utilizar.
- 3). Otros aspectos a considerar son si el sistema de alimentación utiliza uno o más cilindros conectados por un manifold y si tiene incorporado un cambiador automático de envases.
- 4). En la **Tabla 1** se indican los tipos de dosificadores de gas cloro disponibles en el mercado, los rangos de capacidad y algunas características de los mismos que pueden orientar al proyectista en la selección. La capacidad del clorador debe ser lo

más próxima posible al consumo máximo calculado sobre la base de la dosis máxima de diseño.

Clorador	Sistema de montaje	Capacidad Kg/d	Máxima presión en el punto de aplicación	Requerimiento de agua para inyector	Requerimiento de energía	Seguridad relativa	Costo relativo
De alimentación directa a presión	En pedestal	2 – 140	1,4 Kg/cm ²	No	No	Menos Seguros	Más caros
	Directamente sobre el cilindro	1 – 34					
	En pedestal	2 – 8.000					
De alimentación al vacío	De pared	1,4 – 100	7,0 Kg/cm ²	Sí	Sí	Más Seguros	Más Baratos
	Directamente sobre el cilindro	1,4 – 230					

Tabla 1. Tipos de dosificadores de cloro

- 5). En la cañería de cloro que viene del sistema de alimentación se debe colocar una válvula reguladora de la presión, en el caso del clorador de alimentación al vacío y una de reducción de presión en el de alimentación directa. Ambos tipos de cloradores deben poseer un rotámetro, calibrado en Kg/d o g/h para ajustar el flujo de cloro de acuerdo al consumo determinado.

Requisitos del inyector

- 6). Para el caso de los cloradores de alimentación al vacío para cloro líquido a presión, el proyectista debe determinar el caudal de agua a suministrar al inyector para obtener una solución de cloro con una concentración máxima de 3.500 mg/l, utilizando la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q \cdot D_{max}}{C} \quad (7)$$

donde:

Q = caudal de diseño (a desinfectar), l/s

D_{max} = dosis máxima de diseño a aplicar, mg/l

C = 3.500 mg/l

Este caudal es un caudal mínimo y se pueden utilizar valores mayores sin inconvenientes para la dosificación. Sólo se lo debe ajustar al tipo de bomba que se utilice.

- 7). El agua a utilizar debe ser de baja turbiedad y libre de arena u otros materiales inertes.

- 8). Determinado q , se debe determinar la potencia de la bomba a utilizar para suministrar el mismo. Si la planta cuenta con una provisión de agua con una presión de no menos de 30 mca (metros de columna de agua) (por ejemplo de un tanque elevado), descontadas las pérdidas determinadas en la cañería de abastecimiento, no se requiere bombeo.

Para calcular la potencia de la bomba se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$p = \frac{\delta \cdot q \cdot H}{75E} \quad (8)$$

donde:

p = potencia del equipo motobomba en HP

δ = peso específico del agua, Kg/m³ (\cong 1000 Kg/m³)

H = carga dinámica total, m.c.a.

E = eficiencia del equipo de bombeo

La carga dinámica total H , se calcula a partir de:

$$H = h + H_o + H_m \quad (9)$$

donde:

h = presión requerida por el eyector, m.c.a.

H_o = pérdida por fricción, m.c.a.

H_m = pérdidas menores, m.c.a.

Para el cálculo de la pérdida por fricción, H_o , se puede utilizar la fórmula de Darcy-Weisbach:

$$H_o = f \cdot \frac{L}{\phi} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (10)$$

donde:

f = 0,030 (coeficiente de fricción)

L = longitud de la cañería, m

ϕ = diámetro de la cañería, m

v = 0,60-1,20 m/s, velocidad del agua

g = 9,81 m/s², aceleración de la gravedad

Para el cálculo de H_o también se pueden utilizar las fórmulas de Hazen-Williams o la de Flamant.

Las pérdidas menores, H_m , se pueden calcular mediante la siguiente ecuación:

$$H_m = \frac{\sum k \cdot v^2}{2g} \quad (11)$$

donde:

ΣK = suma de coeficientes de pérdidas de carga en accesorios. Este valor se debe calcular en base al diseño de cada sistema en particular.

Requisitos de instalación

9). La sala de cloración debe diseñarse y construirse siguiendo los mismos requisitos generales y las mismas normas de seguridad establecidas para la sala de almacenamiento, por lo que:

- Debe estar completamente separada de la sala de almacenamiento y del resto de las instalaciones de la planta, con puertas de acceso solo hacia el exterior y sin comunicación con las otras salas.
- Se deben ubicar lo más cerca posible de los puntos de aplicación del cloro para evitar que las cañerías de conducción de las soluciones de cloro sean de gran longitud.
- Se debe colocar ventanas de inspección, herméticas tanto en las puertas, como en las paredes para permitir controlar, sin ingresar a la misma, los cloradores, evaporadores, etc.
- Los cloradores deben colocarse a nivel del piso, nunca en sótanos, y ubicarse de modo de poder acceder fácil y cómodamente a los mismos para su mantenimiento o reparación. Para los de tipo de módulos o de pedestal se deben respetar distancias mínimas entre el frente de los mismo y la pared más cercana (1,20 m) y entre los costados y parte posterior del equipo y otros accesorios o paredes. En general, el espacio mínimo entre los equipos ubicados en la sala debe ser de 0,60 m.
- Se debe prever espacio y altura suficiente como para operar los equipos y permitir el acceso de personal y equipos necesarios para el mantenimiento y reparación de los dosificadores, bombas, etc. Por lo general, en el caso de las salas más pequeñas, que utilizan cilindros de 68 Kg y dosan hasta 90 Kg/d de cloro, la sala debe diseñarse con una superficie no menor de aproximadamente 4-6 m², mientras las que utilizan cilindros de 1 tonelada y dosan hasta aproximadamente 180 Kg/d, deben ser de 13-14 m². Por cada unidad de evaporador-clorador se deben prever aproximadamente 14 m².
- Debe preverse un sistema de calefacción y control de la temperatura ambiente, independiente de las otras salas o instalaciones de la planta, de modo de que la misma sea aproximadamente constante en toda la sala y superior a la de la sala de almacenamiento de los cilindros.

- El sistema de ventilación se debe diseñar teniendo en cuenta la velocidad de recambio de aire, tipo de sistema de extracción del aire, ubicación de las entradas o toma de aire, ubicación de las ventanas, ventiladores, controles eléctricos y control de temperatura. Para las salas de menor tamaño puede ser suficiente el diseño adecuado de aperturas (cantidad, ubicación) y de un ventilador de techo, para lograr una buena ventilación cruzada. La descarga de los extractores o ventiladores debe ubicarse a una altura suficiente como para no contaminar instalaciones vecinas y para lograr una buena dilución con la atmósfera. En el caso de las salas de mayor tamaño o cuando la planta está ubicada en zonas pobladas, las descargas se deben conectar a los sistemas lavadores de gases.
- Cuando el clorador que se utiliza va montado directamente sobre el cilindro, las bombas para alimentar el inyector (de impulsión o booster) y el tablero eléctrico se deben colocar fuera de la sala de cloración. Estas bombas y el tablero eléctrico se pueden colocar en la sala de cloración siempre que los cilindros se ubiquen en la zona de almacenamiento.
- Si el inyector se coloca a cierta distancia del clorador, próximo al difusor, por ejemplo, el proyectista debe diseñar la línea de vacío entre el clorador y el inyector de modo de que la caída de presión total en la cañería no sea mayor de 38-40 mm Hg. Se debe colocar una válvula de cierre en cada extremo de esta cañería y un manómetro de vacío entre la válvula ubicada junto al inyector y éste.

2.2.5. Equipos de Seguridad

Alarmas

- 1). Todas las salas de la estación de cloración deben contar con sistemas de detección de fugas y alarmas acústicas y luminosas para advertir a los operarios sobre las fugas en las conducciones, válvulas, fusibles de los cilindros, por los discos rompibles, equipos, etc., además de las alarmas internas que los equipos cloradores pudieran tener incorporadas.

Elementos de seguridad

- 2). En todas las salas que conforman la estación de cloración se deben colocar en el exterior de cada una de ellas, si se encuentran alejadas unas de otras, o en un lugar exterior accesible al ingreso de todas, si están en el mismo edificio:
 - Gabinetes con los elementos de seguridad necesarios para la protección de los operarios: máscaras tipo canister y máscaras con tanques de aire (respiración asistida) o máscaras de oxígeno, ropa, delantal, capucha para cubrir cabeza y cuello, botas, guantes, antiparras.
 - Duchas de seguridad con lavaojos.
 - Elementos/equipos portátiles para detección de fugas: botellas con amoníaco o equipos electrónicos.
 - Dos (por lo menos) equipos para reparación de fugas (para cilindros de 68 Kg o de 1 tonelada, según corresponda) según se indica a continuación.

2.2.6. *Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas de Gas Cloro y Derrame de Cloro Líquido*

- 1). En aquellos casos en que la estación de cloración se vaya a instalar en una zona poblada o cuando la población se encuentre en las proximidades y en la dirección de los vientos predominantes, el proyectista debe diseñar instalaciones de tratamiento de cloro gaseoso o líquido con capacidad suficiente como para neutralizar el escape o derrame de un cilindro de 1 tonelada o de 68 Kg, según sea la capacidad de los cilindros que se utilizan en la planta.
- 2). Debe preverse la cantidad y lugar de almacenamiento del producto a utilizar: hidróxido de sodio o carbonato de sodio, según el que resulta técnica y económicamente más conveniente.
- 3). Según el tamaño de la planta potabilizadora el sistema de tratamiento puede ser un tanque de neutralización de PRFV o columnas lavadoras de gases o equipos similares.
- 4). Los sistemas de extracción de cloro gaseoso y los equipos neutralizadores deben accionarse automáticamente cuando el detector de fugas lo indique.

2.3. USO DE HIPOCLORITOS

Una vez definida la conveniencia técnico-económica del uso de hipocloritos se debe determinar el tipo de hipoclorito a utilizar en función del costo de cada producto, su cloro activo y facilidad de adquisición.

2.3.1. *Área de Almacenamiento*

Para determinar la cantidad de tambores de hipoclorito de calcio a almacenar, para el período de tiempo seleccionado, se pueden utilizar las ecuaciones (3) y (4), teniendo en cuenta que el contenido de cloro activo en el producto es de 65-70%, y para el volumen de hipoclorito de sodio a almacenar, como máximo durante 30 días, se debe emplear la siguiente ecuación de balance de masa, tomando como base la concentración comercial del mismo (10 ó 13%).

$$Q \cdot D = q \cdot C = w \quad (12)$$

donde:

Q = caudal de diseño, l/s

D = dosis promedio de desinfectante $[(D_{\max} + D_{\min})/2]$, mg/l

D_{\max} = dosis máxima, mg/l

D_{\min} = dosis mínima, mg/l

q = caudal de la solución de cloro, l/s

C = concentración de la solución de cloro, mg/l

w = peso necesario del desinfectante, mg/s ó Kg/d

Luego:

$$W = w \cdot T \quad (13)$$

$$V = \frac{W}{C} \quad (14)$$

donde:

W = cantidad de desinfectante para el tiempo T, Kg

w = peso necesario del desinfectante, Kg/d

T = tiempo de almacenamiento, d

C = concentración de la solución de cloro, Kg/l

V = volumen de solución de hipoclorito de calcio a almacenar en el tiempo T, l

A partir de estos valores se puede determinar las dimensiones mínimas de la sala de almacenamiento de estos derivados del cloro. Se debe prever, además, no sólo el espacio necesario para el tanque donde se prepara la solución de hipoclorito de calcio y para un segundo tanque para almacenar la solución necesaria para, por lo menos 24 horas de operación, sino también el necesario para desplazarse con facilidad. Para el caso de hipoclorito de sodio basta con un tanque para diluir la solución comercial (si fuese necesario).

2.3.2. Conducciones

Para la conducción de las soluciones de cloro se debe utilizar cañerías de PVC, policloruro de vinilo clorado, PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio), PVDF (polivinildieno fluorado), PTFE (politetra fluoroetileno) u otros materiales. Previa conformidad del ENOHSA, siempre que los mismos sean aceptados por el Instituto del Cloro de los Estados Unidos de Norteamérica.

2.3.3. Zona de Dosificación

- 1). Los hipocloritos se dosan siempre en solución. En el caso del hipoclorito de calcio se debe preparar una solución de una concentración determinada y en el caso de las soluciones de hipoclorito de sodio, simplemente se las diluye hasta alcanzar la concentración adecuada al tipo de dosador que se utilice. El agua a utilizar para la preparación o dilución de las soluciones de hipoclorito debe ser de baja turbiedad y libre de arena u otros sólidos. Si bien existen dosadores por gravedad que pueden usarse en plantas pequeñas, los mas utilizados son las bombas dosificadoras o hipocloradores y los hidroeyectores.

- 2). En la **Tabla 2** se resumen las características de los dosadores más usados con soluciones de hipoclorito.

Dosificador	Capacidad l/hr	Máxima Concentración sól. Hipoclorito	Requerimiento de energía	Requerimiento de operación y mantenimiento	Costo relativo
Bomba dosificadora Estándar	1 – 195	10% (sodio) 2% (calcio)	Si (eléctrica o hidráulica)	Mantenimiento relativamente frecuente y no fácil	Costo elevado
Bomba dosificadora de diafragma	1 – 200	10% o menor (sodio) 1-3% (calcio)	Menor	Fácil de operar y mantener, pero es crítico y debe hacerse frecuentemente	Más económica
Tipo Venturi o Hidroeyector	1 – 25	10% o menor (sodio) 1-3% (calcio)	No, excepto cuando no hay suficiente presión en el punto de aplicación	Operación y mantenimiento sencillo, pero requieren calibración frecuente	Relativamente económicos

Tabla 2. Sistemas dosadores de soluciones de hipoclorito

- 3). Las bombas a diafragma se pueden conectar a cañerías de agua con hasta 6 Kg/cm² de presión, y los dosadores tipo Venturi a la cañería por donde se conduce el agua a tratar o a una de derivación.
- 4). Estos equipos se deben calibrar previamente para determinar la curva de descarga. En el hidroeyector la dosis de cloro se regula ajustando una válvula aguja, mientras que la de diafragma se regula ajustando la frecuencia o el recorrido de la biela. Esto se puede hacer en forma manual o automáticamente.

2.3.4. **Sistemas de Seguridad**

Las zonas de Almacenamiento y de Dosificación deben ubicarse en salas separadas.

Cuando se utilizan hipocloritos, en la sala de dosificación sólo se deben ubicar las bombas dosificadoras y sus respectivos tableros eléctricos.

2.3.5. **Sistema de Contención de Derrames**

- 1). Para el caso en que se produzca la rotura de un bidón o damajuana conteniendo hipoclorito de sodio, o solución de hipoclorito preparada para ser dosificada, se debe prever un sistema de canaletas para derivar los derrames hasta una pileta o sumidero que contenga un volumen suficiente de solución alcalina para neutralizar el cloro. Para ello se puede utilizar una solución de hidróxido de sodio o carbonato de sodio. Estos productos se deben almacenar de modo tal que estén fácilmente disponibles para preparar las soluciones lo más rápido posible en las emergencias.

- 2). El proyecto debe incorporar elementos de protección para impedir que el hipoclorito se ponga en contacto con la piel, ojos, mucosas o ropa del personal encargado de las operaciones de neutralización.
- 3). En caso de vuelco de hipoclorito el polvo debe juntarse, evitando su contacto con la piel y ropas, lo más rápidamente posible y volver a almacenarlo en recipientes herméticos para impedir su deterioro.

2.4. PREVISIONES PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD Y CONFIABILIDAD DE LA CLORACIÓN

- 1). Para que la cloración no se interrumpa, en el diseño de la estación de cloración se debe prever:

En el caso de uso de cloro gaseoso

- Reserva adecuada de desinfectante.
- Balanzas (para controlar el consumo de cloro).
- Alimentación a partir de por lo menos dos cilindros conectados a través de un manifold y con sistema automático de cambio de cilindros.
- Sistema de alarma para alertar a los operarios sobre pérdidas en el sistema de alimentación.
- Sistema alternativo de provisión de energía eléctrica para el funcionamiento de bombas dosificadoras y bombas de provisión de agua al inyector (grupo electrógeno, u otra fuente de energía).
- Equipos de repuesto o reserva (stand-by). Estos equipos deben ser de capacidad suficiente y estar disponibles para reemplazar la unidad correspondiente ante cualquier falla:
 - Un clorador, como mínimo. Si se practica precloración, cloración intermedia en forma continua y cloración final, se debe prever cloradores adicionales de reserva, caso contrario uno de los equipos utilizados en la precloración o cloración intermedia eventual, puede utilizarse de clorador de reserva.
 - Una bomba de abastecimiento de agua al inyector, en caso de no contarse con un sistema alternativo de provisión de agua que no requiera bomba o energía para accionarla (por ejemplo, tanque elevado).
 - Un analizador automático de cloro residual para el agua potable que se envía a consumo. Este equipo puede utilizarse, además para reemplazar el analizador del sistema de control automático de la dosificación en caso de que este falle.
 - Una bomba extractora de muestras para los analizadores automáticos de cloro residual.

En el caso de uso de hipoclorito

- Reserva adecuada del clorógeno utilizado.

- Repuestos adecuados para los hipocloradores a gravedad.
- Sistema alternativo de provisión de energía eléctrica para el funcionamiento de bombas dosificadoras.
- Equipos de repuesto o reserva, deben ser de capacidad suficiente y estar disponibles para reemplazar la unidad correspondiente ante cualquier falla.
 - Una bomba dosadora de hipoclorito.
 - De preverse su instalación en el proyecto, un analizador automático de cloro residual para el agua que se envía a consumo.

2.5. ZONA DE MEZCLA Y DIFUSIÓN DEL DESINFECTANTE

- 1). El proyectista debe diseñar el sistema de difusión o difusor de la solución de cloro o de hipoclorito de modo de asegurar la distribución uniforme de los mismos a través de toda la sección transversal al flujo de agua a tratar, en el menor tiempo posible.
- 2). Si la solución de desinfectante se va a inyectar en una cañería a presión, esta se debe realizar en una zona donde el flujo sea de régimen turbulento, con un número de Reynolds $NR \geq 10.000$. El proyectista debe demostrar el cumplimiento de estas condiciones en la memoria de cálculo. Si la cañería es de diámetro chico, la solución se puede inyectar a una distancia de $2/3$ del diámetro de la misma, y si es de tamaño mayor, se debe colocar una cañería plástica con orificios que atraviese toda la sección de la cañería de agua a tratar.
- 3). Si la solución de desinfectante se va a aplicar en un canal abierto, el difusor se debe diseñar de modo de que permanezca siempre por debajo del nivel del agua (aproximadamente 1 m). Este sistema puede consistir en una serie de caños plásticos con orificios, suspendidos en el canal, de modo de cubrir toda la sección del mismo. El diseño debe permitir la fácil remoción de los tubos para su reemplazo o mantenimiento.
- 4). El difusor se debe colocar inmediatamente antes de un resalto hidráulico o en un vertedero sumergido antes de que el agua ingrese a la cámara de contacto, de modo de lograr una mezcla efectiva del desinfectante y el agua.

2.6. CÁMARA DE CONTACTO

- 1). La cámara de contacto o la cisterna de agua que es utilizada eventualmente como tal, se debe diseñar para el tiempo de retención hidráulico necesario para asegurar la acción desinfectante del cloro. Este tiempo debe tener un valor mínimo de 20-30 minutos, según sean las características del agua a desinfectar (grado de contaminación, nivel de tratamiento a que se la ha sometido previo a la cloración, características del agua, temperatura, etc.).

$$V = Q \cdot t \quad (15)$$

donde:

Q = caudal de diseño, l/s

t = tiempo de contacto, min

V = volumen de la cámara de contacto, m³

- 2). Siempre que las características del sistema lo permitan, para el dimensionamiento de la cámara de contacto se debe tener en cuenta el volumen de los conductos, cisternas y cámaras intermedias del sistema de distribución antes del primer punto de consumo de agua potable, ya que en ese trayecto el cloro continua actuando, lo que permite disminuir el volumen determinado en (15), en el valor del volumen de dichos conductos y cámaras.
- 3). El flujo del agua dentro de las cámaras rectangulares o circulares debe tener características de flujo pistón. Para ello el proyectista debe tener en cuenta:
 - Ubicación y tamaño de la entrada y salida del agua.
 - Ubicación, tipo y cantidad de divisiones o pantallas.
 - Variaciones de nivel del agua.
 - Nivel mínimo de operación.
 - Sistema de mezcla inicial.
- 4). En caso de proyectarse una cámara de contacto rectangular se debe diseñar de forma tal que la relación largo (suma de las longitudes entre pantallas) a ancho (separación entre pantallas) sea: $\frac{\sum l}{a} \geq 40$.

2.7. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE CLORACIÓN

El proyectista debe incluir en la memoria de cálculo, como mínimo, los siguientes datos:

- Caudal de diseño de la instalación.
- Dosis de cloro (o de hipocloritos).
- Consumo diario del cloro a utilizar.
- Stock mínimo de cloro a mantener en depósito para un tiempo determinado (generalmente 30 días).
- Diseño del área de almacenamiento (depósito) y de la sala de dosificación.
- Capacidad de los dosificadores de desinfectante (cloradores).
- Diseño hidráulico de los sistemas de abastecimiento de agua al inyector, y de la cañería de conducción de solución de cloro, desde el inyector al punto de aplicación.
- Diseño del sistema de mezcla y dispersión.

- Tiempo teórico de retención hidráulica en la cámara de contacto para el caudal de diseño.
- Diseño de la cámara de contacto para lograr un escurrimiento lo más próximo posible a flujo de pistón.
- Diseño del tratamiento de gases de venteo, cuando corresponda.

3. DESINFECCIÓN CON DIÓXIDO DE CLORO

3.1. ASPECTOS GENERALES

- 1). El dióxido de cloro se debe generar, en todos los casos, en la misma planta potabilizadora y sólo en las cantidades necesarias para la desinfección.
- 2). Para la selección de los equipos a utilizar y el dimensionamiento de la estación de desinfección se deben tener en cuenta:
 - El caudal de diseño de la planta
 - La dosis de desinfectante, la cual se debe determinar experimentalmente únicamente sobre la base de la demanda de dióxido de cloro del agua a tratar, no pudiendo extrapolarse de datos en la bibliografía o de otras plantas de tratamiento donde se utilice este desinfectante.
 - El tiempo de contacto, que también se debe determinar experimentalmente en forma conjunta con la determinación de la dosis.
- 3). El tipo de equipo y método de generación de dióxido de cloro a utilizar debe surgir de una evaluación técnico-económica en la que se deben tener en cuenta no sólo la dosis de desinfectante a aplicar y el caudal de diseño de la planta, sino también, y muy especialmente los aspectos de seguridad y dificultades prácticas asociadas a los distintos tipos de equipos disponibles en el mercado.
- 4). Para el diseño y dimensionamiento de la estación de desinfección el proyectista debe considerar, además de los aspectos indicados en 2.1, todos aquellos relacionados con la generación del dióxido de cloro.

3.1.1. Zona de Almacenamiento

Tipo de envases, cantidad de productos a almacenar, forma de alimentación

- 1). Según el método de generación de dióxido de cloro seleccionado, las materias primas a almacenar, además del clorito de sodio, pueden ser: cloro líquido a presión, ácido clorhídrico y/o hipoclorito de sodio.
- 2). En función del consumo diario de dióxido de cloro se debe determinar la cantidad de materias primas necesarias para la producción de un día, y un tiempo T de almacenamiento (generalmente 30 días), obteniéndose la cantidad de productos a almacenar para dicho tiempo. El número de cilindros de cloro se debe determinar siguiendo las indicaciones dadas en 2.2.2. y 2.2.3.
- 3). Sobre la base de la cantidad de materias primas a mantener en reserva durante el tiempo T, se debe dimensionar el área de almacenamiento para los mismos.

Conexiones, cañerías y conducciones

- 4). Los materiales a utilizar en accesorios, cañerías y conducciones deben ser resistentes al clorito de sodio, cloro y ácidos fuertes, tales como polímeros de cloroetileno, titanio, fluoruro de polivinildieno, copolímeros del fluoruro de vinildieno, politetrafluoroetileno, etc.
- 5). Las cañerías de alimentación de clorito de sodio al generador de dióxido de cloro deben ser de PVC clorado u otro material resistente a este producto y se deben sujetar o amurar cada 1 metro aproximadamente. Para las uniones, accesorios y cemento solo se puede utilizar este mismo tipo de material. Generalmente los fabricantes de los generadores de dióxido de cloro especifican el tipo de material a utilizar tanto para la conducción de clorito de sodio como para el dióxido de sodio producido.
- 6). Las conducciones de clorito de sodio en solución nunca se deben instalar suspendidas sobre zonas de circulación, debiendo sujetarse o amurarse debidamente todas las cañerías, válvulas, etc.
- 7). Todas las uniones o conexiones de las cañerías de cloro gaseoso, agua y clorito de sodio deben conectarse de modo de que no se produzcan fugas.
- 8). Los materiales a utilizar en las conducciones de cloro líquido a presión y de hipoclorito deben ajustarse a lo especificado en 2.2.3 3), 4) y 5) y 2.3.1 2).

Requisitos de instalación

- 9). El clorito de sodio es un oxidante fuerte que requiere de condiciones de almacenamiento similares a las del cloro y los hipocloritos. Se lo debe almacenar en ambientes frescos y secos. En climas templados, el clorito de sodio a granel almacenado debe protegerse contra temperaturas extremas. Las formulaciones de clorito de sodio comerciales, generalmente contienen aditivos para estabilizarlas (reducen su sensibilidad a los golpes, temperatura, etc.), por lo que para su almacenamiento se deben observar las recomendaciones del fabricante o proveedor.
- 10). Se deben prever dos tanques para el almacenamiento de clorito de sodio, para facilitar la limpieza de los mismos. Entre el tanque de almacenamiento, el tanque diario (de solución de clorito de sodio a utilizar) y el generador se debe colocar un filtro (cartridge filtrante de polipropileno de malla 100 aproximadamente).
- 11). Los tanques de almacenamiento de clorito de sodio y cualquier cañería expuesta a la luz del sol se deben pintar con pintura epoxi clara o con pintura para exteriores apropiadas para este uso.
- 12). Cuando se utilice ácido clorhídrico y/o hipoclorito de sodio, estos productos no se pueden almacenar en la misma sala que el clorito de sodio (al entrar en contacto estos productos se produce una liberación descontrolada de dióxido de cloro).
- 13). En general, la sala de almacenamiento para las materias primas debe cumplir los mismos requisitos establecidos para los depósitos de las estaciones de cloración con cloro gaseoso.

3.1.2. Zona de Generación de Dióxido de Cloro

Generadores

- 1). El proyectista debe seguir las recomendaciones y especificaciones generales de los fabricantes de los generadores, siempre que no limiten la competencia, para la ubicación, diseño y dimensiones de la sala donde se deben colocar.
- 2). La solución acuosa de dióxido de cloro generada no debe exceder los 7,5 g/l de concentración (a 25°C).
- 3). La solución de dióxido gaseoso diluida en aire (< 10% en aire) producida por cierto tipo de generadores se puede aplicar directamente o se puede disolver en agua fría para producir las soluciones stock de las concentraciones requeridas.
- 4). Los equipos generadores-dosificadores deben operar a presión menor que la atmosférica en todas las conducciones y cañerías donde circule dióxido de cloro gaseoso.
- 5). El agua de dilución para la/s materia/s prima/s y el dióxido de cloro debe ser limpia (sin turbiedad y libre de arena y otros sólidos en suspensión).
- 6). Para diseñar la instalación de los sistemas para preparar, medir y controlar las soluciones que alimentan el reactor donde se genera el dióxido de cloro, el proyectista debe tener en cuenta las especificaciones generales de los equipos generadores de dióxido de cloro disponibles en el mercado, sin que ello implique limitar la competencia.
- 7). Los generadores con sistemas de bombas para el clorito de sodio se deben equipar con un sistema para calibración.
- 8). Se debe prever una ventana o visor para controlar visualmente el contenido de los tanques de almacenamiento de solución de clorito de sodio.
- 9). Los reguladores al vacío de cloro que se emplean para ajustar la cantidad de cloro a alimentar al generador, deben ventearse a la atmósfera.

Conexiones, cañerías y conducciones

- 10). Las conexiones, cañerías y conducciones deben ajustarse a lo especificado en 3.1.1 4) y 5).

Requisitos de instalación

- 11). Los generadores de dióxido de cloro se pueden colocar cerca o en la misma sala que los cloradores.
- 12). Se debe prever un sistema de alimentación de agua exclusivo para los generadores.
- 13). El proyectista debe diseñar un sistema de elevada circulación de aire o de extracción de aire, exclusivo para la sala de generación.
- 14). Si se deben utilizar tanques para almacenar la solución de dióxido de cloro a utilizar en el día, estos deben ser, preferentemente, de polietileno de alta densidad. Estos tanques deben ubicarse lo más cerca posible de los generadores,

preferentemente a una altura mayor que éstos, para lograr un flujo más estable bajo vacío o para facilitar el acceso a los mismos durante la calibración.

- 15). Las bombas a emplear en los generadores para impulsar las materias primas deben ser de PVC no plastificado, polipropileno o titanio.
- 16). En la zona de generación se debe disponer de agua a presión.
- 17). En general la sala de generación debe diseñarse siguiendo las indicaciones dadas para las salas de dosificación de cloro (Ver 2.2.3 9).

3.1.3. Zona de Dosificación

Equipos de medición y control

- 1). Para estos equipos rigen, en general, las mismas consideraciones que para los dosificadores de cloro (selección del dosificador, material para las cañerías y conducciones, etc.).
- 2). Todos los equipos dosificadores deben contar con sistemas automáticos de medición (magnetómetro, válvula electrónica, etc.) para controlar la dosificación basándose en el caudal de agua a tratar o a una dosis predeterminada.
- 3). En el caso de instalaciones de cloración de Plantas Potabilizadoras, el proyectista debe tener en cuenta si se aplica dióxido de cloro en más de una etapa del tratamiento del potabilización. La capacidad del dosificador se debe determinar en base a la dosis de diseño a aplicar en cada punto.

Requisitos del inyector

- 4). El inyector a utilizar (bomba a presión o eyector hidráulico) se debe seleccionar basándose en una evaluación técnico-económica.
- 5). El proyectista debe seleccionar el inyector, determinar el caudal mínimo de agua a suministrar al mismo (si se utiliza una bomba), determinar o especificar la potencia de la bomba “booster”; diseñar el sistema hidráulico y cañerías desde el inyector al punto de aplicación de acuerdo a lo indicado en 2.2.4 6), 7) y 8).
- 6). En el caso de una planta potabilizadora el sistema de inyección se debe diseñar de modo de poder aplicar dióxido de cloro en puntos alternativos.
- 7). Se deben prever sistemas para la detección y medición de dióxido de cloro, ion clorito e ion clorato.

Requisitos de instalación

- 8). En general la sala de dosificación de dióxido de cloro debe diseñarse siguiendo las indicaciones dadas para las salas de cloración (Ver 2.2.4 9)).

3.1.4. Equipos de Seguridad

Alarmas

- 1). Aunque la mayoría de los generadores de dióxido de cloro tienen incorporadas distintos sistemas de alarmas, se deben prever detectores y sus correspondientes alarmas para fugas de cloro gaseoso, dióxido de cloro (Ver 2.2.5 1)).
- 2). Se deben prever sistemas de alarma para advertir a los operarios sobre falta de materias primas, agua, controles de baja y alta presión, fallas en las bombas o solenoide, pH anormales, según el tipo de generador seleccionado.

Elementos de seguridad

- 3). Se deben prever los mismos elementos de seguridad descritos en 2.2.5. 2), además de guantes y botas de neoprene.

3.1.5. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames de Materias Primas y Desinfectante

- 1). Se deben evitar las fugas de gas cloro en las proximidades de los generadores. Las fugas de cloro se deben reparar de inmediato.
- 2). Los sistemas de contención y tratamiento de fugas de cloro e hipocloritos deben ser los indicados en 2.2.5 y 2.3.5.
- 3). Cualquier pérdida de clorito de sodio de las conducciones o tanques de almacenamiento pueden formar material cristalino blanco que entra fácilmente en combustión, por lo que se deben lavar con abundante agua a presión hasta que se disuelvan en lugar de tratar de recoger o raspar los cristales directamente.
- 4). El clorito de sodio en solución o seco derramado, se debe lavar inmediatamente con abundante agua a presión, arrastrándolos hacia un sistema de drenaje adecuado en la zona de contención para juntarlo y disponerlo.

3.1.6. Previsiones para Garantizar la Continuidad y Confiabilidad de la Desinfección

- 1). Para que la desinfección no se interrumpa, en el diseño de la estación de desinfección con dióxido de cloro, se deben prever los elementos indicados en 2.4.
- 2). Se debe mantener una reserva adecuada de materias primas para la generación del dióxido de cloro.
- 3). Se debe prever los siguientes equipos de repuesto:
 - Un generador.
 - Una o más bombas de alimentación de agua (para dilución de las materias primas, dióxido de cloro, abastecimiento al inyector).

- Una bomba para alimentación de clorito de sodio (si el equipo generador seleccionado lo requiere).
- Un dosificador.
- Un inyector.
- Sistemas para análisis de dióxido de cloro.

3.1.7. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante

- 1). El proyectista debe aplicar el mismo criterio utilizado para la selección y diseño del sistema de mezcla y difusión de cloro e hipocloritos (Ver 2.5).

3.1.8. Cámara de Contacto

- 1). El diseño de la cámara de contacto o reserva de agua filtrada utilizada para tal fin debe ajustarse a lo especificado en 2.6, pero el proyectista debe justificar el tiempo de contacto seleccionado según lo indicado en 3.1 2).

3.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE DESINFECCIÓN CON DIÓXIDO DE CLORO

- 1). El proyectista debe incluir en la memoria de cálculo, como mínimo, la siguiente información
 - Dosis de dióxido de cloro a aplicar.
 - Puntos de aplicación de dióxido de cloro en la planta potabilizadora.
 - Consumo diario de desinfectante.
 - Consumo diario de materias primas para generar la cantidad de dióxido de cloro necesaria para el consumo diario.
 - Stock de materias primas a mantener en reserva durante un tiempo determinado (generalmente 30 días).
 - Capacidad de los equipos generadores.
 - Capacidad de los dosificadores.
 - Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua para la dilución de las materias primas y/o dióxido de cloro, para el inyector.
 - Diseño del sistema de mezcla y dispersión del desinfectante.
 - Tiempo de retención hidráulico en la cámara de contacto.
 - Diseño de la cámara de contacto (para flujo pistón).
 - Diseño del tratamiento de gases de venteo, cuando corresponda.

4. DESINFECCIÓN CON OZONO

4.1. ASPECTOS GENERALES

- 1). El ozono se debe generar en la planta y en una cantidad sólo ligeramente superior a la necesaria.
- 2). Para seleccionar el equipo generador de ozono y dimensionar las instalaciones se debe conocer:
 - El caudal de diseño de la planta.
 - La dosis de ozono a aplicar, la cual se debe determinar en función de la demanda de ozono más una cantidad suficiente como para mantener por un corto tiempo un nivel de ozono residual.
 - La dosis de un desinfectante final a aplicar para mantener un determinado nivel de desinfectante con poder residual en el agua en el sistema de distribución.
- 3). Para el diseño y dimensionamiento de la estación de desinfección, el proyectista debe considerar los aspectos mencionados en 2.1 2) para el desinfectante con poder residual y los siguientes:
 - Zona de generación de ozono: unidad de preparación del gas (aire u oxígeno puro), generador, fuente de energía eléctrica.
 - Contactor de ozono
 - Sistema de eliminación o destrucción del ozono sobrante.
- 4). Para seleccionar el generador de ozono se aplican los mismos criterios indicados en 1.2 6) y 7).
- 5). El proyectista debe prever y diseñar una etapa de desinfección final para alcanzar una concentración de desinfectante residual preestablecida en el agua tratada que ingresa al sistema de distribución en base a 1.2, 4). La selección del desinfectante a utilizar se debe realizar sobre la base de una evaluación técnico-económica que contemple entre otros aspectos las características del agua tratada, el sistema de distribución (longitud, estado, antigüedad, etc.), las exigencias de la Norma de Calidad para el agua potable vigente, etc. (ver 2.1.1).

4.1.1. Zona de Almacenamiento

- 1). Si el sistema de generación de ozono seleccionado requiere del uso de oxígeno puro, el proyectista debe determinar el consumo diario de oxígeno a utilizar en la generación del ozono requerido para la desinfección.
- 2). Sobre la base del consumo diario de oxígeno y el peso de los cilindros o tubos se debe determinar la cantidad de éstos a mantener en servicio y en reserva para un

período determinado (generalmente 30 días) en forma similar a lo indicado en 2.2.1 4) y 11); 2.2.2 y 2.2.4 1).

- 3). El área mínima de almacenamiento de los tubos de oxígeno se debe determinar según lo especificado en 2.2.3 2).
- 4). Todos los aspectos relacionados con la zona de almacenamiento del desinfectante final seleccionado (cloro o sus derivados): tipo de envase, cantidad de producto a almacenar, consumo de desinfectante, etc., se deben determinar y/o diseñar basándose en lo indicado en 2.

4.1.2. Zona de Generación de Ozono

Unidad de preparación del gas

- 1). El proyectista debe diseñar el sistema de secado y enfriado del aire o, si se considera necesario, el sistema de purificación del oxígeno a alimentar al generador de ozono.
- 2). El sistema de secado de aire se debe seleccionar sobre la base de una evaluación técnico-económica de los sistemas disponibles.

Generador de ozono

- 3). El sistema y equipo de generación de ozono que se seleccione debe surgir de una evaluación técnico-económica de los equipos disponibles en el mercado, tamaño de la instalación, requerimientos de energía, confiabilidad del sistema de provisión de energía eléctrica, etc.
- 4). Para las conducciones, cañerías, accesorios o equipos que entren en contacto con el ozono se deben utilizar solamente los siguientes materiales: acero inoxidable 316 y 305, vidrio, teflón y hormigón. En general se deben utilizar los materiales recomendados por el fabricante o proveedor de los generadores.
- 5). Los generadores y las unidades de mezcla (contactores) se deben colocar en salas o edificios separados.
- 6). El proyectista debe evaluar el consumo de energía de la unidad de preparación de gas y del generador, para poder seleccionar la fuente de energía técnica y económicamente más conveniente para la estación a diseñar.

4.1.3. Contactor

- 1). Para seleccionar el contactor, el proyectista debe tener en cuenta:
 - Que es necesario agregar el ozono en cantidades suficientes lo más rápidamente posible para satisfacer la demanda de desinfectante y mantener un residuo de ozono durante un tiempo lo suficientemente prolongado como para alcanzar el nivel de destrucción de microorganismos establecido.
 - La superficie de terreno disponible.
 - El costo.

- El objetivo de la ozonación (si es que se utiliza ozono en una planta de tratamiento para otros fines además de la desinfección).
- 2). Para la desinfección primaria, generalmente se recomienda el uso de difusores de niveles múltiples (de burbujas).
- 3). Los materiales de las cañerías, accesorios, conexiones, etc. deben ser los indicados por el fabricante o proveedor del contactor o los indicados en 4.1.2 4)).

4.1.4. Sistema de Destrucción del Exceso de Ozono

- 1). Si la instalación es pequeña, el proyectista puede optar por diseñar un buen sistema de dilución del excedente de ozono con aire, de modo de alcanzar una relación aire: ozono de 100:1 ó 200:1.
- 2). Para instalaciones medianas a grandes, se debe seleccionar el método para destruir el excedente de ozono sobre la base de una evaluación técnico-económica, de modo de que la concentración de ozono en el aire sea menor de 0,1 ppm.

4.1.5. Aplicación del Desinfectante Final

4.1.5.1. Zona de Dosificación

Para la selección de los equipos dosificadores, inyectoros, métodos de control, etc., y para el diseño de las instalaciones correspondientes, se debe seguir lo especificado en 2.2.4.

4.1.5.2. Equipos de Seguridad

Además de los sistemas de alarmas y elementos de seguridad especificados en 2.2.5 se deben considerar:

- Control de exceso de humedad en la zona de generación de ozono.
- Posibilidades de presencia de hidrocarburos en el agua en la zona de los contactores.

4.1.5.3. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames del Desinfectante Final (cloro o sus derivados)

Para la selección y diseño de éstos, el proyectista debe tener en cuenta lo especificado en 2.2.6 y 2.3.4.

4.1.5.4. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante Final

El proyectista debe seguir los mismos criterios empleados en 2.5.

4.1.5.5. Cámara de Contacto para la Desinfección Final

El proyectista debe dimensionar y diseñar la misma siguiendo las especificaciones dadas en 2.6.

4.1.6. Previsiones para Garantizar la Continuidad de la Ozonización y Desinfección Final

- 1). Para asegurar la continuidad y confiabilidad de la ozonización se debe prever:
 - Reserva adecuada de oxígeno, para el caso de que se utilice este elemento en la generación de ozono.
 - Fuente alternativa de provisión de energía eléctrica (generador de energía).
- 2). Para asegurar la continuidad y confiabilidad de la desinfección final, se debe prever lo indicado en 2.4.

4.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE OZONACIÓN

El proyectista debe incluir, como mínimo, en la memoria de cálculo, la información especificada en 2.7 tanto para el ozono como para el desinfectante final.

5. DESINFECCIÓN CON RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

5.1. ASPECTOS GENERALES

- 1). Para la selección del equipo o unidad de radiación ultravioleta y el diseño de la estación de desinfección se necesita, conocido el caudal de diseño de la planta, la siguiente información básica, la que debe, preferentemente, determinarse mediante ensayos:
 - Contenido de sólidos en suspensión del agua a tratar.
 - Densidad microbiana inicial del agua.
 - Densidad de partículas en el agua.
 - Coeficiente de absorción de la luz Ultravioleta (que es una medida de la demanda de radiación UV del agua).
 - Constante de velocidad de inactivación (que es una medida de la sensibilidad de los microorganismos presentes en el agua hacia la radiación UV).
 - Inactivación de microorganismos requerida.
 - Dosis de desinfectante final que se debe aplicar para mantener un nivel de desinfectante residual en el agua, en el sistema de distribución.
- 2). El método a utilizar para determinar la dosis de radiación UV a aplicar se debe seleccionar sobre la base de la factibilidad técnica y operativa de que se disponga.
- 3). Sobre la base de la información de los puntos anteriores y los equipos disponibles en el mercado, el proyectista debe realizar una evaluación técnico-económica para seleccionar el equipo de radiación ultravioleta más apropiado, aplicando los mismos criterios indicados en 1.2 5), 6) y 7).
- 4). El equipo seleccionado debe contar con lámparas que emitan su máxima energía a una longitud de onda de 253,7 μm y que sean capaces de dosar como mínimo, 16.000 microwatios-seg/cm² en todos los puntos de la cámara de desinfección.
- 5). El proyectista debe prever y diseñar una etapa de desinfección final para alcanzar una concentración de desinfectante residual preestablecida en el agua tratada que ingresa al sistema de distribución en base a 1.2 4). La selección del desinfectante a utilizar se debe hacer sobre la base de una evaluación técnico-económica que contemple entre otros aspectos las características del agua tratada, el sistema de distribución (longitud, estado, antigüedad, etc.) y las exigencias de la Norma de Calidad para el agua potable vigente.

5.1.1. Requerimiento de Energía

- 1). La energía eléctrica requerida para la desinfección con radiación ultravioleta depende de la calidad del agua a tratar.

- 2). Típicamente el sistema de provisión de energía eléctrica se debe diseñar tomando como base un consumo de aproximadamente 22 watios/hora por metro cúbico de agua a tratar.

5.1.2. Zona de Almacenamiento

- 1). El proyectista debe diseñar un recinto seguro (sismoresistente, si la zona donde se instala la planta potabilizadora lo requiere) para almacenar las lámparas UV de repuesto y las lámparas en desuso hasta que se las disponga de forma ambientalmente segura.
- 2). La superficie del área de almacenamiento se debe determinar en base al número de lámparas nuevas y usadas a almacenar durante un período de tiempo determinado (en función de la facilidad de disponibilidad de lámparas en el mercado. Se debe prever, además, espacio par almacenar repuestos y accesorios del sistema de desinfección.
- 3). Todos los aspectos relacionados con la zona de almacenamiento del desinfectante final seleccionado (cloro o sus derivados): tipo de envase, cantidad de producto a almacenar, consumo de desinfectante, etc., se deben determinar y/o diseñar basándose en lo indicado en 2.2.1 ó 2.3.2 según el tipo de desinfectante utilizado.

5.1.3. Zona de Dosificación

5.1.3.1. Equipos de medición y control

- 1). La estación de desinfección con radiación ultravioleta debe diseñarse con los siguientes equipos para medir:
 - En el agua a tratar:
 - Caudal.
 - Transmitancia.
 - Turbiedad.
 - Nivel del agua en el reactor de desinfección.
 - En las unidades de desinfección
 - Estado de cada uno de los bancos de lámparas (encendido/apagado).
 - Estado de cada lámpara (encendida/apagada).
 - Intensidad de la radiación ultravioleta. Por lo menos un medidor por banco de lámparas y cámara o reactor de desinfección.
 - Antigüedad de las lámparas (en horas).
- 2). La selección de los equipos de medición y control para la etapa de desinfección final se debe ajustar a lo especificado en 2.2.4 1) a 9).

5.1.3.2. Requisitos de instalación

- 1). La sala o recinto donde se instalan las unidades de radiación UV se deben diseñar de modo que estén protegidas contra las inclemencias del tiempo, especialmente de las temperaturas extremas y contra el vandalismo. En las zonas sísmicas, la construcción debe ser antisísmica.
- 2). La sala se debe dimensionar teniendo en cuenta el tamaño de los equipos y dejando espacio suficiente como para realizar los cambios de lámparas, mantenimiento (especialmente limpieza de éstas), y reparación de los bancos en servicio y para almacenar las unidades o equipos de radiación UV de reserva.
- 3). Se debe prever un sistema de interrupción automática del suministro de energía eléctrica y, por lo tanto de la unidad de desinfección, para cuando se interrumpa el flujo de agua a tratar.
- 4). Cada banco de tubos UV que se utilice en la desinfección debe diseñarse con su correspondiente tablero de distribución eléctrica y controles, a fin de que puedan funcionar independientemente uno del otro.
- 5). Se debe prever un circuito de interruptores accionados por corriente de pérdida a tierra para toda la unidad de radiación UV (para impedir que los operarios se vean afectados por un contacto eléctrico directo con el agua).
- 6). Los controles de funcionamiento de las unidades deben ser automatizados. Se deben prever monitores para el control visual de los niveles de radiación ultravioleta que son necesarios mantener para alcanzar el nivel de inactivación de los microorganismos predeterminado.
- 7). Se debe colocar un sensor que accione un mecanismo que interrumpa el paso de agua a tratar, cuando la unidad no puede generar suficiente radiación para lograr la desinfección deseada.
- 8). El proyectista debe prever un sistema de interruptores que automáticamente cambien la unidad de radiación UV en servicio por otra de reserva ante cualquier falla de ésta.
- 9). Los requerimientos para la instalación de la sala de desinfección de la etapa final, deben ser los indicados en 2.2.4 9).

5.1.4. Equipos de Seguridad

5.1.4.1. Alarmas

- 1). En la estación de desinfección con radiación ultravioleta, el proyectista debe prever la instalación de alarmas de alta y baja prioridad para alertar a los operarios sobre fallas o inconvenientes que puedan afectar la eficiencia del proceso o sobre otros problemas menores, respectivamente (que indican, por ejemplo, necesidad de realizar tareas de mantenimiento), y diseñar un sistema que registre automáticamente todas las alarmas.
 - Alarmas de alta prioridad para alertar sobre:
 - Falla en lámparas adyacentes (cuando dos o más lámparas han fallado).

- Falla en varias lámparas a la vez (cuando más del 5% de las lámparas del banco han fallado).
 - Intensidad de la radiación sumamente baja (la intensidad de un banco de lámparas cae por debajo de un valor mínimo predeterminado).
 - Turbiedad muy alta (cuando el valor de ésta excede el valor de diseño).
 - Alarmas de baja prioridad para alertar sobre:
 - Falla de una sola lámpara. La ubicación de la alarma debe aparecer indicada en el panel de control mostrando el banco de lámparas al que pertenece y la secuencia dentro del mismo.
 - Baja intensidad de radiación UV. (indica que la intensidad del banco de lámparas ha caído por debajo de un valor de operación prefijado).
 - Nivel del agua dentro de la unidad o reactor de desinfección (alto o más bajo que el de diseño).
- 2). Para la estación de desinfección el proyectista debe prever la instalación de los sistemas de alarmas especificados en 2.2.5 1).

5.1.4.2. Elementos de seguridad

- 1). A la entrada de las salas donde se ubican las unidades de desinfección se deben colocar los elementos de protección para los operarios, especialmente lentes y ropa adecuada para protegerlos contra las radiaciones ultravioletas, zapatos de seguridad para descargas eléctricas.
- 2). Se debe prever un detector o medidor de radiación UV para registrar el nivel de exposición de los operarios.
- 3). En la sala de desinfección final, el proyectista debe prever los elementos de seguridad especificados en 2.2.5 2).

5.1.4.3. Sistemas de Contención y Tratamiento de Fugas y Derrames del Desinfectante Final

Para la selección y diseño de éstos, el proyectista debe tener en cuenta lo especificado en 2.2.6. y 2.3.4.

5.1.5. Previsiones para Garantizar la Continuidad de la Desinfección con Radiación Ultravioleta y el Desinfectante Final

- 1). Para asegurar el proceso de desinfección con radiación ultravioleta, el proyectista debe prever:
 - Fuente alternativa de provisión de energía eléctrica (grupo electrógeno de capacidad suficiente).
 - Lámparas de repuesto suficiente como para dos años de operación.

- Equipamiento y repuestos para la operación y mantenimiento de las unidades de desinfección.
- 2). Para asegurar la continuidad del proceso de desinfección final, el proyectista debe prever los elementos indicados en 2.4.

5.1.6. Zona de Mezcla y Difusión del Desinfectante Final

Se debe diseñar en base a las especificaciones de 2.5.

5.1.7. Reactor

- 1). El reactor o cámara de desinfección con radiación ultravioleta se debe diseñar teniendo en cuenta las recomendaciones generales de los fabricantes o proveedores de los mismos, siempre que no limite la competencia.
- 2). Si las unidades de desinfección o bancos de lámparas se montan sobre un canal, este tramo del canal se debe diseñar de modo de que el flujo sea de tipo pistón. Para ello, el proyectista debe prestar especial atención al diseño de la entrada y salida de dicho canal y a la zona inmediatamente anterior al primer banco de lámparas.
- 3). La cámara de contacto para la desinfección final se debe diseñar utilizando los criterios indicados en 2.6.

5.2. DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE DESINFECCIÓN CON RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

- 1). El proyectista debe incluir en la memoria de cálculo, como mínimo, la siguiente información:
 - Caudal de diseño de la planta.
 - Dosis de radiación ultravioleta (determinada a través de uno de los tres métodos disponibles o por ensayos a escala real).
 - Número de unidades de radiación UV necesarias
 - Consumo diario de energía eléctrica.
 - Dimensiones del área de almacenamiento de lámparas de repuesto.
 - Dimensiones de la sala de desinfección con radiación UV
 - Diseño de la cámara o reactor de desinfección.
- 2). Además, el proyectista debe incluir toda la información referente para la estación de desinfección final mencionadas en 2.7.