



MANUAL PARA LA **CLORACIÓN**
DEL AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE
EN EL ÁMBITO RURAL

MANUAL PARA LA **CLORACIÓN**
DEL AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE
EN EL ÁMBITO RURAL

MANUAL PARA LA CLORACIÓN DEL AGUA EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO RURAL

Publicado por:

Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche
Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Programa Reforma del Estado orientada a la Ciudadanía (Buena Gobernanza)

Hartmut Paulsen, Director del Programa Buena Gobernanza
Av. Los Incas 172, San Isidro, Lima, Perú
T +51 | 421 1333
buenagobernanza@giz.de
<http://www.buenagobernanza.org.pe/>

Programa Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento (PROAGUA II)

Dr. Hans-Werner Theisen, Director del Programa PROAGUA II
Av. Los Incas 172, San Isidro, Lima, Perú
T +51 | 422 9067
F +51 | 422 6188
proagua@giz.de
<http://www.proagua.org.pe/>

Versión

Junio 2017.

Diseño y Diagramación

Gráfica Esbelia Quijano S.R.L.

Revisión, coordinación y edición de contenido

Programa Buena Gobernanza
Programa PROAGUA

Créditos fotográficos

Programa Buena Gobernanza
Programa PROAGUA

Elaboración de contenido

Nilsson Fustamante
Programa PROAGUA

La Cooperación Alemana es responsable del contenido de la presente publicación.
Esta publicación ha sido posible gracias a la contribución del Fondo Contravalor Perú-Alemania
mediante el Convenio de Financiamiento con el Programa de Agua Potable y Alcantarillado (PROAGUA).

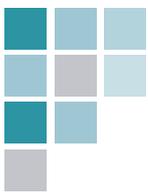
Razón Social

Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la GIZ en el Perú
Prol. Arenales 801, Miraflores. Lima, Perú

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación bajo la condición de que se cite la fuente.
Por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

INDICE

PRESENTACIÓN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
I. AGUA POTABLE Y LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO RURAL	
1.1 Importancia del agua potable en la salud pública.....	13
1.2 Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural.....	14
2. FUNDAMENTOS DE LA DESINFECCIÓN Y CLORACIÓN	20
2.1 Desinfección del agua para consumo humano.....	20
2.1.1 Características de un buen desinfectante	21
2.1.2 Desinfección y Cloración	21
2.2 Cloración como proceso de desinfección.....	23
2.2.1 Conceptos básicos	23
2.2.2 El Cloro (Cl ₂).....	25
2.2.3 El pH del agua y su importancia en la cloración	26
2.2.4 La concentración y tiempo de contacto del desinfectante.....	27
2.2.5 Dosis de cloro.....	31
2.2.6 Subproductos de la desinfección por cloración (SPD).....	33
2.3 La cloración como método de desinfección apropiado para el ámbito rural	34
3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO AUTOCOMPENSANTE	36
3.1 La cloración por goteo	36
3.2 Sistema de cloración por goteo autocompensante	37
3.2.1 Principios de funcionamiento	38
3.2.2 Componentes del clorador.....	41
3.3 Instalación del clorador por goteo autocompensante.....	51
3.3.1 Importancia del diagnóstico.....	51
3.3.2 Adquisición de materiales y contratación de servicios	53
3.3.3 Construcción de caseta de protección	53
3.3.4 Instalación del sistema de cloración	53
3.3.5 Puesta en funcionamiento y calibración del clorador.....	56
3.3.6 Optimización del funcionamiento del clorador	59
3.4 Operación y mantenimiento del clorador por goteo autocompensante.....	62



3.5	Control de calidad de la desinfección del agua.....	64
3.5.1	Parámetros a controlar para garantizar la calidad de la cloración.....	64
3.5.2	Frecuencia y puntos de control de la desinfección.....	65
3.5.3	Métodos de medición de los parámetros de control de la desinfección.....	66
4.	MANEJO SEGURO DEL CLORO.....	70
5.	DOCUMENTOS GUÍA PARA CLORACIÓN POR GOTEO AUTOCOMPESADO.....	75
	ANEXOS.....	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Agentes desinfectantes que se utilizan en sistemas de abastecimiento de agua potable.....	22
Tabla 2.	Efectos tóxicos del cloro.....	26
Tabla 3.	Valores de CT para reducir los microorganismos más comunes del agua.....	28
Tabla 4.	Posibles subproductos-Trihalometanos del proceso de cloración.....	34
Tabla 5.	Materiales para la cloración y control del cloro residual libre.....	50
Tabla 6.	Efectos de la exposición al Hipoclorito de Calcio (65%) y medidas de primeros auxilios.....	70
Tabla 7.	Manejo seguro del Hipoclorito de Calcio (65%).....	71
Tabla 8.	Equipos de protección personal (EPPs) de uso obligatorio durante la cloración.....	73
Tabla 9.	Documentos guía para la implementación de cloración por goteo autocompensante.....	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema de Agua Potable Convencional.....	15
Figura 2.	Captación de agua subterránea.....	15
Figura 3.	Línea de conducción de agua.....	16
Figura 4.	Planta de tratamiento de agua potable (ejemplo Filtro rápido).....	16
Figura 5.	Reservorio.....	17
Figura 6.	Línea de aducción.....	18
Figura 7.	Red de distribución.....	18
Figura 8.	Conexión domiciliaria.....	19
Figura 9.	pH del agua versus porcentaje de HOCl y OCl-.....	27



Figura 10.	Relación entre concentración de ácido hipocloroso (HOCl) y el tiempo de contacto para diferentes tipos de microorganismos	28
Figura 11.	Modelos de cámaras de contacto para la cloración.	30
Figura 12.	Curva de demanda de cloro hallada en laboratorio	32
Figura 13.	Productos de cloro como desinfectante, presentación en el mercado	35
Figura 14.	Esquema general del sistema de cloración por goteo autocompensante implementado por la GIZ – FPA.	37
Figura 15.	Tanque de agua, disponible en el mercado, para clorador	42
Figura 16.	Kit dosificador del sistema de cloración por goteo autocompensante.....	43
Figura 17.	Kit dosificador del sistema de cloración por goteo autocompensante: goteros.....	44
Figura 18.	Curvas de desempeño de goteros marca AZUD.....	44
Figura 19.	Kit de dosificación de cloro por goteo listo para conectar al tanque de cloración.....	45
Figura 20.	Planos tipo para una caseta cloración instalada sobre reservorio o cámara de contacto de concreto.	46
Figura 21.	Materiales empleados en la conexión de agua para llenado de tanque clorador.....	49
Figura 22.	Modelo libro de control de cloro residual libre	61
Figura 23.	Modelo de llenado del libro de control de cloro residual libre	61

INDICE DE FOTOS

Foto 1.	Adolescentes beneficiarias de un proyecto de agua potable financiado por el Fondo Contravalor Perú Alemania en Pachitea – Huánuco.....	13
Foto 2.	Implementación de dispositivos de cloración del tipo goteo autocompensante por PROAGUA.....	36
Foto 3.	Caseta de cloración sobre reservorio.....	47
Foto 4.	Construcción de caseta de cloración en Huamanguilla, Huanta, Ayacucho.	54
Foto 5.	Revisión de materiales a ser utilizados en sistema de cloración.....	55
Foto 6.	Conexión de agua para llenado de tanque clorador (en tubería de ingreso a reservorio).....	56
Foto 7.	Instrucciones para el uso apropiado de EPPs y la preparación de solución de cloro.....	58
Foto 8.	Control del cloro residual libre en el agua que sale del reservorio.	60
Foto 9.	Recepción del sistema de cloración por goteo por parte de los operadores del sistema de agua potable.....	60
Foto 10.	Operación y mantenimiento del sistema de cloración.....	63
Foto 11.	Medida del cloro residual libre.....	66

Foto 12.	Equipo portátil marca Hach, medidor digital de pH y cloro residual libre, entre otros.....	67
Foto 13.	Equipo portátil medidor digital de Turbiedad marca Hach, Modelo 2100Q.....	67
Foto 14.	Comparadores colorimétricos portátil.....	68
Foto 15.	Uso correcto y obligatorio de los EPPs.....	74

TABLA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ATM	Área Técnica Municipal de Servicios de Saneamiento
BDCM	Bromodiclorometano
CEPIS	Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Cl ₂	Cloro
CT	Concentración por tiempo
DBCM	Dibromoclorometano
Diresa	Dirección Regional de Salud
DPD	N,N Dietil parafenilendiamina.
DRVCS	Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento
EDAs	Enfermedades diarreicas agudas
EPA	Environmental Protection Agency
EPPs	Equipos de protección personal
EPS	Empresa Prestadora de Servicios
FPA	Fondo Contravalor Perú-Alemania
Geresa	Gerencia Regional de Salud
GL	Gobierno local
HAA	Ácidos halo acéticos
NaOCl	Hipoclorito de sodio
Ca(OCl) ₂	Hipoclorito de Calcio
HOCl	Ácido hipocloroso
JASS	Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento
Minsa	Ministerio de Salud
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NaCl	Cloruro de sodio
OC	Organizaciones comunales
O&M	Operación y mantenimiento



OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PNSR	Programa Nacional de Saneamiento Rural del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
Proagua	Programa de Agua Potable y Alcantarillado
Proagua II	Programa Modernización y Fortalecimiento del Sector Agua y Saneamiento
PVC	Polivinilo de cloruro.
PVICA	Programa de Vigilancia de la Calidad del Agua
PTAP	Planta de tratamiento de agua potable
SAP	Sistema de agua potable
SPD	Subproductos de la desinfección por cloración
SUM Canadá	Servicio Universitario Mundial de Canadá
THM	Trihalometanos
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbiedad



PRESENTACIÓN

El presente “Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural” es una herramienta de apoyo y consulta para las Áreas Técnica Municipales y organizaciones comunales, basado en el modelo de intervención de la alianza entre la Cooperación Alemana implementada por la GIZ a través del Programa de Agua Potable y Alcantarillado (Proagua) y el Fondo Contravalor Perú-Alemania (FPA).

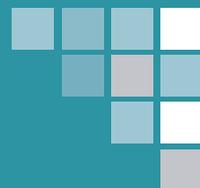
Dicho manual tiene por objetivo brindar orientaciones para la gestión de la calidad del agua a nivel local. Viene siendo aplicado por el Programa Buena Gobernanza, como parte de sus proyectos de asistencia técnica para el fortalecimiento de la gestión municipal en saneamiento rural.

La asistencia técnica a las organizaciones comunales de su ámbito son también una función esencial del Gobierno local; debido a ello, estos temas se abordan en dos documentos complementarios a este manual, denominados “Manual para la implementación de organizaciones comunales prestadoras de servicios de saneamiento en el ámbito rural”, y el “Manual de fortalecimiento de los Gobiernos locales en la gestión de los servicios de saneamiento en el ámbito rural”.

Es de principal interés que la promoción e implementación de este manual se realice por parte de las instancias de gobierno competentes y por los operadores de los sistemas de agua potable del ámbito rural como las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento JASS, quienes tienen a su cargo la gestión de sus servicios de saneamiento a nivel comunal. La mejora de la calidad del agua redundará en beneficio de la población de las comunidades, en especial de la niñez.

Hartmut Paulsen
Director del Programa
Buena Gobernanza

Dr. Hans-Werner Theisen
Director del Programa
PROAGUA II



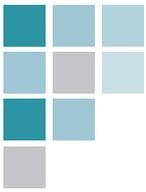
INTRODUCCIÓN

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento constituye un derecho humano reconocido por las Naciones Unidas, debido a que es fundamental para mantener la buena salud de las personas. Su limitado acceso o la inadecuada calidad de la prestación del servicio, representan un grave riesgo para la salud humana, en especial de los niños, adultos mayores y personas con la salud disminuida. En este sentido, es obligación de los gobiernos, diseñar, formular y ejecutar políticas públicas destinadas a garantizar el acceso a servicios de calidad de forma sostenible.

En el Perú, especialmente en las zonas rurales, 1 de cada 3 peruanos aún no cuenta con acceso al agua potable. Entre los que cuentan con acceso, sólo el 1%, en el año 2015, accedía a agua clorada. Sin duda, esta es una de las principales causas de los más de mil casos diarios de diarreas en niños menores de 5 años, reportados anualmente por el Ministerio de Salud (Minsa). No obstante los esfuerzos emprendidos en los últimos años para dotar de sistemas de abastecimiento de agua potable sostenibles a poblaciones rurales, los sistemas de desinfección del agua aún presentan deficiencias. Estas deficiencias también constituyen oportunidades de mejora que pueden ser atendidas con soluciones innovadoras que estén al alcance de las poblaciones rurales.

El presente manual propone el sistema de cloración por goteo autocompensante como una herramienta para la adecuada cloración del agua en pequeños sistemas de abastecimiento de agua potable. Busca asistir de manera sencilla y efectiva a los operadores, y demás actores involucrados, en su implementación. La efectividad de este sistema ha sido probada en más de 200 sistemas de abastecimiento de agua potable, que fueron cofinanciados por el Fondo Contravalor Perú Alemania e implementados por la Cooperación Alemana al Desarrollo-GIZ, mediante su programa Proagua, en el período entre los años 2012 al 2016. En base a esta experiencia, se ha comprobado que este sistema de cloración se presenta como una tecnología apropiada para el ámbito rural.

El presente manual se desarrolla siguiendo una secuencia que va desde el fundamento teórico de la desinfección-cloración hasta la presentación de instrumentos para la implementación del clorador, así como su para su operación y mantenimiento (O&M). Es así que se inicia presentando los alcances del documento y su aplicabilidad. El capítulo 1 describe en forma breve, la importancia del agua potable para la salud pública, así como las consecuencias de su deficiente provisión; además de los principales tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable que se encuentran en el ámbito rural. En el capítulo 2 se presentan los principales conceptos y fundamentos teóricos para la desinfección y cloración del agua para consumo humano, de tal forma que el lector se aproxime a los aspectos conceptuales que son base para la implementación de un

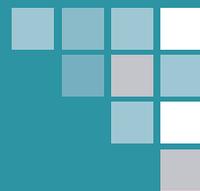


sistema de cloración. El capítulo 3 presenta el sistema de cloración desarrollado por el autor en el marco de la implementación de los proyectos de agua y saneamiento del FPA y GIZ, denominado “sistema de cloración por goteo autocompensante”. Se presentan los principios para su funcionamiento, las etapas para su implementación, las acciones de operación y mantenimiento, así como las acciones de control de la calidad de la desinfección del agua. El capítulo 4 describe las acciones para el manejo seguro del cloro, que están orientadas a preservar la salud del operador y de quienes manipulen el desinfectante. Este capítulo es de vital importancia, por lo que el proceso de implementación del sistema de cloración requiere su lectura previa y cuidadosa. En el capítulo 5 se presentan los documentos guía que ayudarán a las personas responsables a implementar los sistemas de cloración en forma sencilla y exitosa.

ALCANCE DEL MANUAL

Se propone este manual técnico como una herramienta de aplicación en la operación y mantenimiento de sistemas convencionales de abastecimiento de agua potable que abastecen a poblaciones rurales del ámbito nacional.

Es de principal interés que la promoción e implementación de este manual se realice por parte de las instancias de gobierno competentes y por los operadores de los sistemas de agua potable del ámbito rural como las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento JASS, quienes tienen a su cargo la gestión de sus servicios de saneamiento a nivel comunal. Entre ellas, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Ministerio de Salud (MINSA), las Direcciones Regionales de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS), Direcciones Regionales de Salud (DIRESA), las áreas técnicas municipales (ATMs) y otras instancias públicas y privadas que desarrollan actividades destinadas a mejorar la calidad del agua potable en el ámbito rural.



I. AGUA POTABLE Y LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO RURAL

1.1 Importancia del agua potable en la salud pública¹

De acuerdo a las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), agua potable es aquella agua que puede ser consumida por las personas durante toda su vida sin poner en riesgo su salud (OMS, 2006). Para lograr esta condición, el agua potable debe contar con características físico-químicas y bacteriológicas por debajo de los valores límite establecidos por las normas vigentes, que establecen la calidad del agua que no pone en riesgo la salud de las personas que la consume.

El agua contaminada puede transmitir enfermedades, entre ellas las EDAs (enfermedades diarreicas agudas), que son conocidas como una de las principales causas de morbilidad y de los altos índices de desnutrición crónica en niños menores de 5 años en el Perú. De acuerdo al MINSA, en el año 2014 se reportaron 478,000 casos de diarreas en niños menores de 5 años. Sólo el 1% del agua para consumo humano en las zonas rurales del Perú estaba clorada, según datos de la encuesta ENDES 2014 y reportada por la Contraloría General de La República en una auditoría de desempeño (Contraloría General de la República, 2015) efectuada a los servicios de saneamiento para el ámbito rural del Perú en el año 2015.

Foto 1. Adolescentes beneficiarias de un proyecto de agua potable financiado por el Fondo Contravalor Perú Alemania en Pachitea – Huánuco.



Fuente: Archivo Proagua. Fotografía de Thomas Müller 2014.

¹ En el presente manual se hace referencia a marcas de algunos productos solo con fines ilustrativos o a modo de ejemplo basados en la experiencia en campo. En ningún caso se sugiere el uso exclusivo de dichas marcas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que al menos 840,000 muertes por enfermedades diarreicas en el mundo se evitan por el acceso conjunto a agua potable, saneamiento e higiene, generando por cada 1 dólar invertido en estos servicios un retorno en beneficios de 4.3 dólares (OMS, 2012).

La importancia del agua potable es reconocida por organizaciones internacionales como las Naciones Unidas. Fue declarada como derecho humano por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2010 (Naciones Unidas, 2010) y es uno de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (ONU). En el Perú, en la misma línea, un objetivo de Estado aprobado por el Acuerdo Nacional, en el Plan Bicentenario: Perú al 2021, asegurar que el 85% de la población tenga acceso al agua potable en el 2021.

1.2 Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural

En el Perú, el ámbito rural es definido como aquellas poblaciones cuyos habitantes no exceden de los 2000 habitantes y que no se encuentran en el ámbito de una Empresa Prestadora de Servicios (EPS). Esta categorización se realiza en la Ley N° 26338: Ley General de los servicios de saneamiento y el TULO de su reglamento, así como en el Decreto Legislativo N° 1280 que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

Los sistemas de agua potable tienen por objetivo abastecer de agua potable a una población determinada; pueden ser convencionales y no convencionales. Los sistemas convencionales son los que brindan acceso al agua potable a nivel domiciliario y cuentan con un sistema de tratamiento y distribución del agua potable en cantidad y calidad establecida por las normas de diseño. Cada una de las viviendas se abastece a través de una conexión domiciliaria. Estos sistemas pueden ser de cuatro tipos, por gravedad con o sin tratamiento y por bombeo con o sin tratamiento.

Un sistema de agua potable (SAP) no convencional es aquel “esquema de abastecimiento de agua compuesto por soluciones individuales o multifamiliares que aprovechan pequeñas fuentes de agua y que normalmente demandan el transporte, almacenamiento y desinfección del agua en el nivel intradomiciliario” (Organización Panamericana de la Salud, 2003). Son ejemplos de sistemas no convencionales abastecimiento mediante agua de lluvia, bombas manuales, agua superficial con tratamiento intradomiciliario, entre otros. (Ver Figura 01)

Las partes de un sistema de agua potable convencional son:

1. Componentes destinados a la producción de agua potable:

Captación de agua

Unidad destinada a captar el agua de la fuente de abastecimiento. Las fuentes de abastecimiento generalmente son de dos tipos: fuente subterránea (pozos) y fuente superficial (ríos). (Ver Figura 02)

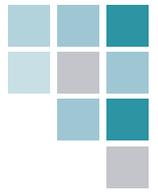
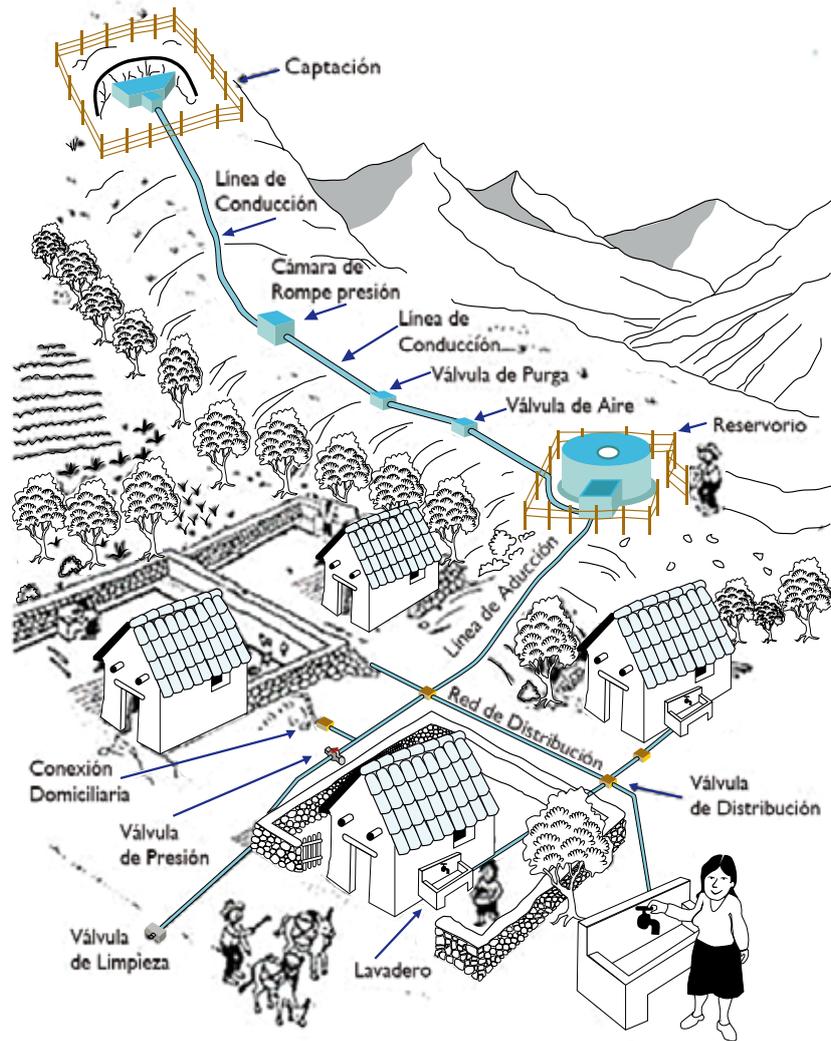
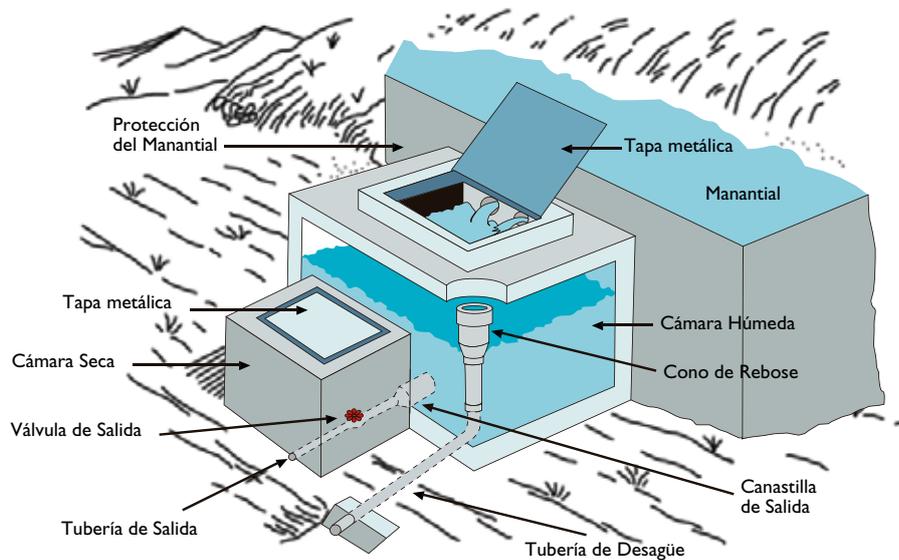


Figura 1. Sistema de Agua Potable Convencional



Fuente: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#Tipos_de_Sistema

Figura 2. Captación de agua subterránea



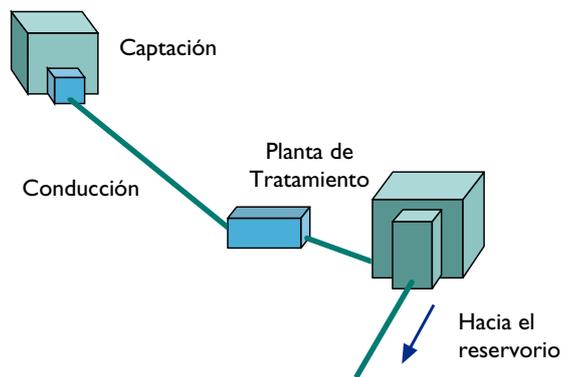
Fuente: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#Tipos_de_Sistema

Línea de conducción de agua

Conformado por tuberías, estaciones reductoras de presión, válvulas de aire y otras estructuras que tienen como función conducir el agua captada desde la fuente de abastecimiento hacia la unidad de tratamiento de agua (planta de tratamiento en caso exista).

La línea de conducción puede ser por gravedad o por bombeo. A esta segunda se le denomina línea de impulsión, porque conduce el agua a presión que se genera con un sistema de bombeo.

Figura 3. Línea de conducción de agua

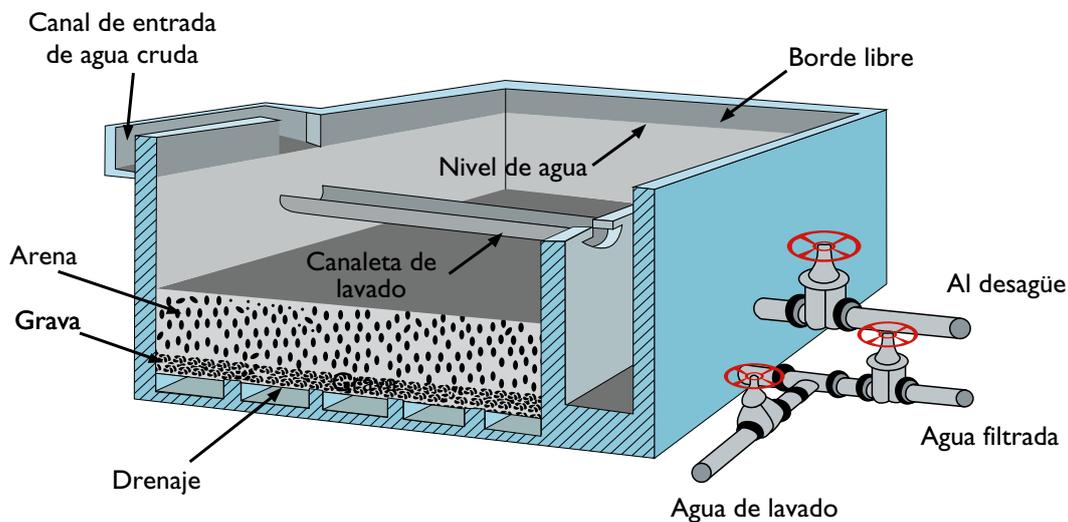


Fuente: http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#Tipos_de_Sistema

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

Está conformada por un conjunto de unidades diseñadas e instaladas con el fin de adecuar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua cruda (captada en la fuente de abastecimiento) para que cumplan con los valores límite establecidos en las normas de calidad para agua potable.

Figura 4. Planta de tratamiento de agua potable (Ejemplo de filtro lento)



<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>



La complejidad de la planta de tratamiento depende de los niveles de remoción de las sustancias contaminantes o características hasta los niveles requeridos para convertirla en potable, es decir, de la cantidad de procesos a realizar para convertir el agua de la fuente a potable. Ejemplo, el agua cruda extraída de fuentes subterráneas (mediante pozos) generalmente cuenta con características físico-químicas, bacteriológicas y organolépticas que no requieren tratamiento previo a la desinfección. En estos casos es posible instalar la unidad de desinfección directamente en los reservorios de almacenamiento.

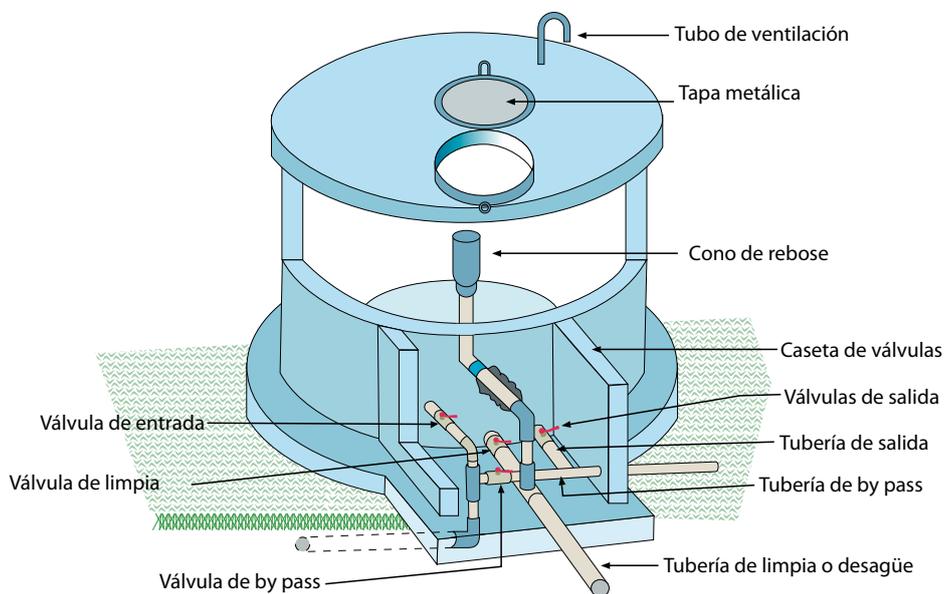
La desinfección final constituye el único proceso obligatorio en todo sistema de abastecimiento de agua potable. Elimina agentes patógenos y garantiza la inocuidad del agua potable cuando llega al consumidor final debido a su efecto residual.

2. Componentes destinados para el almacenamiento y distribución del agua potable:

Almacenamiento de agua potable

Estructura denominada reservorio de almacenamiento. Su función es almacenar una cantidad de agua suficiente para satisfacer la demanda de la población durante paradas en la producción y regular las presiones en la red de distribución. Cuando no existe planta de tratamiento, aquí se puede realizar la desinfección directa.

Figura 5. Reservorio



Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales (E. García, 2009)

Línea de aducción de agua potable

Está conformado por sistemas de tuberías, válvulas y otros componentes que en su conjunto sirven para conducir el agua potable desde el reservorio de almacenamiento hacia la red de distribución.

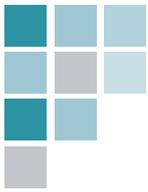
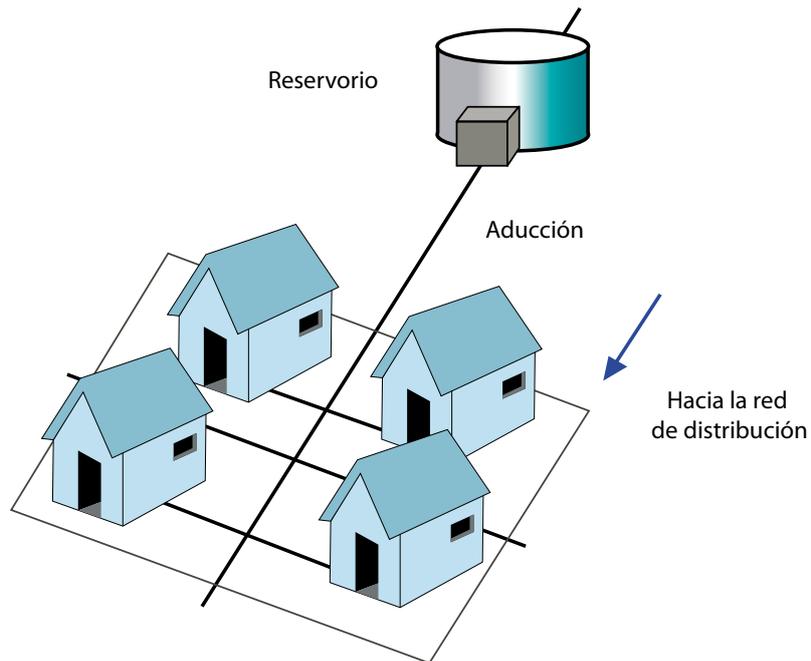


Figura 6. Línea de aducción

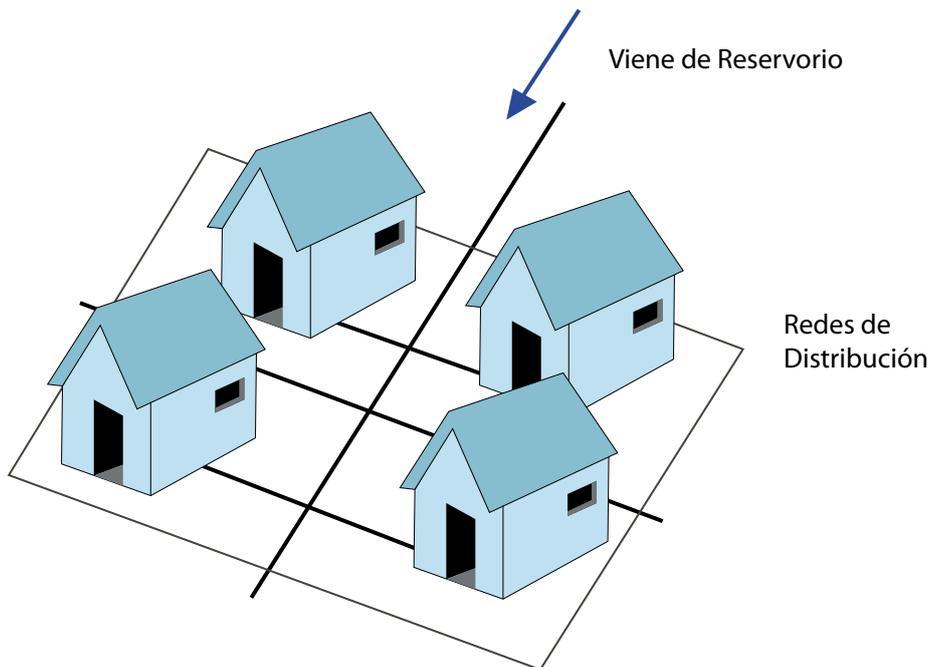


<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>

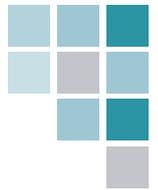
Red de distribución de agua potable

Sistema de tuberías que incluye válvulas de control, estaciones reductoras de presión y otros componentes, que en su conjunto distribuyen el agua potable a cada una de las viviendas de la población usuaria.

Figura 7. Red de distribución



<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>

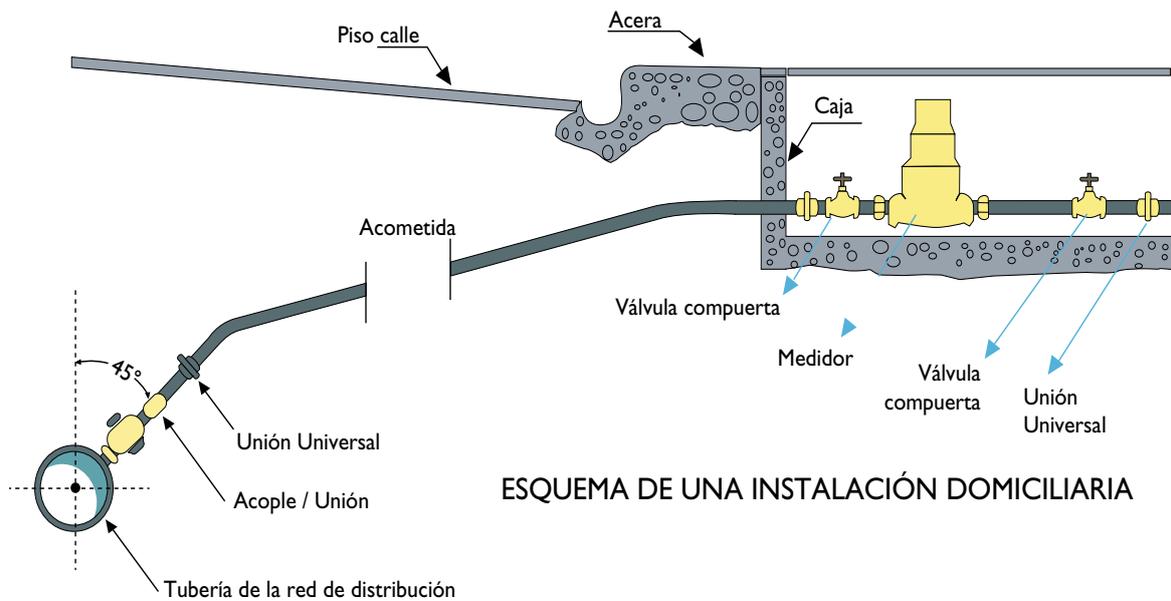


Conexiones domiciliarias

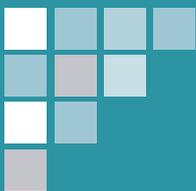
Ubicado generalmente en la vereda de la vivienda abastecida, la conexión domiciliar brinda el acceso al servicio de agua potable. Está conformada por los elementos de toma, medición y caja de protección.

La responsabilidad del prestador llega hasta la conexión.

Figura 8. Conexión domiciliar



Adaptado de <https://www.emaze.com/@AZQCOWLL/INSTALACIONES>



2. FUNDAMENTOS DE LA DESINFECCIÓN Y CLORACIÓN

2.1 Desinfección del agua para consumo humano

La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Consiste en la **destrucción de microorganismos patógenos** presentes en el agua antes de ser abastecida a la población usuaria. Se realiza mediante agentes químicos o físicos y debe tener un **efecto residual** en el agua potable, a fin de eliminar el riesgo de cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección.

La evaluación de la **calidad del agua** se realiza **comparando** sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, **de acuerdo al uso** que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajusta los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable.

CALIDAD DEL AGUA POTABLE

En el Perú, la calidad del agua potable se regula mediante el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el Ministerio de Salud-MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

Este reglamento establece, en caso se aplique la desinfección por cloración, que el agua potable no deberán contener menos de 0.5 mgL-l de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL-l. La turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

En el mismo caso, las guías de la OMS recomiendan asegurar la desinfección residual del agua para consumo humano y garantizar una concentración de cloro residual no menor de 0.2mgL-l (Organización Mundial de la Salud, 2006).

En otros países, como Costa Rica (en este país, la concentración de cloro libre no debe ser menor de 0.3 mgL-l ni mayor de 0.6 mgL-l), se regula también la concentración máxima de cloro residual libre en el agua potable. El propósito es evitar en la población el rechazo al agua potable por olores o sabores que pueda generar el cloro, además de reducir el riesgo de generación de subproductos de la desinfección (Reglamento para la Calidad del Agua Potable, aprobado mediante Decreto N° 38924 del 12/01/2015. Publicado en N° Gaceta: 170 del 01/09/2015 Alcance: 69. Consultado en <http://www.pgrweb.go.cr> el 06/05/2017).



2.1.1 Características de un buen desinfectante

Las principales características de un buen desinfectante deben ser² :

- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto,
- No perder su capacidad desinfectante ante cambios en la composición y condiciones del agua a desinfectar,
- No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos,
- Debe mantener su capacidad desinfectante en un rango adecuado de temperatura del agua,
- Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como de determinar su concentración en el agua y
- Debe proveer al agua una protección residual contra contaminaciones posteriores a la desinfección, es decir, tener efecto residual.

EN EL PERÚ

Debido al contexto local en el que se provee el servicio de agua potable en el ámbito rural del Perú, para establecer las características de un buen desinfectante también se debe considerar que los prestadores generalmente:

- Son en su mayoría, organizaciones comunales con limitado o sin personal calificado,
- Tienen poca capacidad financiera y con limitado acceso al mercado de desinfectantes, equipos especializados y sus repuestos,
- Se integran en comunidades rurales pocos accesibles,
- Cuentan con limitada o nula disponibilidad de energía eléctrica,

Además, para lograr la desinfección correcta y oportuna es importante:

- Que implique un proceso simple de desinfección y monitoreo de la concentración residual,
- Que la determinación de la concentración a aplicar del desinfectante sea fácil,
- Que sea de bajo costo,
- Que esté disponible en el mercado al que accede el prestador.

2.1.2 Desinfección y Cloración

La desinfección del agua puede realizarse mediante agentes físicos o agentes químicos. En la Tabla I, se presentan los principales agentes desinfectantes que se utilizan en sistemas de abastecimiento de agua potable, así como sus principales ventajas y desventajas.

² Adaptado de Nicholas P. Cheremisinoff (2002).



Los agentes desinfectantes actúan generalmente en dos formas para la destrucción de los microorganismos:

1. Destruyendo directamente la pared celular y por tanto al microorganismo o
2. Afectando la actividad enzimática en el exterior del microorganismo y por tanto su metabolismo o alimentación, originando su muerte.

Tabla I. Agentes desinfectantes que se utilizan en sistemas de abastecimiento de agua potable

Agente desinfectante		Ventajas	Desventajas
Agentes físicos	Filtración	<ul style="list-style-type: none"> • Retiene todo tipo de microorganismos incluyendo quistes de parásitos. • Filtros lentos pueden alcanzar 96% de eficiencia de remoción de bacterias y los filtros rápidos hasta 98%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo funciona para microorganismos de gran tamaño. • Funciona con baja turbiedad. • No elimina algas y diatomeas que generan olores y color al agua. • No tiene efecto residual.
	Radiación ultravioleta	<ul style="list-style-type: none"> • Destruye ADN de bacterias y virus. • No requiere de tiempos de contacto altos. • No altera las características del agua. • Su aplicación es sencilla y de bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene efecto residual. • El mantenimiento de las lámparas requiere personal calificado. • Requiere energía eléctrica para su aplicación. • Puede disminuir su eficacia en aguas turbias o con color.
Agentes químicos	Cloración	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene efecto residual. • Es de fácil aplicación y bajo costo. • Requiere cortos periodos de contacto. • Muy efectivo para bacterias y virus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede agregar sabor, olor y color al agua. • Baja capacidad desinfectante en aguas con pH mayores a 7.5. • Requiere cuidadoso almacenamiento y manipulación. • Es altamente corrosivo. • Puede generar subproductos peligrosos para la salud (trihalometanos y compuestos orgánicos halogenados y no halogenados). • No es efectivo para remover huevos y quistes de parásitos. • Operación y mantenimiento simples de equipos.
	Ozono	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de contacto mucho menores que el cloro. • Capacidad de desinfección no depende del pH. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene efecto residual. • Alto costo respecto al cloro. • Baja vida media en el agua, menos de 30 minutos. • Requiere equipos especializados y energía para su aplicación. • Complicado mantenimiento de equipos.



De todos los agentes desinfectantes, el cloro sigue siendo el de mayor aplicación en sistemas de abastecimiento de agua, entre otras ventajas, principalmente, por su efecto residual, su bajo costo y la facilidad para su aplicación.

2.2 Cloración como proceso de desinfección

2.2.1 Conceptos básicos

pH del agua

Es la medida de la concentración de los iones H^+ en el agua. Está relacionado al grado de acidez o basicidad que tiene el agua.

La desinfección del agua mediante cloración es efectiva a pH alrededor del valor 7 (pH neutro). Su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0

El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5 (MINSA, 2010).

Acido hipocloroso (HOCl).

Compuesto químico que resulta de la reacción del agua con un producto de cloro.

El ácido hipocloroso (HOCl) tiene **gran poder desinfectante** debido a su bajo peso molecular que le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

Debe procurarse su formación para asegurar la efectiva desinfección del agua.

Ion Hipoclorito (OCl⁻).

Compuesto químico que también resulta de la reacción del agua con un compuesto de cloro. Su capacidad de desinfección es **muy reducida**. Su condición de ion no le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

Compuesto de cloro.

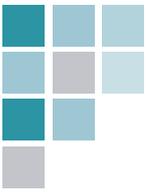
Cualquier producto que contiene cloro como uno de sus componentes.

En la desinfección del agua los compuestos de cloro más utilizados son Cloro gas (Cl_2), Hipoclorito de sodio (NaOCl) e Hipoclorito de Calcio ($Ca(OCl)_2$).

Cloro libre.

Es la cantidad de cloro disponible para la desinfección del agua.

Queda como remanente después de reaccionar con los compuestos presentes en el agua y está disponible para eliminación de patógenos.



Se determina como la suma del ácido hipocloroso más ion hipoclorito.

Cloro residual libre.

Cloro libre que queda disponible después de haber efectuado la desinfección del agua, es decir, la destrucción o inactivación de los microorganismos presentes.

La norma peruana exige una concentración mínima de cloro residual libre en el agua potable de 0.50 mg/L.

El cloro residual libre está determinado por la suma de la concentración de ácido hipocloroso más la concentración de ion hipoclorito que se forma en el agua luego de añadir el compuesto de cloro; su equilibrio está influenciado por el pH del agua.

Turbiedad.

Parámetro que indica la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua. Se considera una característica organoléptica de la calidad del agua potable.

La Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU recomienda una turbiedad máxima de 0.1 UNT para optimizar la efectividad de la desinfección del agua.

Mientras más turbia sea el agua, mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes. No es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT. Según James R. Mihelcic, Fry, Myre, Linda D. Phillips, & Brian D. Barkdoll, (2009) los niveles de turbiedad antes de la cloración del agua deben ser:

- Ideal: menor a 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)
- Aceptable: menor a 5 UNT
- En caso de emergencia menor a 20 UNT por un muy corto periodo de tiempo.

Demanda de cloro.

Se denomina así a la cantidad de cloro que al **entrar en contacto con el agua se consume**, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos.

Tiempo de contacto

Es el tiempo en que el cloro está en contacto con el agua.

En la desinfección del agua se debe tener un tiempo de contacto suficiente para que pueda ejercer su función desinfectante.



Clorador.

Dispositivo utilizado para aplicar el cloro al agua en la dosis correspondiente.

Dependiendo de la forma de presentación del desinfectante en el mercado, existen tres formas principales de aplicación del cloro para la desinfección:

Cloro gas: Se aplica mediante eyectores de alta presión directamente al agua. Se busca la solubilidad completa del cloro. Se usa principalmente en sistemas de agua potable que atienden a poblaciones medianas a grandes.

Cloro sólido: El cloro en su presentación sólida (hipoclorito de calcio), principalmente en tabletas puede ser directamente aplicada mediante difusores o hipocloradores, como el modelo recomendado por CEPIS, y mediante clorinadores de tabletas que son bastante utilizados en piscinas.

Los clorinadores de tabletas requieren de la disponibilidad en el mercado de las tabletas de cloro, en las características necesarias para cada equipo instalado. Así mismo requieren flujos relativamente constantes en la tubería de agua a la cual se conecta. Principalmente deben instalarse sobre el nivel de agua del reservorio o seguir especificaciones de instalación especial para sistemas instalados por debajo del nivel de agua. Este tipo de sistemas puede utilizarse en sistemas de agua potable con sistemas de bombeo en la conducción o aducción.

Cloro líquido: El cloro en su presentación líquida ocurre como hipoclorito de sodio. También en la forma de cloro sólido que es disuelto. Su aplicación es relativamente sencilla y se aplica directamente en la cámara de cloración o reservorio mediante dispositivos por gravedad o mediante bombas dosificadoras. Los dosificadores por gravedad son factibles de ser usados en sistemas de agua potable de caudales pequeños (hasta 10Lps) sin necesidad de recursos humanos especializados.

Solución clorada.

Es la combinación de agua con un compuesto de cloro, con una concentración alta de cloro.

2.2.2 El Cloro (Cl₂)

El cloro es un gas de color amarillo verdoso con un peso específico igual a 2.48 veces el peso específico del aire en condiciones normales de temperatura y presión.

El cloro fue descubierto en 1774 por el químico sueco Scheele y fue nombrado recién en 1810 por Sir Humphrey Davy, el nombre proviene del vocablo griego Chloros que significa verde-amarillo (Nicholas P. Cheremisinoff, 2002).

El cloro puede encontrarse en la naturaleza en forma combinada, mayormente como cloruro de sodio (NaCl: sal común) u otras sales.

Se estima que su primer uso fue realizado en New Jersey (Estados Unidos) alrededor del año 1908. También se usa en el tratamiento del agua para el control de algas, olores, color y como oxidante para reducir hierro y manganeso entre otros.

El cloro gas es una sustancia altamente tóxica, capaz de generar daños permanentes, incluso hasta la muerte, con prolongados tiempos de exposición. El principal medio de exposición es por inhalación. La Tabla 2 resumen los efectos tóxicos del cloro.

Tabla 2. Efectos tóxicos del cloro

Nivel de exposición	Efecto tóxico
0.01mg/l	Afecta la vida acuática
3.5mg/l	Nivel en el cuál es detectable su olor.
Hasta 15mg/l	Irritación de mucosas de ojos y respiratorias
50mg/l	Efectos graves en cortos periodos de exposición
1000mg/l	Efectos letales

Fuente: : Adaptado de Nicholas P. Cheremisinoff (2002).

2.2.3 El pH del agua y su importancia en la cloración

El cloro al entrar en contacto con el agua a ser desinfectada, reacciona principalmente en sus formas de ácido hipocloroso e ion hipoclorito. Las proporciones en que se forman una u otra de estas formas están muy influenciadas por el pH del agua.

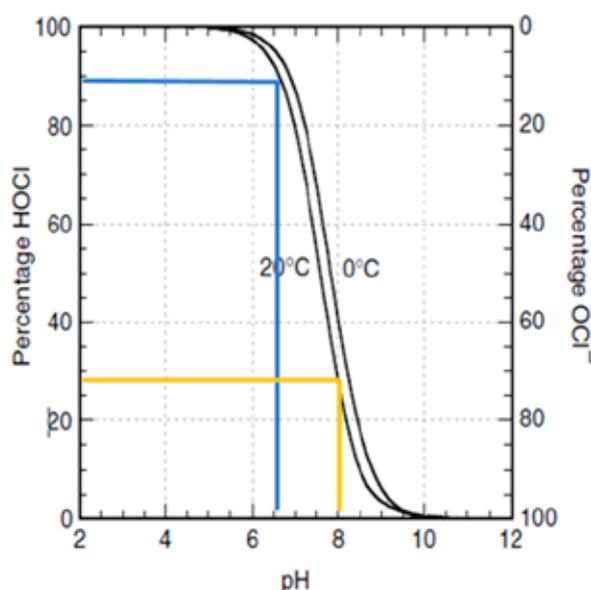
El principal y la más importante forma activa del cloro es el ácido hipocloroso; sin embargo, como se puede observar en la

Figura 9, sólo se produce en porcentajes importantes en una solución con pH por debajo de 7.5. Clorar un agua con pH mayores a 7.5 resulta poco eficiente.

En importante controlar el pH del agua durante la desinfección.
El rango óptimo de pH para la cloración debe estar entre 6.8 y 7.5
¡Se obtiene los mejores resultados!



Figura 9. pH del agua versus porcentaje de HOCl y OCl-



Fuente: Adaptado de Martel & Vargas (2004)

De acuerdo a Solsona & Méndez (2002), la eficiencia de HOCl es por lo menos 80 veces mayor que la del OCl-.

2.2.4 La concentración y tiempo de contacto del desinfectante

La concentración de cloro se refiere a: *La cantidad de cloro en peso por volumen de agua.*

La concentración se mide principalmente en las siguientes unidades:

En mg/L : 1mg/L → Indica que hay 1 mg de cloro en 1 litro de agua.

En ppm : 1ppm = 1mg/l.

En % en peso : 1% → Indica que hay 10,000mg de cloro en 1 litro de agua.

Por ejemplo

Si el hipoclorito de calcio es al 65%, quiere decir:

Que en 1kg de hipoclorito existe 0.65kg de cloro libre, es decir 650g de cloro.

$65\% \times 1\text{kg} = 0.65\text{Kg}$ de cloro libre = 650gr de cloro.

Al mezclar 1kg de hipoclorito de calcio en 1 000 litros de agua, la concentración de cloro libre será:

$$\frac{650 \text{ g}}{1,000\text{litros}} = \frac{650 \times 1000 \text{ mg}}{1,000 \text{ litros}} = 650 \text{ mg/L}$$

Si el hipoclorito de sodio o lejía es al 5%, quiere decir:

Que en 1kg de lejía habrá 0.05kg de cloro = 50g de cloro libre



Nos referimos a cloro libre, por tanto, cuando utilizamos un producto que contiene cloro, debemos primero conocer el contenido de cloro en este producto.

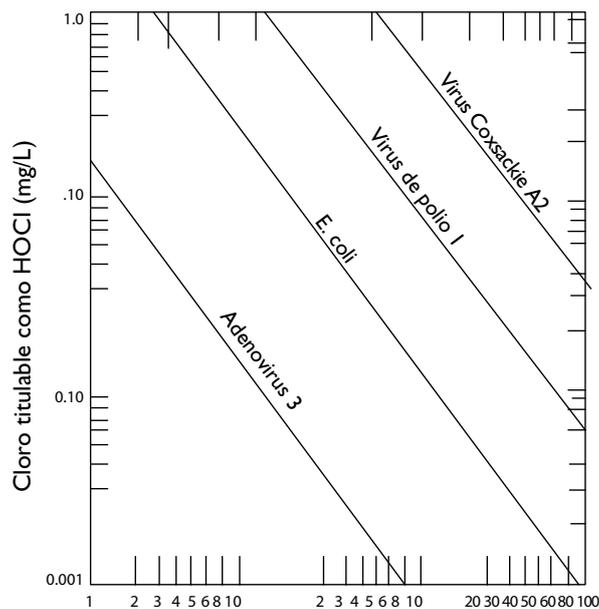
Varios estudios han evaluado la resistencia de diversos microorganismos al cloro, en términos de concentración del desinfectante y tiempo de contacto. El efecto desinfectante del cloro depende en gran medida de la resistencia que tienen los microorganismos al ataque del cloro. La Tabla 3 presenta ejemplos de distintos valores de concentración x tiempo (CT) para reducir los microorganismos más comunes del agua.

Tabla 3. Valores de CT para reducir los microorganismos más comunes del agua.

Tipo de microorganismo	Valor de CT para disminuir el 99% de microorganismos en el agua
Bacterias	CT99: 0.08mg.min/L a 1-2°C y pH 7
	CT99: 3.30mg.min/L a 1-2°C y pH 8.5
Virus	CT99: 12.00mg.min/L a 0-5°C y pH 7-7.5
	CT99: 8.00mg.min/L a 10°C y pH 7-7.5
Protozoos – Giardia (No destruye cryptosporidium)	CT99: 230.00mg.min/L a 0-5°C y pH 7-7.5
	CT99: 100.00mg.min/L a 10°C y pH 7-7.5
	CT99: 41.00mg.min/L a 25°C y pH 7-7.5

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2006)

Figura 10. Relación entre concentración de ácido hipocloroso (HOCl) y el tiempo de contacto para diferentes tipos de microorganismos



Fuente: Adaptado de Martel & Vargas (2004)



Asimismo, como se mostró en la tabla anterior (en la tabla 2), se observa que la resistencia al cloro por microorganismos es menor en bacterias y mayor en protozoarios: Resistencia de Bacterias a cloración es menor que la resistencia de Virus a cloración y ésta es menor que la resistencia de Protozoarios.

De la información presentada en la Tabla 3, se puede estimar que si la concentración de cloro en el agua es 0.5mg/L, para esas condiciones de temperatura y pH, necesitaremos:

- Entre 10 segundos y 7 minutos para eliminar 99% de bacterias.
- Entre 16 y 24 minutos para eliminar 99% de virus y
- Entre 82 y 460 minutos para eliminar 99% de Giardia.

La bibliografía usualmente recomienda tiempos de contacto mínimo de **30 minutos** para la cloración del agua.

El tiempo de contacto depende del reactor o componente del sistema de agua potable donde se aplicará el cloro y del tipo de flujo que existe dentro de este reactor. Es muy importante procurar un flujo de mezcla completa que asegure el contacto entre el cloro y todo el volumen de agua durante el tiempo de contacto establecido. Cumpliendo ambas condiciones, el tiempo de contacto (T) se calcula por:

$$T = \text{Tiempo de contacto (s)} = \frac{\text{Volumen del reactor (L)}}{\text{Caudal de agua que ingresa al reactor (L/s)}}$$

Por ejemplo

La cloración se realiza en una cámara de cloración de 5 000 litros de volumen. El caudal que llega a la cámara es 5 litros por segundo. El tiempo de contacto estará dado por (asumiendo que es un reactor ideal) :

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de contacto} &= 5000 \text{ litros} / (5 \text{ litros} \times \text{segundo}) = 1000 \text{ segundos} \\ &= 16.7 \text{ minutos (aprox. 17 minutos)} \end{aligned}$$

En el ámbito rural es típico realizar la cloración en el reservorio de almacenamiento. El reservorio normalmente no está diseñado para este proceso por lo que pueden aparecer volúmenes muertos altos, además de cortocircuitos. Como consecuencia una parte del agua no llega a estar en contacto con el cloro y no se cumplen con los tiempos de contacto óptimos. La Figura 11 ilustra lo comentado.

¡Asegurar el tiempo de contacto apropiado es un factor importante que garantiza una buena desinfección!



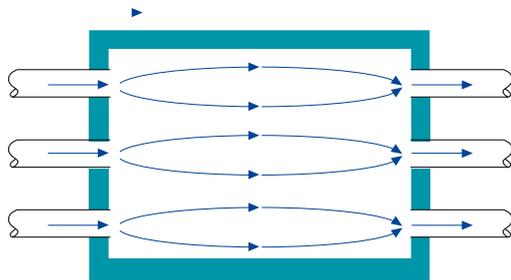
Es recomendable contar con una estructura especialmente diseñada para la cloración. En caso que la cloración se realice en el reservorio, deben acondicionarse las tuberías de ingreso y salida de agua, además de asegurarse que el punto de dosificación del cloro permita un alto grado de mezcla (cloro-agua) y un tiempo de contacto suficiente para garantizar la correcta desinfección.

En el ámbito rural puede existir conexiones domiciliarias muy cerca del reservorio que estarían en riesgo ser abastecidas con agua potable conteniendo altas concentraciones de cloro en caso exista un inadecuado tiempo de contacto durante la desinfección. (ver Figura II)

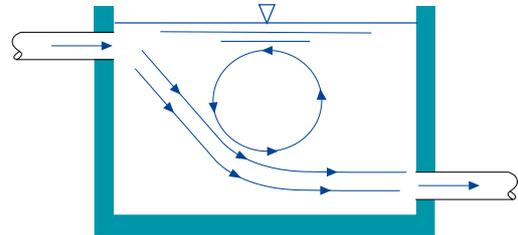
Figura II. Modelos de cámaras de contacto para la cloración.

Cámara 1 Se observan grandes espacios muertos en las esquinas inferiores, este tipo de reactor es similar a los reservorios del ámbito rural.

Planta 1

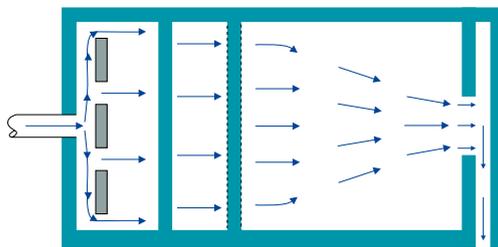


Sección transversal 1



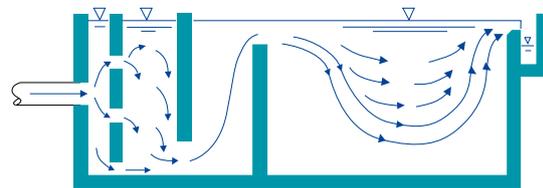
Cámara 2 Se observan mejores condiciones hidráulicas de mezcla y también tiempos de contacto mayores al tener menores espacios muertos.

Planta 2



Plan View

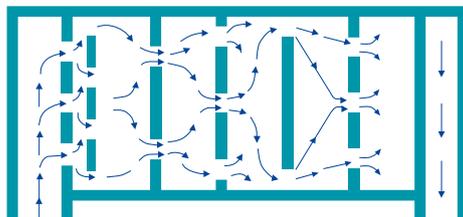
Sección transversal 2



Section View

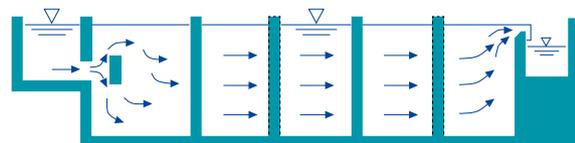
Cámara 3 Se observan las mejores condiciones de mezcla y tiempo de contacto.

Planta 3



Plan View

Sección transversal 3



Section View

Fuente: Environmental Protection Agency - EPA (2011)

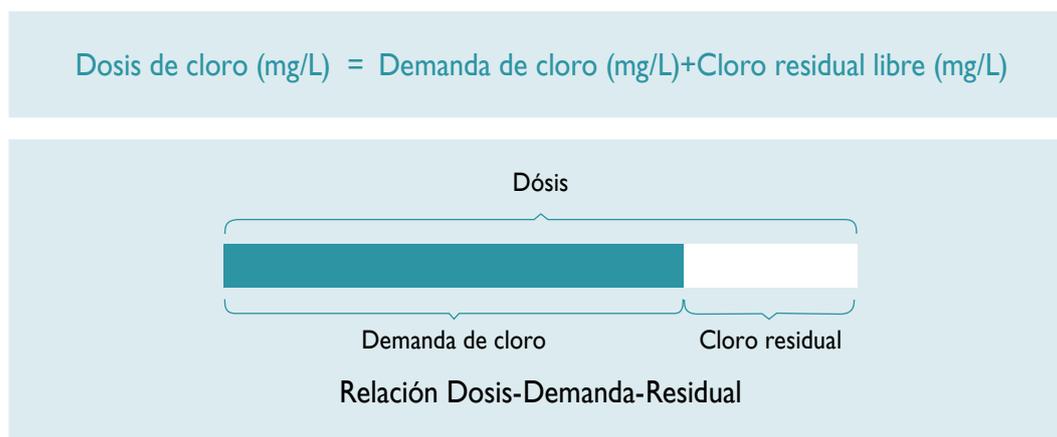


2.2.5 Dosis de cloro

La dosis del desinfectante depende del tipo de agua a clorar. Deberá determinarse antes de poner en funcionamiento el sistema de agua potable. La determinación exacta requiere de un laboratorio y personal especializado.

Se recomienda determinar la dosis de cloro por lo menos dos veces al año, según varíe las características físico-químicas del agua a desinfectar. Por ejemplo, durante la época de lluvias y épocas de estiaje (ausencia de lluvias).

La dosis de cloro para desinfectar el agua es equivalente a:



<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>

En Perú, la norma establece la obligatoriedad de al menos 0.50mg/L de cloro residual libre en el agua que será abastecida como potable. Por tanto, la dosis de cloro será:

$$\text{Dosis cloro (mg/L)} = \text{Demanda de cloro (mg/L)} + 0.50 \text{ mg/L}$$

Como se observa en la expresión anterior es muy importante determinar la demanda de cloro a fin de establecer la dosis de cloro a aplicar en la cloración del agua. La demanda de cloro, como se indicó en el punto 5.2 es la concentración de cloro necesaria para eliminar todos los microorganismos más la concentración de cloro que reacciona con todas las sustancias presentes en el agua.

La demanda de cloro se determina en el laboratorio agregando distintas dosis al agua, hasta lograr que el incremento de la dosis de cloro corresponda al mismo aumento de cloro residual libre en el agua. Cuando se grafican los resultados se obtiene un gráfico como el de la Figura 12.

Ejemplo:

En la Figura 12 se puede observar que luego de aplicar una dosis de 4mg/L, el cloro residual empieza a aumentar en forma proporcional al aumento de la dosis (misma pendiente de la recta). Con una dosis de 4.25 mg/L aproximadamente se obtiene una concentración de cloro residual libre de 0.50mg/L. Con esto se determina que la dosis de cloro será 4.25mg/L.

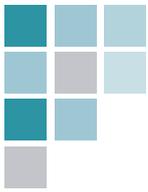
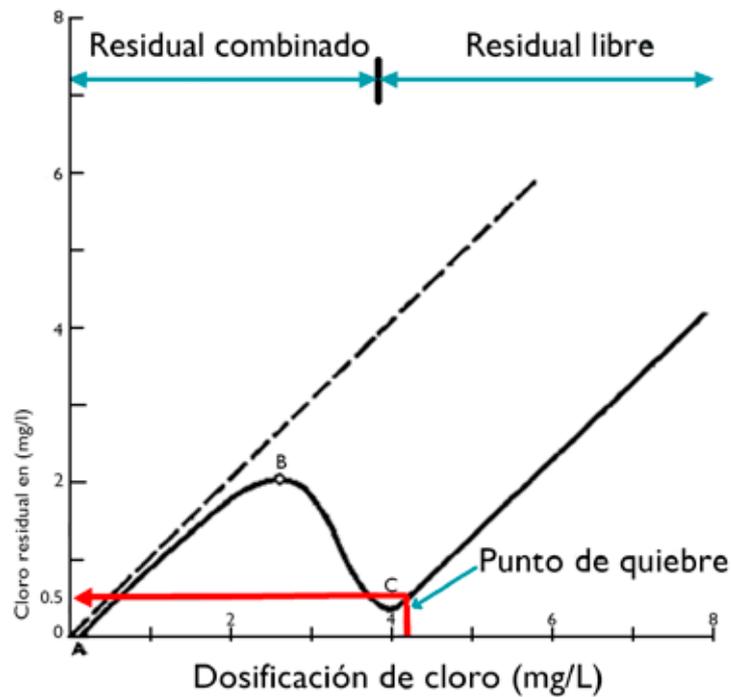


Figura 12. Curva de demanda de cloro hallada en laboratorio



Fuente: Martel & Vargas (2004)

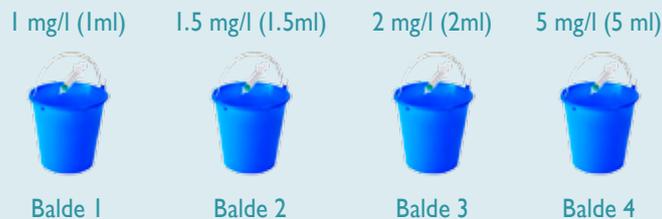
En el ámbito rural puede ser muy complicado determinar la demanda de cloro y la dosis de cloro. A continuación, se presenta a un procedimiento sencillo que puede llevarse a cabo en campo para determinar la dosis de cloro (adaptado de James R. Mihelcic, Fry, Myre, Linda D. Phillips, & Brian D. Barkdoll (2009)):

Procedimiento para determinar dosis de cloro en campo

Paso 1. Preparar una solución de cloro al 1% (10 g/L). Disolver 17g de hipoclorito de calcio al 60% o 200g de lejía al 5% en 1 litro de agua.

Paso 2. En 4 baldes plásticos graduados añadir 10 litros del agua que va a ser desinfectada.

Paso 3. Agregar con una jeringa en cada balde diferentes volúmenes de solución de cloro al 1%. En la figura como ejemplo se agregaron:



Paso 4. Esperar 30 minutos, luego medir el cloro libre en los baldes. La dosis de cloro será aquella con la que se obtiene 0.5mg/L.

En el ejemplo se logró el cloro residual libre con una dosis de 2mg/L.



En sistemas de agua potable cuya fuente de abastecimiento es el agua subterránea sin material disuelto, la dosis de cloro es muy cercana a 0.50mg/L porque se requiere una cantidad muy pequeña para cubrir la demanda de cloro. En aguas turbias o con altos contenidos de microorganismos o de elementos químicos disueltos, como el hierro y manganeso, las dosis de cloro pueden superar los 3mg/L.

2.2.6 Subproductos de la desinfección por cloración (SPD)

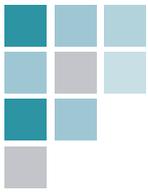
La cloración del agua, así como cualquier otro proceso de desinfección química pueden producir subproductos que pueden poner en riesgo la salud de las personas. No obstante, la Organización Mundial de la Salud recomienda no reducir la eficiencia de la desinfección y mantener una concentración residual de desinfectante adecuada en todo el sistema de distribución durante el control de los subproductos. El riesgo para la salud asociados a la contaminación microbiológica del agua potable es fundamental y tienen mayor importancia (OMS, 2006).

Si el agua contiene elementos y sustancias químicas como materia orgánica, bromatos, cloratos, entre otros, pueden formarse subproductos indeseables durante la desinfección, como son los compuestos organoclorados como los THM (trihalometanos) y los ácidos halo acéticos (HAA):

“La tasa y el grado de formación de THM aumentan en función de la concentración de cloro y de ácidos húmicos, la temperatura, el pH y la concentración de ión bromuro. El cloroformo es el trihalometano más común y el principal subproducto de la desinfección presente en el agua de consumo clorada. En presencia de bromuros, se forman preferentemente trihalometanos bromados y las concentraciones de cloroformo disminuyen proporcionalmente. Se presupone que la mayoría de los trihalometanos presentes en el agua se transfieren en última instancia al aire debido a su volatilidad. Por ejemplo, las personas pueden exponerse durante la ducha a concentraciones elevadas de cloroformo del agua de grifo clorada. Hay cuatro fuentes que contribuyen, aproximadamente en partes iguales, a la exposición total a trihalometanos volátiles: la ingestión de agua de consumo, la inhalación de aire de espacios interiores (en gran medida por la volatilización desde el agua de consumo), la inhalación y exposición cutánea durante la ducha o el baño, y la ingestión de alimentos. Todas, excepto la exposición por los alimentos, se derivan principalmente del agua de consumo. La exposición a los trihalometanos volátiles presentes en el aire de espacios interiores es especialmente importante en países con ventilación escasa en las casas y frecuencias altas de duchas y baños” (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) recomienda tener en cuenta entre otras las siguientes consideraciones durante la desinfección (Environmental Protection Agency, 2011):

- Evitar clorar aguas crudas y aguas subterráneas no tratadas que han sido susceptibles a contaminación superficial.
- Tratar el agua antes de la cloración para remover el color y contenido de carbono orgánico total. El carbono orgánico total no debe ser mayor a 2mg/L.
- Limitar la concentración de cloro libre y los tiempos de contacto tanto como sea posible.



- Declorar o quitar el cloro tan pronto como sea posible después del punto de quiebre de la cloración.
- Usar cloraminas como cloro residual.
- Mantener pH del agua bajo, porque la formación de THM se incrementa con el pH.
- Evaluar usar métodos alternativos en la desinfección primaria.

Por otro lado, la OMS recomienda las siguientes estrategias (Organización Mundial de la Salud, 2006):

- cambiar las condiciones del proceso (incluida la eliminación de compuestos precursores antes de la aplicación del desinfectante;
- cambiar el desinfectante por uno menos propenso a producir subproductos con el agua de origen;
- usar métodos de desinfección no químicos; o
- eliminar los SPD antes de la distribución del agua.

Tabla 4. Posibles subproductos-Trihalometanos del proceso de cloración

Trihalometanos	Valor de referencia
Cloroformo	0,3 mg/l
Bromoformo	0,1 mg/l
Dibromoclorometano (DBCM)	0,1 mg/l
Bromodiclorometano (BDCM)	0,06 mg/l

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2006)

2.3 La cloración como método de desinfección apropiado para el ámbito rural

El cloro como desinfectante puede utilizarse en forma de gas, en forma sólida como hipoclorito de calcio y líquida como hipoclorito de sodio. En cualquiera de sus formas el poder desinfectante del cloro es similar. Sin embargo, en el ámbito rural y lugares con pequeñas poblaciones, la selección dependerá de la complejidad de su manejo. Por ejemplo, la cloración usando cloro gas es más complicada, requiere de equipos más especializados, personal calificado y condiciones especiales de almacenamiento. Los hipocloritos de sodio y calcio contienen concentraciones más bajas de cloro, son más estables que el cloro gas y por tanto su manejo es relativamente más sencillo, lo cual hace su aplicación más factible al ámbito rural.

La desinfección del agua mediante la cloración se da en dos etapas:

- I. desinfección primaria, en donde el cloro destruye los microorganismos presentes en el agua durante el primer contacto, y

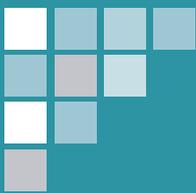


- una desinfección residual o secundaria, que protege al agua de posibles futuras contaminaciones (por ejemplo, la destrucción de bacterias presentes en las tuberías de distribución de agua). Este efecto residual es aportado por concentración adicional de desinfectante aplicado al agua.

La cloración es un método de desinfección muy efectivo y apropiado para el ámbito rural; no obstante, su inadecuada aplicación o manipulación también puede generar riesgos para la salud. En este sentido es necesario conocer y tomar en cuenta otros aspectos que determinan la efectividad de la cloración y ayudan a minimizar los riesgos asociados a la cloración sobre la salud humana.

Figura 13. Productos de cloro como desinfectante, presentación en el mercado





3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO AUTOCOMPENSANTE

3.1 La cloración por goteo

La cloración por goteo ha sido utilizada en los sistemas de agua potable del ámbito rural del Perú desde varios años atrás. Existen experiencias previas lideradas por importantes instituciones como la Cooperación Canadiense (SUM Canadá) y la Cooperación Alemana GIZ.

SUM Canadá, en sus proyectos en la región Ancash hasta el año 2005, aplicó la cloración por goteo utilizando lejía como fuente de cloro y un equipo simple de cloración que incluía un balde plástico y dispositivos de venoclisis para la dosificación (SUM Canadá, 2005).

La Cooperación Alemana GIZ, mediante su Programa PROAGUA en Alianza con el Fondo Contravalor Peruano Alemán (FPA), empezaron a utilizar la cloración por goteo en sus proyectos de saneamiento desde el año 2006. En sistemas de agua para poblaciones pequeñas se implementaron cloradores basados en el sistema de SUM Canadá. En poblaciones mayores a 100 habitantes, se instalaron recipientes para la solución de cloro de hasta 250 litros en una primera etapa y luego de 750 litros, además de dispositivos de dosificación constante fabricados in situ y posteriormente sistemas con goteros autocompensantes adaptados para su uso con hipocloritos de sodio y calcio.

Foto 2. Implementación de dispositivos de cloración del tipo goteo autocompensante por PROAGUA.



clorador por goteo en Tantará – Huancavelica 2008.

clorador por goteo autocompensado Huamanguilla -Ayacucho 2016

Foto: N. Fustamante.

Foto: Alan Rodriguez



Los sistemas de cloración por goteo fueron diseñados por el equipo de trabajo de Proagua bajo las siguientes consideraciones:

- Dosificar una dosis constante de cloro durante un periodo de tiempo suficiente que no requiera recargar frecuentemente el clorador, ni demande constantes inspecciones del operador,
- fácil de construir, instalar, operar y mantener,
- funcionamiento confiable,
- conformado por materiales disponibles en la zona, de buena calidad y bajo costo y adecuados para ser usado en agua potable y
- que pueda ser utilizado con la mayoría de los productos de cloro disponibles en el mercado local.

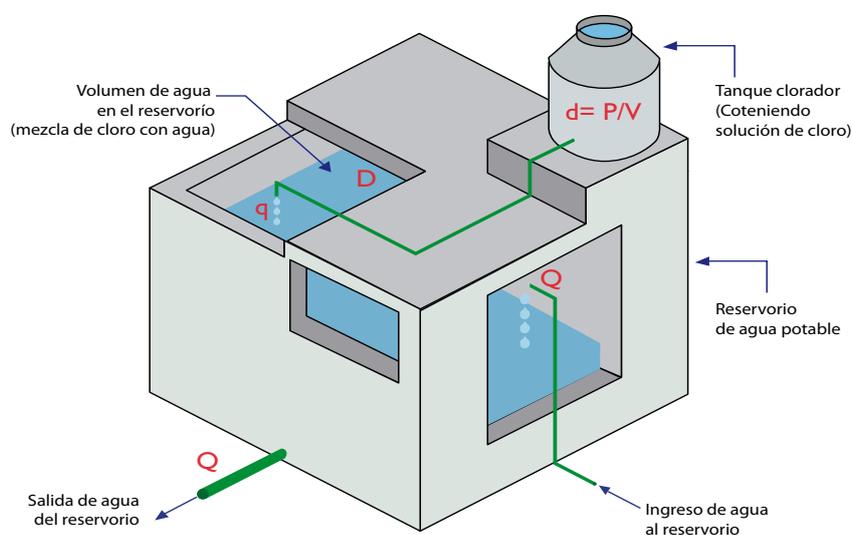
3.2 Sistema de cloración por goteo autocompensante

La cloración por goteo autocompensante es un proceso que permite desinfectar el agua potable mediante la dosificación constante de una solución clorada en pequeñas cantidades (en forma de gotas o chorro) en la cámara de cloración o directamente en el reservorio. El objetivo es lograr la desinfección eficiente del agua y asegurar la presencia de cloro residual libre establecido en la norma vigente.

Los componentes básicos del sistema de cloración por goteo son:

- El tanque clorador de volumen conocido (generalmente 750 litros) donde se realiza la preparación y almacenamiento de la solución clorada y
- el elemento de dosificación que entrega la dosis de solución clorada en el punto de cloración. Generalmente mediante un caudal conocido (usualmente de 1, 2, 4, 6 y 8 litros por hora) y por descarga libre.

Figura 14. Esquema general del sistema de cloración por goteo autocompensante implementado por la GIZ – FPA.



Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Principios de funcionamiento

La cloración por goteo consiste principalmente en:

- La aplicación continua de un caudal pequeño (goteo) de una solución clorada, con alta concentración de cloro libre ($H_2O + Ca(OCl)_2$ o $NaOCl$) en la cámara de cloración o reservorio de almacenamiento. Las concentraciones de cloro en la solución clorada pueden variar en un rango de 200mg/l hasta 5000mg/l.
- El objetivo es aplicar un caudal y una **DOSIS DE CLORO** suficiente para cubrir la **DEMANDA DE CLORO** y asegurar la concentración de **CLORO RESIDUAL LIBRE**.

Luego de determinada la **DOSIS DE CLORO**, mediante un análisis simplificado de **BALANCE DE MASAS** se determina el caudal de cloración a aplicar según la siguiente ecuación:

$$D \times Q = d \times q$$

Donde (ver Figura 14):

- D: Dosis de cloro a aplicar al agua en mg/L.
- Q: Caudal de agua a desinfectar en L/s.
- d: Concentración de cloro en la solución clorada en mg/L.
- q: Caudal de solución clorada a aplicar en L/s.

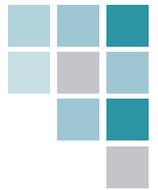
- En el sistema de cloración por goteo autocompesado (ver Figura 14) se conocen Q, D y q, además se conoce o fija el volumen del tanque clorador. Por tanto, se puede determinar el peso de cloro a utilizar o disolver en el tanque clorador.
- Para elegir el volumen del tanque clorador es importante tener en cuenta el periodo en que se quiere hacer la recarga del desinfectante.

Ejemplo

Si se quiere recargar cada **15 días** y se va a utilizar un dosificador de **2 litros** por hora, el tanque clorador será de un volumen igual a:

Volumen del tanque clorador = **15 días** x **2 litros/hora** x **24 horas/día** = **720 litros**.

- El tipo de dosificador a utilizar está en función a la concentración de cloro en la solución clorada y el caudal de agua a tratar. Para efectos prácticos se recomienda utilizar dosificadores de hasta 4 litros por hora para tanques cloradores de hasta 750 litros. Para tanques de mayor tamaño se pueden utilizar dosificadores de hasta 12 litros por hora.
- Para determinar el peso de cloro a disolver en el tanque de cloración se usa las siguientes expresiones:



$$d = \frac{D \times Q}{q} \dots\dots\dots(1)$$

$$d = \frac{P \times \%}{V} \dots\dots\dots(2)$$

V = volumen del tanque clorador y
% se refiere a la concentración del producto de cloro a usar

Luego, igualando las ecuaciones 1 y 2 se obtiene que:

$$P = \frac{D \times Q \times V}{q \times \%} \dots\dots\dots(3)$$

Despejando se tiene la expresión general para el peso del producto de cloro a usar:

$$P \text{ (kg)} = \frac{3600 \times V(L) \times Q \text{ (L/s)} \times D \text{ (mg/L)}}{q \text{ (L/h)} \times \% \times 10^6} \dots\dots\dots(4)$$

Para simplificar la expresión anterior, sustituimos datos de un sistema con:

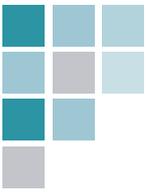
- Tanques cloradores de 750 litros,
- Dosificadores de 2 litros por hora,
- Desinfectante: hipoclorito de calcio al 60% - 70% (actualmente es el de mayor disponibilidad en el mercado nacional).

La expresión resultante aproximada es:

$$P \text{ (kg)} = 2 \times Q \text{ (L / s)} \times D \text{ (mg / L)} \dots\dots\dots(5)$$

Estandarizar el volumen del tanque clorador a 750 litros y el caudal de dosificador a 2 litros por hora, tienen ventajas operativas en el ámbito rural:

- La recarga del tanque clorador se hace cada 15 días o dos veces al mes,
- La determinación del peso de hipoclorito de calcio a utilizar para preparar la solución clorada se reduce a medir el caudal de agua a tratar y la dosis de cloro y multiplicarlo por 2.



Ejemplo I

Se debe clorar el agua de un sistema de agua potable que atiende a 5,000 habitantes aproximadamente. Se usará Hipoclorito de Sodio al 8%. El caudal de ingreso al reservorio es 10 L/s. Se tiene un sistema de cloración formado por un tanque de 750 litros de capacidad y un sistema de goteo con un caudal constante de 8 litros por hora. La dosis de cloro a aplicar para tener 0.3mg/L de cloro residual libre al final de la red es de 0.6mg/L. Determinar el peso de hipoclorito de sodio a utilizar y el tiempo de recarga del tanque clorador.

Solución

Datos:

$Q=10$ L/s, $D=0.6$ mg/L, $q=8$ L/h, $\%=8\%$ (Hipoclorito de sodio al 8%)

Cálculos:

Usando la ecuación 4 hallamos el peso de producto de cloro:

$$P_{\%}(\text{kg}) = \frac{750\text{L} \times 10(\text{L/s}) \times 0.6 (\text{mg/L}) \times 3600}{8 (\text{L/h}) \times 8\% \times 10^6}$$

$P_{\%}(\text{kg}) = 25.31$ kg

El peso de lejía a utilizar será de 25.31 kg.

Es decir, aproximadamente 25 botellas de lejía de 1kg.

Ahora calculamos el tiempo de recarga del tanque clorador:

$$T(\text{días}) = \frac{V (\text{L})}{q \left(\frac{\text{L}}{\text{h}} \right) \times 24}$$

$$T(\text{días}) = \frac{750 (\text{L})}{8 \left(\frac{\text{L}}{\text{h}} \right) \times 24} = 3.9 \text{ días}$$

El tiempo de recarga será cada 4 días como máximo. Es un tiempo corto debido a que se utiliza un dosificador de 8 litros por hora.

Este escenario implicaría que el operador acuda a la cámara de cloración/reservorio cada 4 días.

Si queremos que cada recarga se realice con menor frecuencia (más días entre recarga y recarga) debo usar un dosificador de menor caudal (por ejemplo 2 litros por hora) que aplique más concentración de cloro en cada recarga.



Ejemplo 2

Se debe clorar el agua de un sistema de agua potable que abastece a 5 000 habitantes aproximadamente.

Se usará Hipoclorito de calcio al 65%. El caudal de ingreso al reservorio es 10 L/s. Se tiene un sistema de cloración formado por un tanque de 750 litros de capacidad y un sistema de goteo con un caudal constante de 2 litros por hora. La dosis de cloro a aplicar para tener 0.3mg/L de cloro residual libre al final de la red es de 0.6mg/L. Determinar el peso de hipoclorito de calcio a utilizar y el tiempo de recarga del tanque clorador

Solución

Datos: $Q = 10 \text{ L/s}$, $D = 0.6 \text{ mg/L}$, $q = 2 \text{ L/h}$, $\% = 65\%$

Cálculos:

Usando directamente la ecuación 5 y hallamos el peso de cloro:

$$P_{\%}(\text{kg}) = 2 \times 10 \text{ (L/s)} \times 0.6 \text{ (mg/L)}$$

$$P_{\%}(\text{kg}) = 12 \text{ kg}$$

El peso de hipoclorito a utilizar será de 12 Kg.

Ahora calculamos el tiempo de recarga del tanque clorador:

$$T(\text{días}) = \frac{V \text{ (L)}}{q \left(\frac{\text{L}}{\text{h}}\right) \times 24}$$

$$T(\text{días}) = \frac{750 \text{ (L)}}{2 \left(\frac{\text{L}}{\text{h}}\right) \times 24} = 15 \text{ días}$$

Se deberá realizar la recarga del desinfectante cada 15 días como máximo.

De los dos ejemplos anteriores, **NOTAR** que, para sistemas de la misma envergadura y la misma dosis de cloro a aplicar, se requiere:

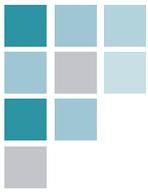
12kg de Hipoclorito de Calcio al 65%, que deberá recargarse cada 15 días
25kg de Lejía (Hipoclorito de Sodio) al 8% cada 4 días.

El ejemplo 2 sólo es para fines didácticos. En el sistema de cloración por goteo autocompensante se recomienda no utilizar más de 5 Kg. de hipoclorito de calcio para un tanque de 750 litros por practicidad en la preparación de la solución clorada y seguridad del personal encargado.

3.2.2 Componentes del clorador

El sistema de cloración por goteo autocompensante consta de:

- Sistema dosificador de cloro,



- caseta de protección,
- conexión para abastecer de agua al tanque clorador,
- materiales y equipos para la cloración y para control del cloro residual libre,
- equipos de protección personal (EPP) para el manejo seguro y adecuado del cloro. Este componente se describe al detalle en el capítulo de seguridad en el manejo del cloro.

a. **Sistema Dosificador de cloro.** - Compuesto por:

Tanque clorador. Es un tanque de polietileno reforzado preferentemente de 750 litros de volumen y que se usa normalmente para almacenamiento de agua en las viviendas. Para su uso como clorador, es necesario contar con el multiconector con válvula integrada y el tubo de aire. La válvula de llenado y el flotador no son indispensables.

Figura 15. Tanque de agua, disponible en el mercado, para clorador



Fuente. Catalogo Rotoplast. www.rotoplas.com.

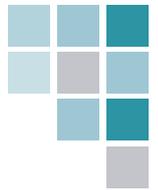
Kit dosificador. Está conformado por accesorios de polietileno y polipropileno comúnmente utilizados en sistemas de riego por goteo. Los principales accesorios son:

Válvula de línea

Es una válvula de polipropileno de alta calidad que tiene por función el cierre del flujo para actividades de mantenimiento del sistema o para ajustar el caudal de dosificación en caso sea necesario. La válvula utilizada es una válvula de 3/4" o 1" de diámetro. Se recomienda la válvula de línea de la marca PLASSON, o similar, debido a que es más fácil graduar los caudales por su mecanismo de cierre.

Filtro de discos de 120 micrones (µm)

El filtro tiene como función retener los restos sólidos que hayan quedado en el tanque clorador, como producto de la deficiente disolución del hipoclorito de calcio o por restos de cuerpos extraños que hayan ingresado al tanque, de tal forma que no obstruyan el gotero o la manguera. Se recomienda un filtro de 3/4" o 1" con discos ranurados de polipropileno de 120 micrones de la marca AZUD. El diámetro deberá ser igual al diámetro de la válvula de línea para evitar el uso excesivo de accesorios.



Manguera de polietileno de ¼”

Está conformado por una manguera de polietileno de alta o baja densidad de 5m de longitud y de ¼” de diámetro (8mm). La longitud puede variar en función a la ubicación del clorador y el punto de dosificación.

Gotero autocompensante

Es un gotero generalmente utilizado en sistemas de riego por goteo y dosificación de fertilizantes, su material es polipropileno y debido a su diseño permiten dosificar caudales constantes, independientemente de la presión disponible. Los goteros empleados han sido de 2 litros por hora y 4 litros por hora de las marcas NETAFIM y AZUD. Se adjunta una foto referencial de goteros de la marca AZUD (ver Figura 16).

Un aspecto importante en la selección del gotero es conocer la relación caudal de goteo vs presión de trabajo. La presión de trabajo aproximadamente corresponde a la altura a la cual está instalada el tanque clorador respecto al nivel máximo de agua en el reservorio o cámara de cloración. Esta altura normalmente varía entre 1.0m y 1.5m y deberá verificarse para esa presión, cuál será el caudal de goteo. El responsable de instalar el clorador deberá verificar en campo el caudal de goteo real del dosificador.

Figura 16. Kit dosificador del sistema de cloración por goteo autocompensante

Válvula de línea

PLASSON

Válvulas

Válvula de línea rosca hembra (junta NBR) 03405

G x G [pulg.]	H [mm]	I2 [mm]	A [mm]	Ud. [bolsa]	Ud. [caja]	Peso [gr]
3/4" x 3/4"	78	18	92	—	140	115
1" x 1"	82	20	92	—	120	129

Fuente. Catalogo PLASSON 2011. www.plasson.es.

Filtro de discos

Mangüeras de polietileno de baja densidad

TECNOLOGÍA

Tomas manométricas

Conexión RSP / NPT

Filtro modular: elementos intercambiables en diferentes grados de filtrado.

Gran superficie filtrante

Conexión auxiliar

Diseño

Sistema de cierre: Fácil y seguro

Robustez

Sistema de cierre efectivo.

- Asegura que los discos estén comprimidos.
- Evita que los discos se estriven durante la limpieza.

Fuente. Catalogo AZUD. www.azud.com.

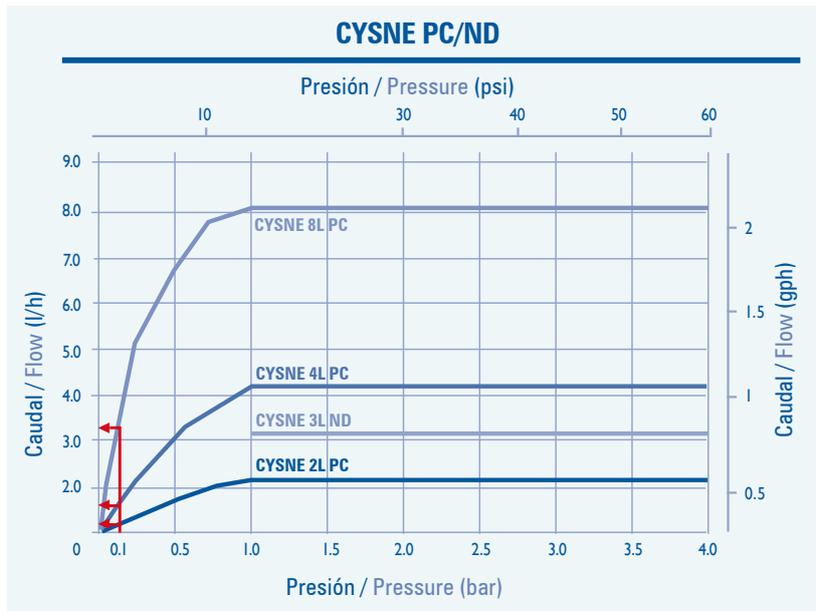
Figura 17. Kit dosificador del sistema de cloración por goteo autocompensante: goteros



Fuente. Catalogo AZUD. www.azud.com

En la figura 18 por ejemplo se observa que para 1.0m de altura (aprox. 0.1 bar de presión) el gotero de 2 L/h sólo debería dosificar 0.5 L/h; sin embargo, en campo el caudal real medido es 1L/h.

Figura 18. Curvas de desempeño de goteros marca AZUD.



Fuente. Catalogo AZUD. www.azud.com.

Se puede observar la relación caudal de goteo para distintas presiones de trabajo. La presión de trabajo está establecida por la altura de instalación del clorador respecto al punto de goteo en la cámara de cloración o reservorio.



Accesorios de acople y reducciones

A fin de conectar los distintos accesorios del dosificador y ajustar a los diámetros que corresponden, es necesario utilizar los siguientes accesorios de polipropileno (para filtro y válvula de \varnothing 1"):

- 01 bushing P.E. 1.0" x 3/4"
- 01 Socket P.E. 1.0"
- 01 Bushing P.E. 1.0" x 1/2"
- 01 Enlace de 8mm x 1/4" RM
- 01 Bushing de 1/2" x 1/4"
- 01 Enlace de 8MM
- 01 Cinta teflón chica

Todos los accesorios que forman parte del dosificador se encuentran disponibles en el mercado de riego por goteo y su ensamblaje es muy sencillo.

Figura 19. Kit de dosificación de cloro por goteo listo para conectar al tanque de cloración.

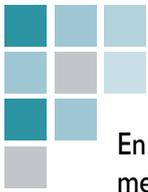


Foto: N. Fustamante

b. Caseta de protección. -

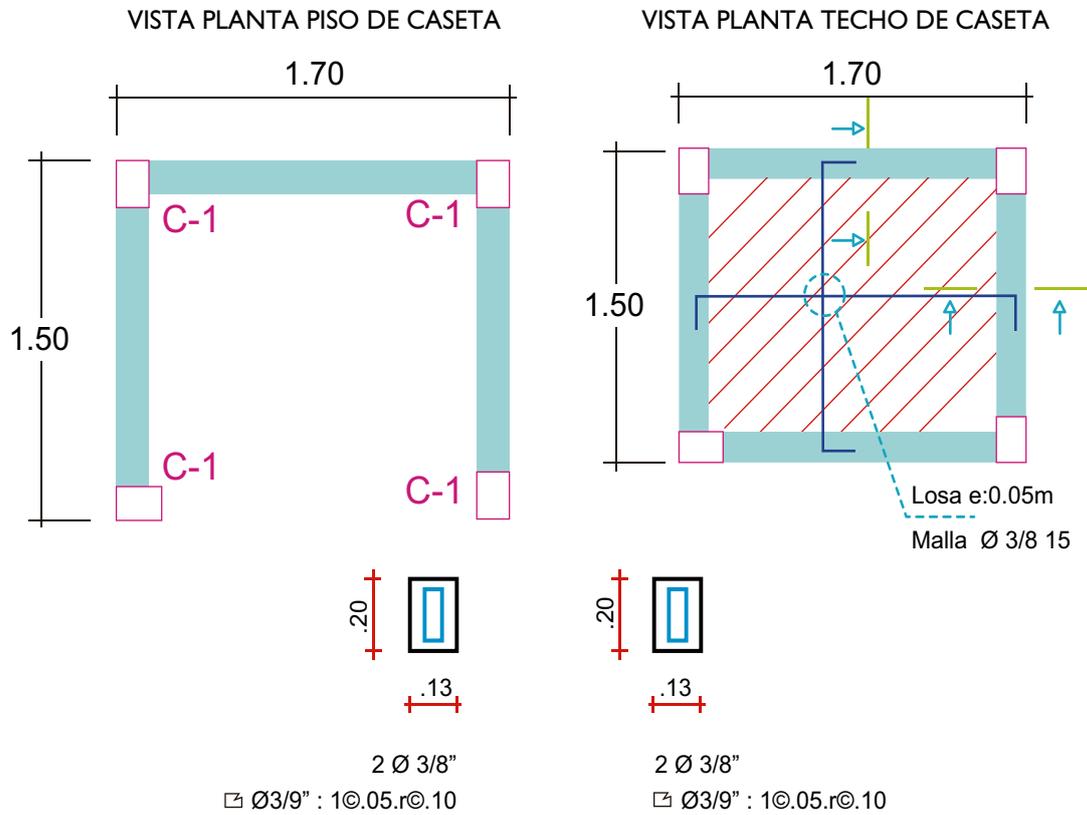
Corresponde a la estructura de alojamiento y protección del tanque clorador y dosificador. Estas casetas pueden ser construidas por personal calificado de la propia localidad o contratado por la Organización Comunal (OC) que presta los servicios o por el mismo Gobierno Local (GL).

Puede construirse con materiales de la zona e instalarse sobre el techo del reservorio de agua o cámara de cloración (siempre que sea factible técnicamente, previa evaluación estructural). El techo de la caseta puede estar formado por una losa armada de 5cm. de espesor o por una cubierta de calamina plástica o metálica con estructura de madera. La puerta de la caseta puede ser metálica de 1.30x2.00m. con una o dos hojas.

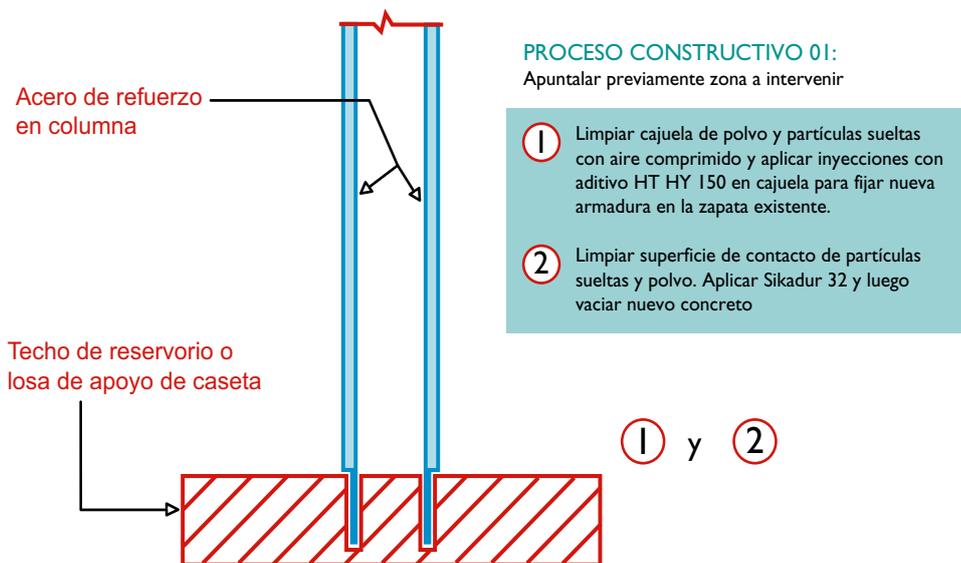


En la Figura 20 se presentan los planos tipo de una caseta de cloración como la propuesta en este documento. Mayores detalles se observan en el capítulo de herramientas de este manual.

Figura 20. Planos tipo para una caseta cloración instalada sobre reservorio o cámara de contacto de concreto.



ANCLAJE DE COLUMNA A LOSA DE RESERVORIO EXISTENTE



Fuente. Diseño de Ing. Giovanna Alcayhuaman.



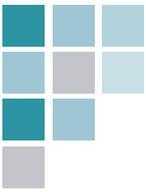
Foto 3. Caseta de cloración sobre reservorio



(a) Vista 3D del diseño de caseta propuesto en este documento. (b) Caseta construida sobre reservorio de almacenamiento en Huanchacc – Huanta – Ayacucho, proyecto FPA 2012, foto de N. Fustamante.



(c) y (d). Construcción de caseta en Huamanguilla – Huanta – Ayacucho sobre caseta de reservorio de almacenamiento proyecto FPA 2016, foto de A. Rodriguez.



Recomendaciones para el proceso constructivo de una caseta de cloración de albañilería

- La estructura de la caseta debe instalarse sobre los apoyos de los muros del reservorio.
- Para resistir el peso de la caseta y el peso del tanque completamente lleno, las losas de los reservorios deben:
 - Tener mínimo de 15 cm de espesor
 - La resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.
 - El techo debe tener una capacidad para soportar una carga de 8KN/m^2 . Se recomienda realizar el cálculo de cargas.
- La caseta debe estar construida por muros de albañilería de soga y estos a su vez confinados con columnas de $13\text{cm}\times 20\text{cm}$ que deben estar ancladas al techo existente del reservorio.
- El anclaje de las columnas de la caseta al reservorio debe hacerse con taladro y epóxico HILTI, para tener una mejor adherencia, durante probables eventos sísmicos.

c. Conexión de agua para llenado de tanque clorador. -

Este sistema permitirá el llenado del tanque clorador en forma directa y en corto tiempo.

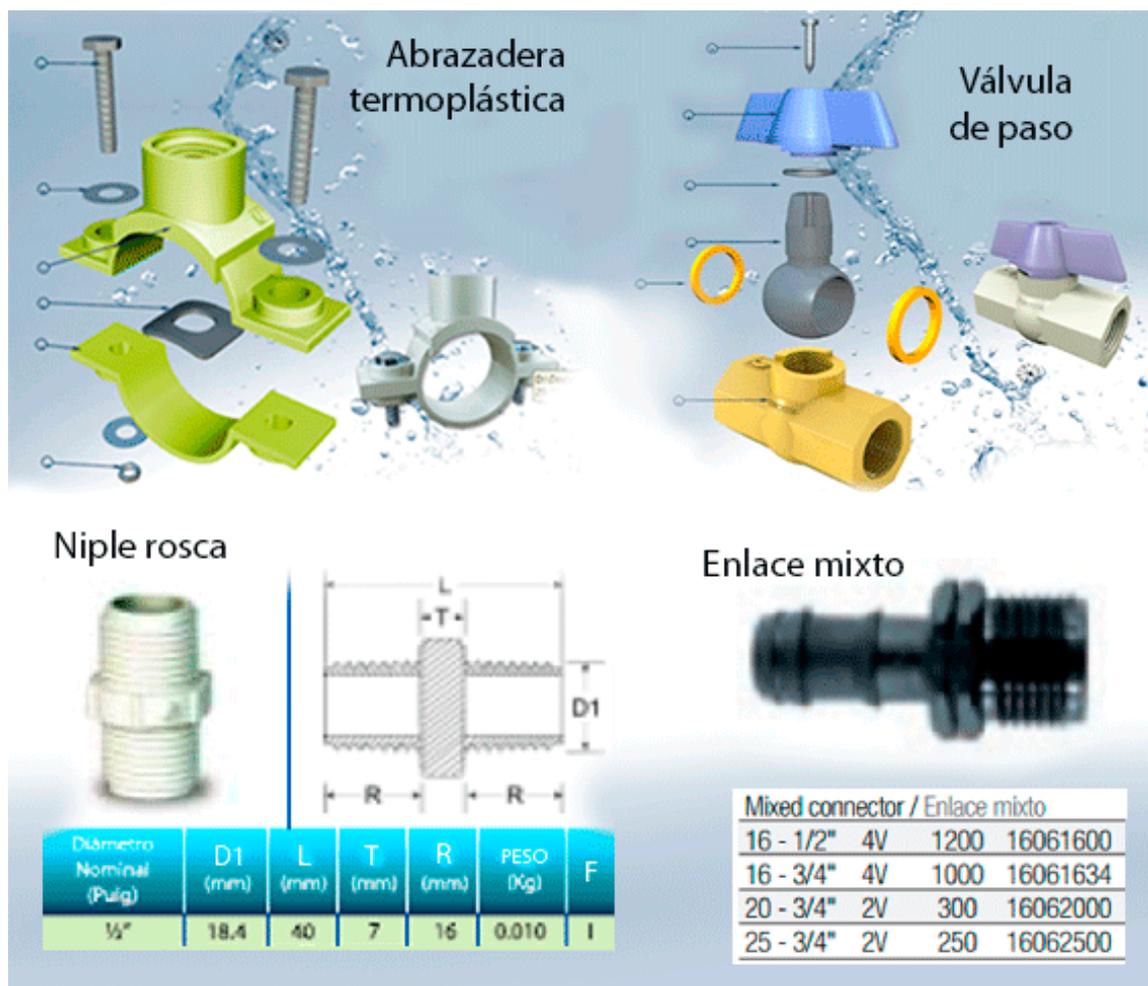
Para que sea posible su instalación, se requiere que la tubería de ingreso al reservorio o cámara de cloración tenga por lo menos 0.5 bar de presión de agua (5 metros de columna de agua ó 7 psi). Los componentes de esta conexión son los siguientes:

- 01 abrazadera termoplástica con salida de $\frac{1}{2}$ " y del diámetro equivalente al tubo de ingreso al reservorio. Marca recomendada Concyssa o similar,
- 01 Niple de PVC $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " x 5cm. Marca recomendada Pavco o similar.
- 01 válvula esférica de PVC $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " con conexión hembra roscada. Marca recomendada Concyssa o similar.
- 01 enlace mixto de $\text{Ø } 16 \text{ mm}$ a $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " (transición a conexión flexible). Marca recomendada Azud o similar.
- 10 metros de manguera flexible de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " que soporte 1bar de presión.

Estos componentes deben ensamblarse y conectarse al tubo de ingreso. Se recomienda hacerlo en la caja de válvulas del reservorio o cámara de cloración.



Figura 21. Materiales empleados en la conexión de agua para llenado de tanque clorador.



Fuente. Catalogos electrónicos de CONCYSSA, PAVCO y AZUD. Descargas en <http://www.concyssaindustrial.com/>, <http://www.pavco.com.pe> y <http://www.azud.com>. Consulta realizada el 19.02.2017.

d. Materiales y equipos para la cloración y control del cloro residual libre.-

La Tabla 5 indica los materiales requeridos para la cloración y el control del cloro residual libre.

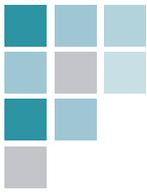


Tabla 5. Materiales para la cloración y control del cloro residual libre

	Descripción	Presentación
Cloración del agua	<p>Material desinfectante: Hipoclorito de calcio 60% a 70%.</p> <p>Marcas sugeridas: HTH, Plushclor, etc.</p>	<p>Envases de plástico de 1kg. - 4kg. – 45kg.</p> 
	<p>Baldes plásticos de 20 litros y 12 litros graduados para preparar solución de cloro y aforar caudal de ingreso al reservorio.</p> <p>Marcas sugeridas: Rey, Basa, etc.</p>	<p>Presentación: Transparente y Graduado.</p> 
	<p>Cuchara sopera de acero inoxidable y balanza pequeña para pesar el hipoclorito de calcio.</p> <p>La cuchara sopera llena al ras, contiene aproximadamente 10 gramos de hipoclorito de calcio y puede reemplazar a la balanza.</p>	
	<p>Vaso de precipitado de plástico transparente y graduado de 10ml, 25ml o 50ml para medir caudal de goteo.</p> <p>Marcas sugeridas: Marienfield o similares.</p>	 <p>Fuente: http://www.marienfeld-superior.com/index.php/355/articulos/vasos-de-precipitados-de-plastico.html. Consulta realizada el 19.02.2017.</p>



	Descripción	Presentación
Control de cloro residual libre	<p>Comparador colorimétrico de cloro residual libre.</p> <p>Marcas: Lamotte, Hach, HANNA, etc.</p> <p>Reactivos: Pastillas DPD o Reactivo en Polvo para 5ml de muestra.</p>	
	<p>Libro de control de cloro residual libre.</p>	

Fuente: elaboración propia

3.3 Instalación del clorador por goteo autocompensante.

La necesidad y viabilidad de la instalación del sistema de goteo autocompensante debe ser evaluada por el prestador del servicio. Es él quien debe analizar la disponibilidad de los recursos económicos y personal calificado no sólo para la etapa inicial de instalación, sino también para los trabajos posteriores de operación y mantenimiento.

Como base técnica para la instalación, el prestador del servicio y su personal deberá revisar:

- Lista de materiales del sistema de cloración
- Planos típicos
- Manual

3.3.1 Importancia del diagnóstico

Mediante el diagnóstico se determina necesidad y viabilidad de la instalación de un sistema de cloración autocompensante.



Existen consideraciones importantes que el prestador del servicio no debe perder de vista para el diagnóstico:

- **Estado de la infraestructura actual** del sistema de abastecimiento de agua potable y las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua a clorar. Se deberá responder las siguientes preguntas:
 - ¿el nivel de turbiedad del agua a clorar no excede el valor necesario para poder ser clorada?
 - ¿se cuenta con resultados de laboratorio de la evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua (de la fuente) que justifica el tipo de tratamiento a realizarse?, en este caso sólo cloración para asegurar su potabilidad?
 - ¿dónde se prevé instalar el sistema de cloración?
 - ¿las estructuras existentes son del tamaño adecuado y pueden soportar el peso del sistema de cloración?
 - ¿qué tipo de caseta de protección se puede construir?
 - ¿existen las condiciones de seguridad apropiadas en la zona dónde se prevé instalar el sistema de cloración?
- **Capacidades técnicas y de gestión** instaladas en el operador, además del compromiso de la población. La sostenibilidad y efectividad del sistema de cloración depende de la adecuada operación y mantenimiento del sistema. Es necesario el compromiso de los usuarios para consumir el agua clorada y cumplir con aportar oportunamente económicamente por el servicio recibido, para la adquisición de los insumos necesarios. Las preguntas claves son:
 - ¿La población usuaria está de acuerdo con el tipo de cloración?, caso afirmativo, ¿qué compromisos asume la población usuaria?
 - ¿el operador está capacitado para operar el sistema de cloración?, en caso positivo o negativo, ¿qué nivel de asistencia técnica necesitaría?
 - ¿Qué arreglos institucionales son necesarios para garantizar la adecuada operación y mantenimiento del sistema?
 - ¿existen experiencias anteriores de cloración del agua en su sistema de abastecimiento?, ¿fueron exitosas? o ¿por qué fallaron?, ¿qué lecciones aprendidas tienen de la experiencia?
 - ¿están garantizados los recursos económicos y humanos suficientes para la adecuada operación y mantenimiento del sistema en su conjunto?
 - ¿existe acceso a los insumos, materiales y equipos, en el mercado local?
 - ¿están el gobierno local y el centro de salud involucrados en el proceso de implementación del sistema de cloración?
 - ¿realizan adecuada asistencia técnica, supervisión y fiscalización (dependiendo de sus competencias) el gobierno local y centro de salud?



Como resultado del proceso de diagnóstico deberán definirse:

- si es factible técnica y económicamente instalar el sistema de cloración,
- con qué nivel de asistencia técnica, para el prestador del servicio, se garantiza la sostenibilidad,
- cuáles son los requerimientos de insumos y servicios necesarios,
- qué alianzas y esfuerzos adicionales o complementarios deberán realizarse.

Como productos tangibles del proceso:

- Informe de diagnóstico y
- Plan de implementación del sistema de cloración que detalle las actividades a realizar, los insumos, recursos humanos y financieros necesarios, los responsables y las fechas estimadas de ejecución de obra y puesta en marcha.

3.3.2 Adquisición de materiales y contratación de servicios

Una vez decidido la instalación del sistema de cloración deberá procederse a la adquisición de los materiales necesarios, así como la contratación de la mano de obra necesaria.

Si bien este manual sugiere algunas marcas de materiales,
NO SON OBLIGATORIOS.
Se puede optar por materiales de calidad similar o mejor.

Las listas de materiales y planos típicos presentados en este manual debe ser considerada sólo como una guía referencial, especialmente los materiales de caseta, porque las cantidades dependerán de las condiciones particulares de cada zona.

3.3.3 Construcción de caseta de protección

Se recomienda que este proceso esté dirigido por un profesional con experiencia en este tipo de construcciones. Los planos son referenciales y deberán adaptarse a cada realidad.

3.3.4 Instalación del sistema de cloración

Construida la caseta y con los materiales adquiridos, se procede con la instalación del sistema de cloración.

Se recomienda realizar esta actividad en forma conjunta con las personas responsables de la operación y mantenimiento del sistema de cloración.

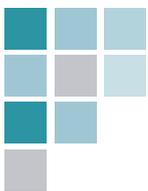


Foto 4. Construcción de caseta de cloración en Huamanguilla, Huanta, Ayacucho.



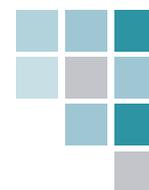
Muro de albañilería



Instalación de techo ligero (calamina) y puerta metálica de doble hoja.

Pasos para la instalación (pueden existir adicionales según el caso particular):

1.	Verificar que se han adquirido todos los materiales necesarios y correctos,
2.	Verificar que dichos materiales funcionan correctamente y están en buen estado de conservación.
3.	Ensamblar todos los accesorios de acuerdo a lo descrito en este manual y siguiendo las instrucciones de los fabricantes. Tener especial cuidado al ajustar los distintos componentes dado que la mayoría son de algún tipo de plástico y pueden dañarse.
4.	Presentar todos los componentes ensamblados y realizar los ajustes necesarios. Tener cuidado que las partes expuestas estén adecuadamente protegidas contra daños externos.



5. **Verificar** que todos los componentes estén correctamente instalados, de acuerdo a lo establecido en este manual y los planos típicos adjuntos.
6. **Hacer una prueba hidráulica** del sistema. Procedimiento: llenar el tanque clorador con agua limpia, probar abriendo y cerrando varias veces las válvulas y verificar que no se presenten fugas y que flujo de agua sea continuo.
7. **Verificar el caudal de goteo** manteniendo todas las válvulas completamente abiertas. Para esto se puede utilizar un recipiente de 10ml, 25ml o 50ml y llenarlo con el gotero mientras se controla el tiempo de llenado. El caudal de goteo será igual a dividir los 10ml o el volumen del vaso entre el tiempo de llenado. Repetir este procedimiento al menos tres veces y luego anotar el resultado promedio.

Foto 5. Revisión de materiales a ser utilizados en sistema de cloración.



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez

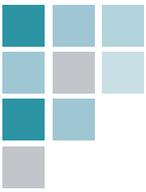


Foto 6. Conexión de agua para llenado de tanque clorador (en tubería de ingreso a reservorio)



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez

3.3.5 Puesta en funcionamiento y calibración del clorador

Esta actividad requiere que se cumplan con todas las medidas de seguridad para el manejo del cloro.

¡El uso de los equipos de protección personal (EPPs) es OBLIGATORIO para cuidar tu salud!



Procedimiento:

1	<p>Medir el caudal de ingreso al reservorio o cámara de cloración, donde se instalará el clorador.</p> <p>Procedimiento: utilizar un balde de 20 litros. Llenarlo en el punto de ingreso de agua, midiendo el tiempo. El caudal se calcula al dividir 20 litros entre el tiempo de llenado en segundos o minutos. Repetir el procedimiento tres veces. El promedio es el caudal a utilizar.</p>
2	<p>Calcular el peso del desinfectante a utilizar. Utilizar las ecuaciones presentadas en este manual. Conservar en un lugar cerrado.</p>
3	<p>Cerrar todas las válvulas desde el tanque clorador hasta el gotero.</p>
4	<p>Llenar el tanque clorador con agua limpia hasta las $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad. Usar el agua del sistema de agua potable.</p>
5	<p>Diluir el desinfectante calculado en el paso 2 y que contiene cloro. Procedimiento: en baldes de 20 litros agregar 250 a 400 gramos del desinfectante previamente pesado y diluir con 15 litros de agua. Mezclar constantemente hasta lograr la mayor dilución posible. ¡utiliza los equipos de protección personal!</p>
6	<p>Agregar al tanque clorador el desinfectante diluido en agua.</p>
7	<p>Repetir las dos tareas previas hasta diluir todo el desinfectante pesado previamente.</p>
8	<p>Completar con agua limpia el tanque clorador hasta 20cm por debajo del máximo nivel de agua permitido.</p>
9	<p>Abrir las válvulas desde el tanque hasta el gotero.</p>
10	<p>El agua con cloro proveniente del tanque tardará aproximadamente 3 a 4 minutos en salir por el gotero debido a la presencia de aire en la manguera y filtro.</p> <p>En caso no salga el agua por el gotero, purgar el filtro. Aflojar la base y luego volver a cerrar. ¡No olvides usar los equipos de protección personal!</p> <p>También se puede purgar el sistema, retirando el gotero de la manguera y volviendo a instalar luego que el agua llegue al extremo de la manguera. Finalmente, verificar el caudal de goteo.</p>
11	<p>Dejar el gotero funcionando en su posición final dentro del reservorio o cámara de cloración. Cuidar que no sea alcanzado por el máximo nivel de agua.</p>

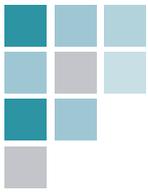


Foto 7. Instrucciones para el uso apropiado de EPPs y la preparación de solución de cloro.



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez



3.3.6 Optimización del funcionamiento del clorador

Consiste en **verificar** que la dosis de cloro aplicada es suficiente para asegurar la desinfección del agua y la concentración de cloro residual requerida (0.5mg/L en Perú).

El tiempo a esperar para la **verificación**, después de la puesta en marcha del clorador, depende del nivel de agua inicial en el reservorio o cámara de cloración.

1	La verificación de la concentración del cloro en el agua se puede realizar después de 4 a 5 horas, si el reservorio estaba muy lleno, ó 30 minutos, si el nivel de agua en el reservorio era muy bajo.
2	Medir el nivel de cloro residual libre en el agua que sale del reservorio. Usar algún dispositivo para medir este parámetro, ejemplo método colorimétrico con DPD.
3	Cuando el nivel de cloro residual libre en la salida supera 1mg/L, deberá reducirse la concentración de cloro en el tanque clorador. Para esto se debe agregar agua limpia en el tanque clorador hasta completar el nivel máximo de agua.
4	En caso el cloro residual libre sea muy bajo (menor a 0.5mg/L), se puede agregar, al tanque clorador, 10% más del peso preparado inicialmente y también disuelto en agua. Luego se vuelve a verificar el cloro residual libre hasta lograr una concentración de 1mg/L o la dosis encontrada.
5	Verificar el correcto funcionamiento del clorador al siguiente día de efectuada la cloración. Además, en la vivienda de control (determinada previamente) se deberá verificar que el cloro residual libre no sea menor a 0.50mg/l. En caso se requieran ajustes se procede según los pasos anteriores.
6	El éxito de la optimización depende en gran medida de las capacidades del operador. Con la práctica puede llegar a convertirse en un procedimiento muy sencillo. El operador debe recibir asistencia técnica de una persona calificada, en caso existan dificultades.

¡La optimización concluye cuando se logra la concentración de cloro libre esperada, a la salida del reservorio y en la vivienda de control!

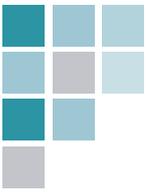


Foto 8. Control del cloro residual libre en el agua que sale del reservorio.



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez

Foto 9. Recepción del sistema de cloración por goteo por parte de los operadores del sistema de agua potable.



Morochucos, Cangallo – Ayacucho proyecto FPA 2016. Foto: Alan Rodriguez

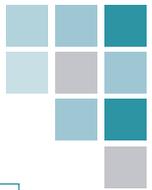


Figura 22. Modelo libro de control de cloro residual libre

FPA FONDO PERU-ALEMANIA DEUDA POR DESARROLLO

cooperación alemana implemented by giz

ORGANIZACIÓN COMUNAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

LIBRO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE

CENTRO POBLADO: _____

DISTRITO: _____ PROVINCIA: _____ DEPARTAMENTO: _____

LUGAR DE MUESTREO	FECHA DE CONTROL	ASPECTOS			NOMBRE Y FIRMA			COMENTARIO
		COLOR	mg/litro	RESULTADO	PERSONA QUE REALIZA LA PRUEBA (OPERADOR)	FISCAL OC	TESTIGO (USUARIO)	
	__/__/__	0.1-0.1	0.2-0.2					
	__/__/__	0.2-0.2	0.3-0.3					
	__/__/__	0.3-0.3	0.4-0.4					
	__/__/__	0.4-0.4	0.5-0.5					
	__/__/__	0.5-0.5	0.6-0.6					
	__/__/__	0.6-0.6	0.7-0.7					
	__/__/__	0.7-0.7	0.8-0.8					
	__/__/__	0.8-0.8	0.9-0.9					
	__/__/__	0.9-0.9	1.0-1.0					
	__/__/__	1.0-1.0	1.1-1.1					
	__/__/__	1.1-1.1	1.2-1.2					
	__/__/__	1.2-1.2	1.3-1.3					
	__/__/__	1.3-1.3	1.4-1.4					
	__/__/__	1.4-1.4	1.5-1.5					
	__/__/__	1.5-1.5	1.6-1.6					
	__/__/__	1.6-1.6	1.7-1.7					
	__/__/__	1.7-1.7	1.8-1.8					
	__/__/__	1.8-1.8	1.9-1.9					
	__/__/__	1.9-1.9	2.0-2.0					

EL CONTROL DE CLORO RESIDUAL SE REALIZARÁ CADA 7 DÍAS

FECHAS DE CLORACION: _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__

FIRMA DEL FISCAL OC _____ FIRMA DE RESPONSABLE DE SALUD _____

NOTA: El Fiscal y el Responsable de Salud firmarán la ficha cada mes.

Figura 23. Modelo de llenado del libro de control de cloro residual libre

FPA FONDO PERU-ALEMANIA DEUDA POR DESARROLLO

cooperación alemana implemented by giz

ORGANIZACIÓN COMUNAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO

LIBRO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE

CENTRO POBLADO: Huarquina

DISTRITO: Sarayaca PROVINCIA: Aymaraes DEPARTAMENTO: Aputima

LUGAR DE MUESTREO	FECHA DE CONTROL	ASPECTOS			NOMBRE Y FIRMA			COMENTARIO
		COLOR	mg/litro	RESULTADO	PERSONA QUE REALIZA LA PRUEBA (OPERADOR)	FISCAL OC	TESTIGO (USUARIO)	
Casa Comunal	25/05/2014			X				
San Alberto	17/06/2014			X	Sr Reynaldo pateccha cayo	//		Normal
San Alberto	23/06/2014			1.0	Sr Reynaldo pateccha cayo	//	Guerrero	Normal
Virgenia steven	30/06/2014			1.0	Sr Reynaldo pateccha cayo	//	Guerrero	Normal
Maximo cayo	7/08/2014			0.5	Sr Reynaldo pateccha	//	Miguel Baco	Normal
Sanos verdon	14/08/2014			0.5	//	//	Guerrero	Normal
Maximo Baco	28/08/2014			0.5	//	//	Miguel Baco	Normal
	28/08/2014			0.5	//	//	Miguel Baco	Normal

EL CONTROL DE CLORO RESIDUAL SE REALIZARÁ CADA 7 DÍAS

FECHAS DE CLORACION: _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__ _____ / _____ / 20__

FIRMA DEL FISCAL OC _____ FIRMA DE RESPONSABLE DE SALUD _____

NOTA: El Fiscal y el Responsable de Salud firmarán la ficha cada mes.



3.4 Operación y mantenimiento del clorador por goteo autocompensante.

Incluir la actividad de cloración (acciones de operación y mantenimiento), en el Plan Operativo Anual del prestador, impulsa la sostenibilidad de esta práctica.
 ¡Se garantiza la disponibilidad de recursos financieros y humanos para ejecutarla!

ACTIVIDADES DE OPERACIÓN:

A. Recarga del clorador (antes que se quede vacío).	Paso 1	Revisar el nivel de agua en el clorador.
	Paso 2	Aforar el caudal "Q" de ingreso al reservorio. Verificar que Turbiedad no sea mayor a 5 UNT.
	Paso 3	Determinar la dosis de cloro y calcular el peso de hipoclorito de calcio a añadir al clorador.
	Paso 4	Llenar el tanque clorador hasta las $\frac{3}{4}$ partes.
	Paso 5	En un balde de 20 litros disolver con agua limpia el compuesto desinfectante y verter al tanque clorador. No disolver más de 200gr. por balde de agua.
	Paso 6	Repetir el paso 5 hasta terminar de disolver el hipoclorito de calcio separado en el paso 3. Luego terminar de llenar el tanque.
	Paso 7	Verificar el goteo en el clorador.
	Paso 8	Luego de 30 minutos tomar una muestra de agua en la salida del reservorio para verificar el cloro residual libre.
B. Inspecciones al sistema de cloración.	Rutina y semanalmente	El operador inspeccionará y verificará el correcto funcionamiento del sistema de cloración.
		Si detecta alguna deficiencia deberá efectuar el mantenimiento preventivo o correctivo del sistema de cloración.
Si detecta bajos niveles de cloro residual libre en las viviendas de control, deberá verificar el estado del clorador y su funcionamiento.		
En caso de valores menores a 0.5mg/L o más de 1mg/L en la vivienda de control, el operador procederá según lo indicado en el punto 6.3.6 del presente manual.		
C. Acciones de emergencia.	En caso de emergencia	Según el plan operativo, el operador, los directivos de la organización comunal, el responsable de saneamiento del Gobierno Local y Ministerio de Salud, inspeccionarán todos los elementos del sistema de cloración (caseta, tanque, dosificador, entre otros) a fin de verificar su buen estado y correcto funcionamiento. De ser necesario adoptar las medidas correspondientes.
		La actividad anterior es parte del plan operativo que incluye la inspección general de todos los componentes del sistema de agua.
		Cuando el operador o una tercera persona identifiquen y reporten un derrame del tanque clorador al reservorio o una concentración de cloro residual libre en cualquier punto de la red mayor a 3mg/L se deberá suspender el servicio de agua potable a toda la población y proceder a solucionar los problemas presentados.
		Luego deberá reanudar la cloración según se indica en el punto A de esta tabla.

Fuente: Elaboración propia



Foto 10. Operación y mantenimiento del sistema de cloración.



Foto: N. Fustamante

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO:

	Componente	Actividad	Frecuencia	Responsable
Mantenimiento Preventivo	Caseta de cloración	Limpiar muros y techo de caseta.	Mensual	Operador
		Pintar puerta de caseta. Lubricar chapa y candado.	Anual	Operador
	Tanque clorador	Lavar interior del tanque clorador verificar buen estado de piso, paredes y tapa.	Mensual	Operador
		Lavar multiconector retirando incrustaciones.	Mensual	Operador
		Desarmar y armar el multiconector y tubo de aire.	Semestral	Operador
	Dosificador de cloro	Lavar filtro y retirar incrustaciones	Mensual	Operador
Reservorio	Limpiar y Desinfectar cada 6 meses	Semestral	Consejo Directivo de la organización comunal	
Mantenimiento Correctivo	Caseta de cloración	Reparar fisuras y grietas en muros y techos. Reconstruir losa de techo y/o muros Cambiar puerta	Según ocurrencia	Consejo Directivo
	Tanque clorador	Cambiar accesorios deteriorados o renovar completamente		
	Dosificador de cloro			

Fuente: Elaboración propia

3.5 Control de calidad de la desinfección del agua

Las medidas de control se llevan a cabo para verificar que el agua potable cumpla con los valores límite establecidos en las normas de calidad vigentes en el Perú.

De acuerdo al Artículo 19 del Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010, el control de calidad del agua para consumo humano es ejercido por el proveedor del servicio, en el sistema de abastecimiento de agua potable. Asimismo, establece que este control debe llevarse a cabo en base a un plan de control de calidad aprobado por la autoridad de Salud.

Mediante los procedimientos del control de calidad, el proveedor, garantiza el cumplimiento de las disposiciones y requisitos sanitarios del reglamento, y a través de prácticas de autocontrol, identifica fallas y adopta las medidas correctivas necesarias para asegurar la inocuidad del agua que provee.

El Artículo 66 del mismo reglamento indica:

En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, en el **90% de las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, en el período de un mes**, debe cumplir:

- No deberán contener menos de **0.5 mgL-l de cloro residual libre**.

Del diez por ciento (10%) restante:

- Ninguna debe contener menos de **0.3 mgL-l de cloro residual libre**.

En ambos casos:

- La Turbiedad deberá ser menor de 5 Unidad Nefelométrica de Turbiedad (UNT).

3.5.1 Parámetros a controlar para garantizar la calidad de la cloración

Los principales parámetros que deben controlarse para garantizar la buena calidad de la desinfección son, de manera rutinaria: el cloro residual libre, el pH y la turbiedad.

Asimismo, la autoridad responsable del servicio y/o de la vigilancia de la calidad del agua debe también medir otros parámetros como la presencia de contaminación microbiológica a través de coliformes fecales, E. Coli u otro indicador establecido en las normas vigentes.

La medición del cloro residual, pH y turbiedad son parámetros que pueden ser medidos de manera sencilla por el operador del sistema, para lo cual debe contar con los equipos y reactivos adecuados. La



medición de la turbiedad cobra especial importancia en aquellos sistemas con fuentes superficiales de abastecimiento.

3.5.2 Frecuencia y puntos de control de la desinfección

La experiencia de la Cooperación Alemana y del Fondo Contravalor Perú Alemania en proyectos de agua potable para el ámbito rural, demostró que el **cloro residual libre** debe medirse por lo menos una vez a la semana en la salida de la cámara de cloración y en cada punto crítico de control.

Para el pH y la turbiedad del agua se puede adoptar la misma frecuencia, mínimo 2 veces al año, especialmente durante los cambios de estación climática y cuando ocurren variaciones significativas de la cantidad y calidad del agua en la fuente de abastecimiento.

Un **punto de control** del cloro residual libre es aquel punto de la red de distribución o la vivienda que está **más alejado** del lugar donde se realiza la cloración y además que se ubique en una **zona más alta** respecto a todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua. Es una buena práctica medir el cloro residual libre en las viviendas más próximas a la cámara o lugar de cloración, para determinar posibles excesos en la concentración del cloro residual en el agua, que podría originar el rechazo de los usuarios.

Para el control de la eficiencia de la desinfección, se recomienda que el prestador incluya en su Plan de Trabajo mínimamente las siguientes actividades:

- En las viviendas de control, **SEMANALMENTE**, verificar que la concentración de cloro residual libre sea igual o mayor a 0.5mg/l.
- El operador, con el usuario del servicio y el fiscal (en el caso de organizaciones comunales prestadoras) anotaran los resultados en el Libro de Control de Cloro. Se recomienda que también participe el personal responsable del Establecimiento de Salud.
- El Consejo Directivo, **MENSUALMENTE**, presentará al ATM del GL su Libro de Control de Cloro para su conformidad.
- El responsable del ATM del GL acompañará por lo menos **UNA VEZ** al MES al operador del sistema en el control del cloro residual libre, en al menos en una vivienda de control.
- El responsable del ATM deberá medir **MENSUALMENTE** el pH del agua y analizar su efecto en la eficiencia de la cloración. El pH debe estar en el rango de 6.8 – 7.5.

Los resultados del control de la calidad de la desinfección del agua pueden ser registrados en el formato que se presenta en la Figura 22 que puede ser llenado como se presenta en la Figura 23.

También es importante considerar el formato de registro que las ATMs deben presentar en el marco del cumplimiento de la Meta 35: Asignación Presupuestal al Área Técnica Municipal³, en el presupuesto

³ La meta corresponde al Plan de Incentivos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), que está a cargo del Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) del MVCS



Institucional de Apertura (año en vigencia) para el funcionamiento y gestión de los servicios de saneamiento en el ámbito rural.

En los anexos se presenta la versión imprimible de los formatos.

Foto II. Medida del cloro residual libre



Proyecto Fondo Perú Alemania, noviembre 2014. – Distrito de San Pedro, Lucanas, Ayacucho.
Foto. N. Fustamante.

3.5.3 Métodos de medición de los parámetros de control de la desinfección

Existen en el mercado diversos métodos, equipos e instrumentos para la medición del cloro residual, pH, Turbiedad y otros parámetros que se requiera medir para controlar la calidad de la desinfección del agua.

El método de medición debe seleccionarse tomando en cuenta las capacidades instaladas en el responsable del control (organización y personal), recursos económicos disponibles (para calibraciones, reparaciones, insumos, etc.) y la disponibilidad de proveedores y servicio técnico, de los equipos y sus consumibles en el mercado local.



Para controlar el cloro residual, es muy importante que el método y equipo adoptado permita determinar principalmente la concentración de cloro libre y no cloro total u otras formas de cloro que podrían confundir al operador.

Medición de la concentración de cloro, turbiedad y pH en el agua

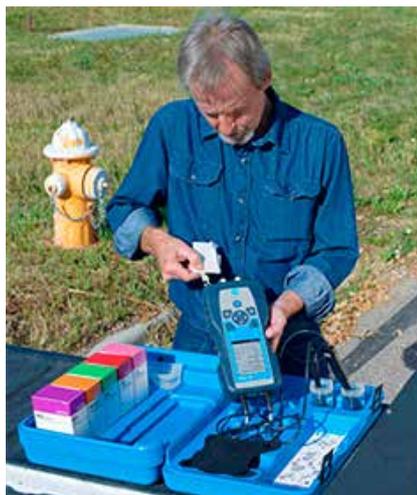
La medición del cloro residual libre y del pH puede determinarse mediante equipos digitales o mediante métodos colorimétricos que utilizan reactivos químicos.

Existen equipos digitales de distintas marcas (Hach, MTW, MN entre otros) que hacen muy sencilla y precisa la medición; sin embargo, tiene como desventajas su alto costo de adquisición y mantenimiento. Se recomienda su uso, especialmente por los responsables de supervisar y vigilar la calidad del agua para consumo humano, debido a la alta precisión y confianza en las lecturas que realiza.

Para la medición de la turbiedad también se pueden preparar patrones y medir de manera visual; sin embargo, se recomiendan los equipos digitales por su nivel de precisión y facilidad para efectuar la medición.

Es muy importante seguir las instrucciones de cada fabricante para el uso correcto de los equipos e insumos, a fin de garantizar la calidad de las lecturas.

Foto 12. Equipo portátil marca Hach, medidor digital de pH y cloro residual libre, entre otros.



Fuente. <https://latam.hach.com/si1000-analizador-paralelo-portatil-portable-parallel-analyser/product?id=22362573216#>. Consulta realizada el 27/05/2017.

Foto 13. Equipo portátil medidor digital de Turbiedad marca Hach, Modelo 2100Q.



Fuente. <https://latam.hach.com/medidor-de-turbiedad/turbidmetro-portatil-2100q/family?productCategoryId=22217410539#>.
Consulta realizada el 27/05/2017.

Entre los métodos colorimétricos para la medición del cloro residual, los más comunes son los que utilizan el reactivo DPD. Otro método es el que utiliza la Ortotolidina como agente reactivo. Sin embargo, el uso de este último ha venido disminuyendo debido a un posible efecto carcinógeno sobre la salud de quienes hace uso extensivo del reactivo (Solsona & Méndez, 2002).

Los reactivos de DPD deben aquellos que permiten medir cloro residual libre. Se hace aquí especial énfasis para no confundir con aquellos que miden cloro total y cloro combinado. En las fotos siguientes se muestran tipos de equipos para medir cloro residual libre con DPD en pastilla y en polvo.

Foto 14. Comparadores colorimétricos portátil.



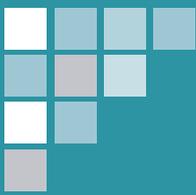
Fuente. <https://latam.hach.com/test-kit-monoparametricos/kits-de-prueba-de-discos-de-color/family?productCategoryId=22746996629#>.
Consulta realizada el 27/05/2017.



Fuente. <http://www.lamotte.com/en/drinking-water/individual-test-kits>.
Consulta realizada el 27/05/2017.



Fuente. <http://www.lamotte.com/en/drinking-water/individual-test-kits#pH>.
Consulta realizada el 27/05/2017.



4. MANEJO SEGURO DEL CLORO

El manejo del cloro, en cualquiera de sus presentaciones, puede generar desde irritación a las mucosas de los ojos y del sistema respiratorio hasta la muerte. Cuánto más concentrado sea puede ser más dañino para la salud. Es por esto que el manejo del cloro requiere adoptar todas las medidas de seguridad que minimicen el riesgo al que se exponen las personas que lo manipulan.

Tomando como ejemplo el hipoclorito de calcio al 65%, en la se detallan los principales efectos de su exposición y las medidas de primeros auxilios sugeridas.

Tabla 6. Efectos de la exposición al Hipoclorito de Calcio (65%) y medidas de primeros auxilios

Exposición	Daño	Medidas de primeros auxilios
Inhalación	La inhalación de los vapores puede producir irritación interna y daño a las mucosas.	Trasladar a la víctima al aire libre. Si la respiración es difícil, suministrar oxígeno. Buscar atención médica inmediata.
Ingestión	Corroe las membranas mucosas de la boca, garganta y esófago. Puede haber perforación gástrica y peritonitis, que pueden derivar en colapso circulatorio.	¡No induzca el vómito! Administre grandes cantidades de agua si la víctima está consciente. Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente. Buscar atención médica inmediata.
Contacto con los ojos	Severa irritación, quemaduras o destrucción del tejido ocular.	Lave bien los ojos inmediatamente al menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para garantizar la remoción del químico. Buscar atención médica inmediata.
Contacto con la piel	Severa irritación.	Lave la piel inmediatamente con abundante agua y jabón, por lo menos durante 15 minutos, mientras se retira la ropa y zapatos contaminados. Buscar atención médica inmediata.
Efectos sobre exposición aguda	Irritación y daños locales.	Buscar atención médica inmediata.
Efectos sobre exposición crónica	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.	

Fuente: Adaptado de la Hoja de datos de seguridad para hipoclorito de calcio al 65% de la empresa mexicana Grupo Transmerquim versión 2013.



Debido a su toxicidad, el manejo del cloro requiere de mucho cuidado en su manejo, exposición, almacenamiento y en derrames o fugas accidentales. La detalla las principales recomendaciones para el manejo de los productos de cloro durante todo el proceso operativo de los sistemas de abastecimiento de agua.

¡Se debe CUMPLIR ESTRICTAMENTE las medidas de seguridad e instrucciones de cada fabricante!

Tabla 7. Manejo seguro del Hipoclorito de Calcio (65%)

Objetivo	Procedimiento
	<p>Importante: Lea y siga siempre las instrucciones y precauciones que se especifican en la etiqueta del producto. Adquiera siempre el producto en lugares autorizados.</p>
Preparación de soluciones	Las soluciones del Hipoclorito de Calcio se deben preparar en recipientes limpios de polietileno o de plástico, apropiados para tal uso.
	Agregue primero el volumen de agua requerido. Luego agregue al agua la cantidad requerida del Hipoclorito de Calcio. No mezclar más de 200gramos en 20 litros de agua.
	Mezclar el Hipoclorito de Calcio únicamente en agua fría y en lugares ventilados.
	Revuelva bien con un agitador limpio de madera, mantener la mezcla siempre alejada de la ropa, la piel y los ojos.
	Algunos carbonatos en el agua se precipitarán hacia el fondo del recipiente junto con materiales insolubles presentes en el hipoclorito.
	Nunca agregue agua sobre el hipoclorito de calcio porque puede calentarse rápidamente la mezcla, generando salpicaduras o incluso una explosión si el recipiente está cerrado.
Almacenaje	Siempre se debe almacenar en recipientes herméticamente cerrados y en un ambiente bien ventilado y seco.
	Mantener el producto alejado de niños o personas extrañas a su uso.
	Mantener alejado del fuego, de materiales combustibles y otras sustancias químicas.
	El hipoclorito de calcio es un agente oxidante fuerte, por tanto, no se debe almacenar cerca de materiales orgánicos, ácidos, líquidos corrosivos, otros oxidantes o materiales reactivos.
	El contacto del hipoclorito de calcio con ácidos, aceites, productos de pintura, agentes químicos (incluyendo pesticidas y herbicidas) podría causar fuegos intensos, explosiones o gases nocivos.
	Asegúrese de que ningún material que se esté quemando, tal como un cigarrillo encendido, entre en contacto con el Hipoclorito de Calcio.



Protección Personal	Se debe evitar que el producto entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa, y no debe aspirar el polvo.
	Use siempre ventilación adecuada, utilizar gafas protectoras anti salpicaduras, ropa enteriza, guantes para uso de sustancias químicas o de nitrilo y botas de neopreno, así como una máscara protectora provista de filtros contra vapores y gases corrosivos.
	Quítese inmediatamente toda la ropa contaminada y lávela antes de volver a usarla.
Primeros auxilios	Si hay contacto con piel u ojos: Lave inmediatamente con agua fría abundante durante al menos 15 minutos. Llame o busque de inmediato a un médico.
	Si hay ingestión: Beba inmediatamente agua en gran abundancia. No induzca el vómito. Llame o busque de inmediato a un médico.
Disposición final	La disposición final debe prevenir la contaminación ambiental.
	No disponer en lugares no autorizados o que pueden ser accedidos por personas extrañas o animales.
	El usuario del hipoclorito de calcio debe disponer del material no usado, los residuos y las mezclas que lo contengan, así como también de los recipientes en los que se mezcla o se almacena dicho producto, cumpliendo todas las normas aplicables bajo su responsabilidad.
Procedimiento en caso de incendio	Comuníquese de inmediato con los bomberos, el personal de defensa civil o cualquier otra instancia responsable en su localidad.
	Si existe riesgo de que el Hipoclorito de Calcio sea alcanzado por el fuego, enfríe los recipientes expuestos con grandes cantidades de agua. No use extintores de sustancias químicas secas.
	Si el producto ya se está quemando, use grandes cantidades de agua para extinguirlo. Los bomberos deben usar equipos de respiración con suministro independiente de aire.
Procedimiento en caso de derrames	Retire todas las fuentes de ignición.
	Utilice un respirador con cartucho de cloro y filtro contra polvos y vapores corrosivos.
	Use gafas protectoras, ropa enteriza, así como guantes de nitrilo y botas de caucho, neopreno o polivinilo de cloruro (PVC).
	Limpie para minimizar la contaminación con materiales orgánicos.



Procedimiento en caso de derrames	No devuelva el material derramado al recipiente original. Coloque en un recipiente nuevo y aisle al aire libre o dentro de una zona bien ventilada. No selle el recipiente.
	Comuníquese con el distribuidor del producto para solicitar mayor información.
	Lave cualquier material residual con agua abundante.
	Lave toda la ropa contaminada antes de volver a usarla.

Fuente: Adaptado de <http://www.adasa.com.mx/pdf/quimicos/hth/HTHGranular.pdf> consulta realizada el 10.02.2017.

Para los trabajos en el sistema de cloración es obligatorio el empleo de equipos de protección personal (EPPs). Las marcas indicadas en la son referenciales; en caso de optar por una marca diferente se debe procurar aquellas que estén certificadas para su uso en el manejo de cloro, gases y vapores corrosivos:

Tabla 8. Equipos de protección personal (EPPs) de uso obligatorio durante la cloración

Equipo de Protección	Descripción y marca recomendada	
Mascarilla contra vapores corrosivos	<p>Máscara de Media Cara Serie 6000 de la marca 3M, fabricado en Elastómero Termoplástico (TPE), Es adecuado para proporcionar protección contra partículas y una amplia variedad de gases y vapores de acuerdo con las aprobaciones de NIOSH. Con la máscara se incluyen dos Cartuchos para Vapor Orgánico/Gas Ácido 3M™ 6002 (AAD). Fuente: http://solutions.3m.com.pe</p>	
Guantes largos de nitrilo para manejo de sustancias químicas	<p>Guantes de nitrilo de la marca Ansell modelo Sol Vex 37-185. Adecuado para el manejo de sustancias químicas. Fuente: http://industrialcatalogue.ansell.eu/es/sol-vex-37-185-37-655.</p>	
Lentes de seguridad	<p>Se deben utilizar obligatoriamente lentes de seguridad preferiblemente antisalpicaduras. Fuente: http://solutions.3m.com.pe</p>	
Equipos de protección personal utilizados en los proyectos de PROAGUA y el FPA.		

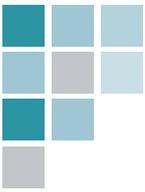
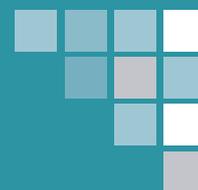


Foto 15. Uso correcto y obligatorio de los EPPs



Foto: N. Fustamante.



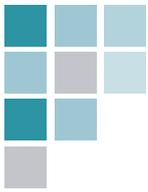
5. DOCUMENTOS GUÍA PARA CLORACIÓN POR GOTEO AUTOCOMPESADO.

En la Tabla 9 se presentan documentos que servirán de guía para los prestadores del servicio, asesores y supervisores, en el proceso de implementación del sistema de cloración por goteo autocompensado, en sistemas convencionales de agua potable.

Tabla 9. Documentos guía para la implementación de cloración por goteo autocompensante

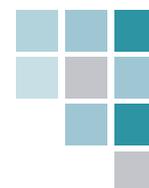
Etapa de implementación	Revisar	Aplicación
Planificación e instalación	Lista de materiales del sistema de cloración por goteo autocompensado	Verificar que se tienen todos los materiales para instalar el sistema de cloración.
	Planos constructivos	Servir de guía para la instalación del sistema de cloración.
	Manual de cloración	Revisar detalles sobre el sistema de cloración y su funcionamiento a fin de asegurar la correcta instalación del sistema de cloración.
	Hojas técnicas de materiales y equipos	Verificar que los materiales y equipos corresponden a las especificaciones requeridas.
Operación y mantenimiento	Manual de cloración	Guía para programar y ejecutar las actividades de operación y mantenimiento.
	Hojas técnicas de materiales y equipos	Revisar aspectos específicos para la adecuada operación y mantenimiento de los materiales y equipos instalados.
	Hojas de seguridad de hipoclorito de calcio	Analizar los riesgos asociados a la manipulación del hipoclorito de calcio y conocer las medidas a adoptar en caso de necesidad.
Control de la calidad del agua	Manual de cloración	Guía para conocer las actividades de control de calidad y las acciones a adoptar en caso se observen resultados no deseados.
	Formato para registro de cloro residual libre	Registrar los resultados acerca de la calidad del agua.

Fuente: Elaboración propia



REFERENCIAS

- Environmental Protection Agency. (2011). *Water Treatment Manual: Disinfection*.
- García E. (2009). *Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones rurales-FPA*. Lima, Perú.
- James R. Mihelcic, P., Fry, L. M., Myre, E. A., Linda D. Phillips, P., & Brian D. Barkdoll, P. P. (2009). *Field guide to environmental engineering for development workers : water, sanitation, and indoor air*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- La Contraloría General de la República. (2015). *Informe N° 869-2015-CG/ADE Auditoría de Desempeño a los Servicios de Saneamiento para Hogares Rurales*. Lima.
- Lawrence K. Wang, P. P., Yung-Tse Hung, P. P., & Nazih K. Shammass, P. (2006). *Advanced Physicochemical Treatment Processes*. New Jersey: Humana Press Inc.
- Martel, A. B., & Vargas, L. d. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría Tomo II*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Mundial de la Salud.
- Metcalf & Eddy Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and reuse (Fourth Edition)*. McGraw Hill Companies, Inc.
- Naciones Unidas - Asamblea General. (2010). *Resolución 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento*.
- Nicholas P. Cheremisinoff, P. (2002). *Handbook Of Water And Wastewater Treatment Technologies*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. I: Recomendaciones. Tercera edición. Versión electrónica para la web*.
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *HDT - CEPIS No 89. ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EL ABASTECIMIENTO RURAL DE AGUA*. Lima: CEPIS. Obtenido de www.cepis.ops.oms.org
- Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - Organización Mundial de la Salud.
- SUM Canadá. (2005). *Cómo desinfectar y clorar un sistema de agua potable rural*. Lima.
- World Health Organization. (2012). *Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage*. Geneva, Switzerland: WHO Document Production Services.



ANEXOS

ANEXO 1.

Lista de materiales del sistema de cloración por goteo autocompensado

Materiales para implementar un sistema de cloración por goteo autocompensado

Elaborado por: Nilsson Fustamante

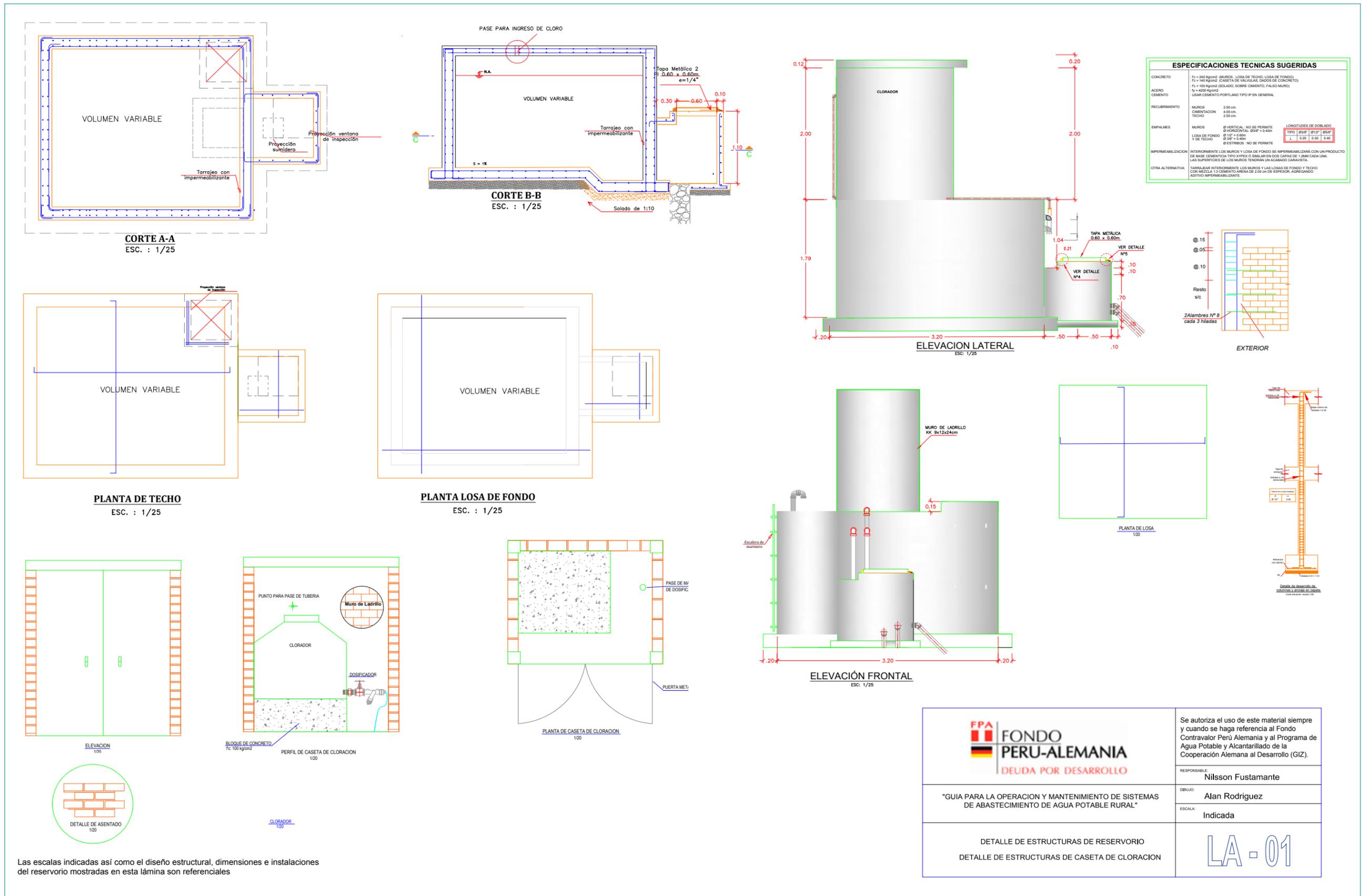
Fecha: Febrero 2017

Item	Concepto	Posibles Marcas	Modelo	Unidad	Canti- dad por sistema
1.00	Caseta de cloración				
1.01	Ladrillo king kong-18 huecos 9cmx12.5cmx23cm	Rex/Lark		Unidad	490.00
1.02	Cemento portland T-I	Andino		Bolsa	4.00
1.03	Fierro corrugado 3/8"	"Aceros Arequipa SiderPerú"		Varilla	2.00
1.04	Alambre negro N° 8	"Aceros Arequipa SiderPerú"		Kilos	5.00
1.05	Alambre negro N° 16	"Aceros Arequipa SiderPerú"		Kilos	4.00
1.06	Arena gruesa	"Aceros Arequipa SiderPerú"		M3	0.50
1.07	Puerta metálica 1.20 x 2.0 m.	"Aceros Arequipa SiderPerú"		Unidad	1.00
1.08	Clavos para madera 2.5" - 3"	"Aceros Arequipa SiderPerú"		Kilos	2.00
1.09	Aditivo epóxico para anclar columnetas a techo reservorio (Resina de anclaje)	Sika	"Sika® Anchorfix® Sikadur® 31"	Kilos	0.10
1.10	Candado mediano altura mayor 40 mm resi- tente a corrosión	Yale	Para exteriores	Unidad	1.00
1.11	Madera para estructura de techo 1" x 2" x 8'		Pino estructural	Liston	4.00
1.12	Calamina tipo onda de polipropileno 1.80mx1.10m. Carga mínima 2.25 kg/m ²	Fibraforte	Onda 100 - Opaco 235	Planchas	2.00
2.00	Dosificador de cloro por goteo				
2.01	Tanque Polietileno 750litros. Incluye acceso- rios: Multiconector con válvula esférica 1" - Tubo de ventilación 1/2"	Rotoplas	Resistente a aguas corrosivas	Unidad	1.00
2.02	Kit de goteo autocompensado			Unidad	1.00
	Válvula de línea 1"	Plasson		Unidad	1.00
	Unión roscada polipropileno de 1" x 1"	Plasson		Unidad	1.00
	Filtro de discos polipropileno diametro 1.0" de 120 mesh (130 Micron)	Azud	Modular 100 - 1"	Unidad	1.00

Item	Concepto	Posibles Marcas	Modelo	Unidad	Canti- dad por sistema
	Bushing PE 1.0" x 1/2"	Plasson		Unidad	1.00
	Niple reductor 1/2" x 1/4"	Tefen		Unidad	1.00
	Enlace rosca macho DE 8 mm x 1/4"	Tefen		Unidad	1.00
	Manguera PE 8 mm	Pavco/Azud		Unidad	1.00
	Gotero PC 4.0 L/H	Azud/Netafim	Autocompe- sado	Unidad	2.00
	Enlace de 8mm	Tefen		Unidad	1.00
2.12	Cinta teflón	3M		Unidad	2.00
2.13	Abrazadera termoplástica dos cuerpos de Diámetro variable x 1/2"	Concyssa	ABC200	Unidad	1.00
2.14	Válvula de paso termoplástica PVC 1/2" o 15 mm	Concyssa	BPI00 - 15mm	Unidad	1.00
2.15	Niple de PVC 1/2" x 5cm.	Pavco		Unidad	1.00
2.16	Conector Unión 1/2" x 1/2"	Tefen		Unidad	1.00
2.17	Manguera de 1/2" - PN 5bar		Transparente	M.	5.00
3.00	Equipos de protección personal				1
3.01	Mascarilla de media cara con filtro para gases corrosivos	3M	Serie 6000	Unidad	1.00
3.02	Guantes de nitrilo para sustancias químicas	Ansell	Solvex® 37-175	Par	1.00
3.03	Lentes de seguridad antisalpicaduras	3M	I6-644Splash GoggleGear™	Unidad	1.00
4.00	Equipos de control de calidad del agua				1
4.01	Hipoclorito de calcio 60% - 70%	HTH	Granulado	Kilos	2.00
4.02	Pastillas DPD #1 cloro libre para 5ml de muestra	Lamotte/Hach	Cloro libre	Unidad	20.00
4.03	Comparador visual de cloro	Lamotte/Hach	Rango 0 - 10	Unidad	1.00
4.04	Balde graduado de 20litros	Basa/Rey/Duraplast	Transparente	Unidad	2.00
4.05	Vaso de precipitado plástico 50ml	Isolab	Graduado	Unidad	1.00
4.06	Balanza 1kg.				
4.07	Cuchara polipropileno o acero inoxidable 10 ml.	Isolab		Unidad	1.00
4.05	Material de capacitación a JASS			Unidad	1.00
4.06	Cuaderno de control de cloro			Unidad	1.00

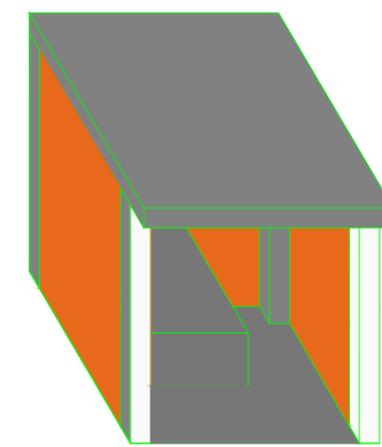
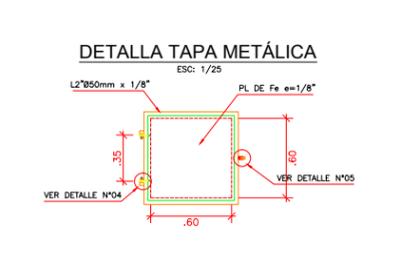
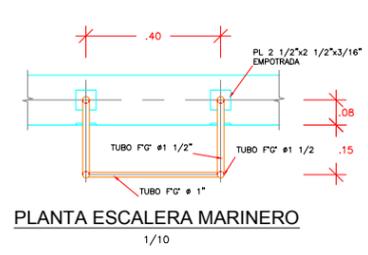
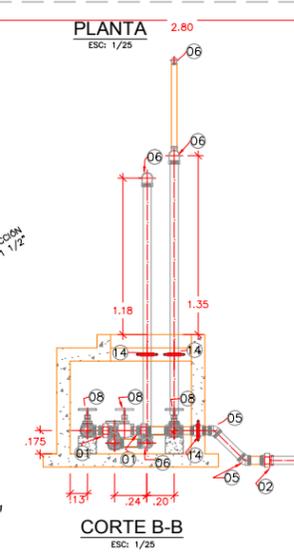
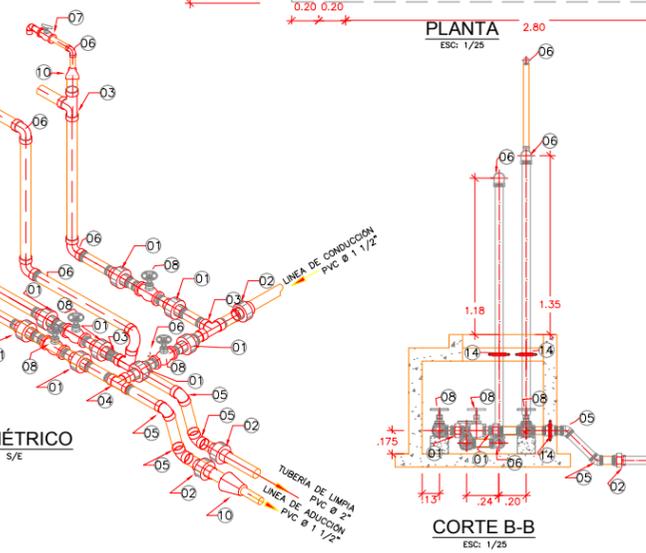
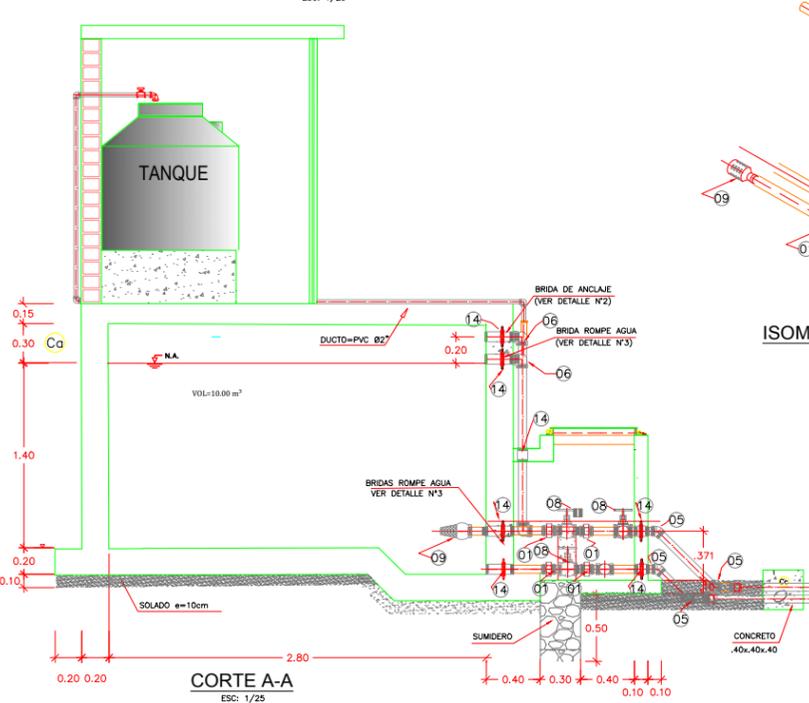
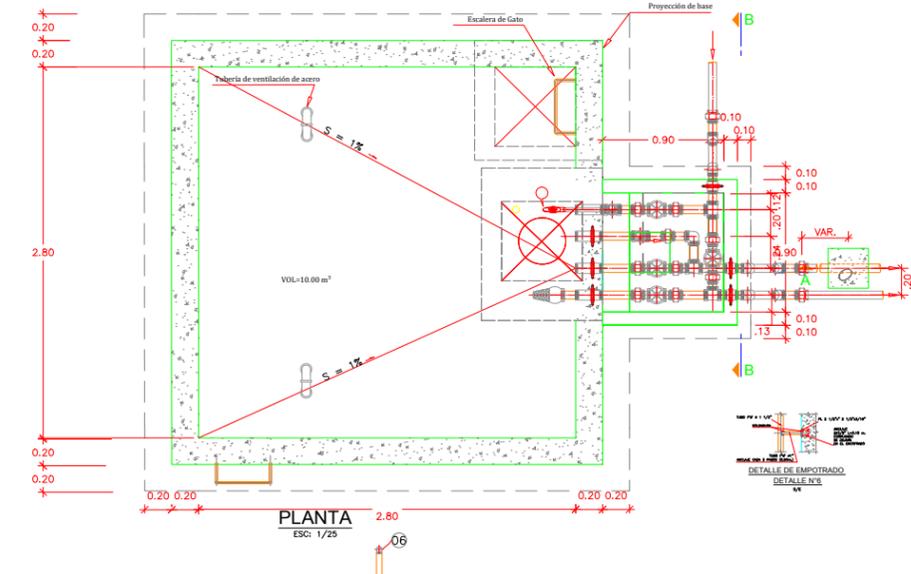
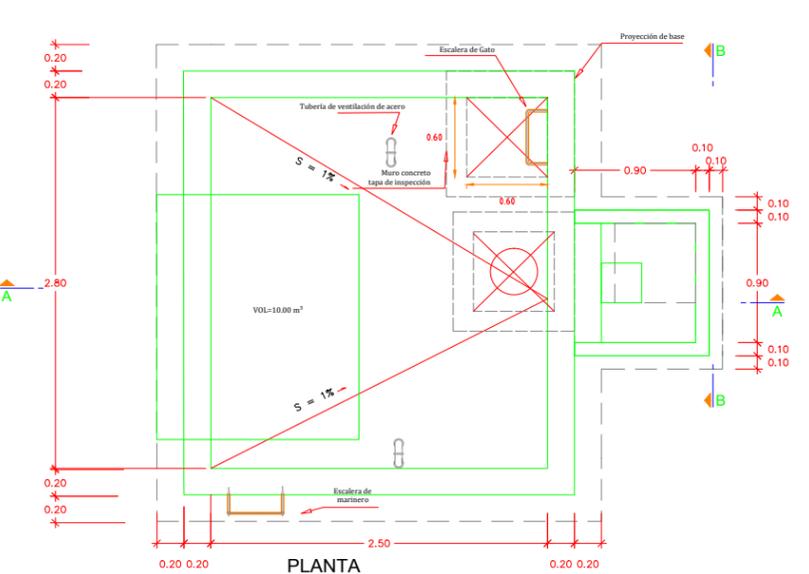


ANEXO 2. Planos tipo de la caseta de cloración

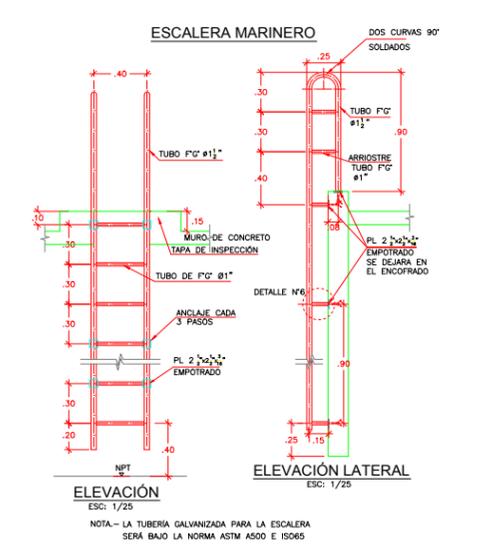
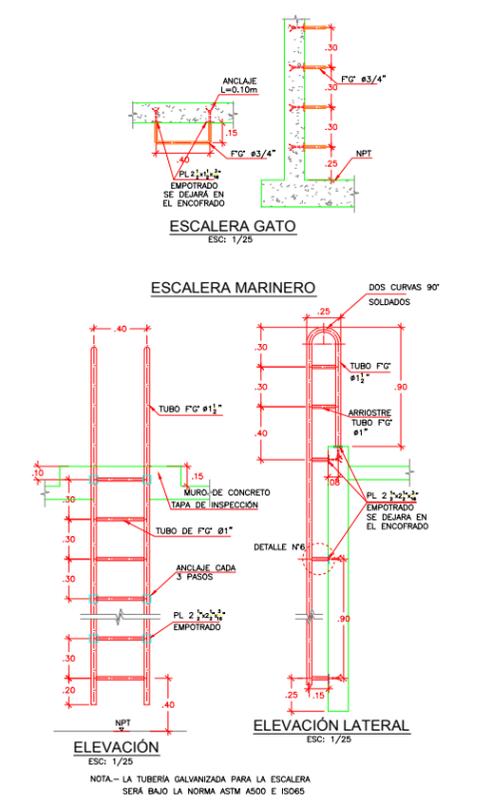


Las escalas indicadas así como el diseño estructural, dimensiones e instalaciones del reservorio mostradas en esta lámina son referenciales

	Se autoriza el uso de este material siempre y cuando se haga referencia al Fondo Contravol Perú Alemania y al Programa de Agua Potable y Alcantarillado de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ).
	RESPONSABLE: Nilsson Fustamante
"GUIA PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE RURAL"	DIBUJO: Alan Rodriguez
DETALLE DE ESTRUCTURAS DE RESERVORIO DETALLE DE ESTRUCTURAS DE CASETA DE CLORACION	ESCALA: Indicada LA-01



METRADO ACCESORIOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	1/2"(und.)	1 1/2"(und.)	2"(und.)
1	UNION UNIVERSAL ROSCADO DE F" G"	—	4	4
2	ADAPTADOR F" G" - PVC	—	1	2
3	T" F" G" ROSCADO	—	2	1
4	T" F" G" ROSCADO DE 2" Y 1 1/2"	—	1	—
5	CODO 45° DE F" G" ROSCADO	—	—	4
6	CODO 90° DE F" G" ROSCADO	1	3	3
7	GRIFO DE BRONCE	1	—	—
8	VALVULA COMPUERTA BRONCE	—	2	2
9	CANASTILLA DE BRONCE	—	—	1
10	REDUCCION F" G" A PVC	—	1	1
11	TUBERIA DE F" G"	0.40	3.40m	7.75m
12	DADO DE CONCRETO (f'c=140 Kg/cm²)	.30x.30x.30	—	—
13	DADO DE CONCRETO (f'c=140 Kg/cm²)	.10x.10x.20	—	—
14	BRIDA ROMPE AGUA	—	2	6
15	TUBERIA DE VENTILACION DE F" G"	—	2 UNIDADES	—
N I P L E S				
A	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=2 1/2")	50mm	2"	15
B	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=4")	50mm	2"	7
C	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=4 1/2")	50mm	2"	5
D	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=5")	50mm	2"	2
E	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=6")	50mm	2"	6
F	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=8")	50mm	2"	3
G	NIPLE DE F" G" ROSCADO (L=10")	50mm	2"	3



FONDO PERU-ALEMANIA
DEUDA POR DESARROLLO

Se autoriza el uso de este material siempre y cuando se haga referencia al Fondo Contravalor Perú Alemania y al Programa de Agua Potable y Alcantarillado de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ).

RESPONSABLE:
Nilsson Fustamante

OBJETO:
Alan Rodriguez

ESCALA:
Indicada

DETALLE DE ESTRUCTURAS DE RESERVORIO
DETALLE DE ESTRUCTURAS DE CASETA DE CLORACION

LA-02

Las escalas indicadas así como el diseño estructural, dimensiones e instalaciones del reservorio mostradas en esta lámina son referenciales



CORTE A-A
ESC. : 1/25

CORTE B-B
ESC. : 1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS SUGERIDAS	
CONCRETO	f _c = 245 Kg/cm ² (MUROS, LOSA DE TECHO, LOSA DE FONDO) f _c = 140 Kg/cm ² (CASETA DE VALVULAS, CASOS DE CONCRETO)
ACERO	f _y = 4200 Kg/cm ²
CEMENTO	USAR CEMENTO PORTLAND TIPO II EN GENERAL
RECUBRIMIENTO	MUROS: 2.50 cm CIMENTACION: 4.00 cm TECHO: 2.50 cm
EMPALMES	MUROS: Ø VERTICAL: NO SE PERMITE Ø HORIZONTAL: Ø38" = 0.40m LOSA DE FONDO: Ø 12" = 0.30m Y DE TECHO: Ø 38" = 0.40m Ø ESTIBOS: NO SE PERMITE
IMPERMEABILIZACION	INTERIORMENTE LOS MUROS Y LOSA DE FONDO SE IMPERMEABILIZARA CON UN PRODUCTO DE BASE CEMENTICIA TIPO XYPEX O SIMILAR EN DOS CAPAS DE 1.2MM CADA UNA. LAS SUPERFICIES DE LOS MUROS TENDRAN UN ACABADO CARABISTA.
OTRA ALTERNATIVA:	TARRAJEAR INTERIORMENTE LOS MUROS Y LAS LOSAS DE FONDO Y TECHO CON MEZCLA 1:3 CEMENTO:ARENA DE 2.00 cm DE ESPESOR, AGREGANDO ADITIVO IMPERMEABILIZANTE.

ELEVACION LATERAL
ESC: 1/25

PLANTA DE TECHO
ESC. : 1/25

PLANTA LOSA DE FONDO
ESC. : 1/25

ELEVACION
1/20

TANQUE CLORADOR

PLANTA DE CASETA DE CLORACION
1/20

ELEVACION FRONTAL
ESC: 1/25

TANQUE

DETALLE DE AMARRE
1/20

DETALLE DE ASENTADO
1/20

KIT DOSIFICADOR

Las escalas indicadas así como el diseño estructural, dimensiones e instalaciones del reservorio mostradas en esta lámina son referenciales

PROYECTO: "GUIA PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE RURAL"

RESPONSABLE: Nilsson Fustamante

DEBILLO: Alan Rodriguez

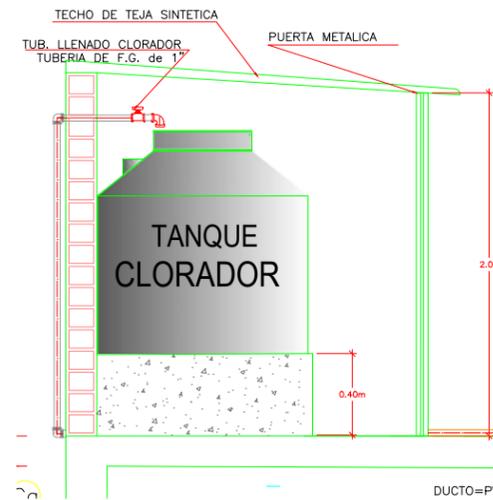
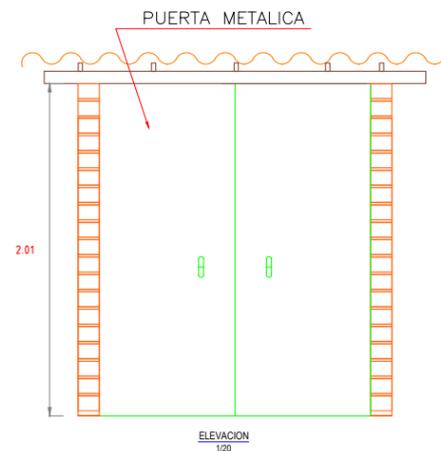
ESCALA: Indicada

DETALLE DE ESTRUCTURAS DE RESERVORIO

DETALLE DE ESTRUCTURAS DE CASETA DE CLORACION

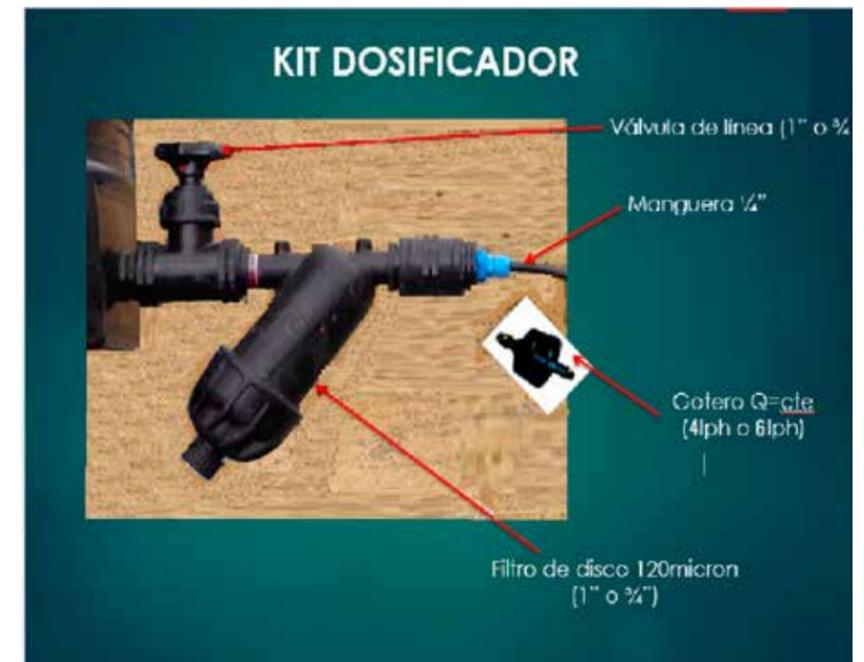
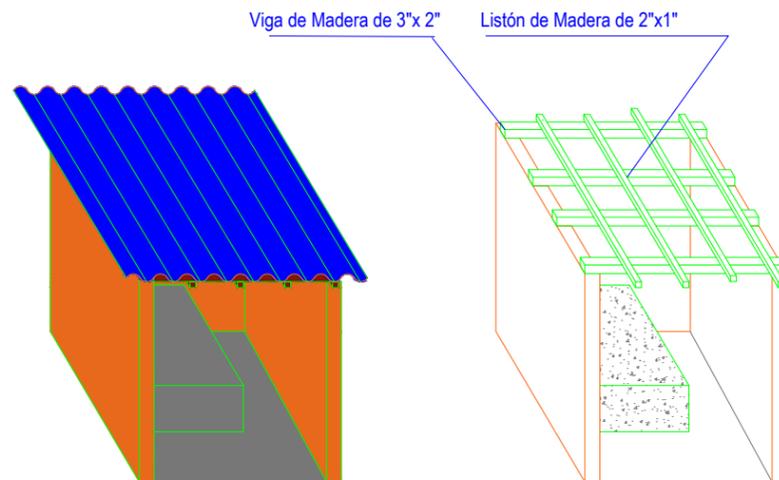
Nº DE LAMINA:

LA - 03



EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

Equipo de Protección	Descripción y marca recomendada
Mascarilla contra vapores corrosivos	Se ha utilizado una Mascarilla de Media Cara Serie 6000 de la marca 3M, fabricado en Elastómero Termoplástico (TPE), adecuado para proporcionar protección contra partículas y una amplia variedad de gases y vapores de acuerdo con las aprobaciones de NIOSH. Con la máscara se incluyen dos Cartuchos para Vapor Orgánico/Gas Ácido 3M™ 6003/07047 (AAD). Fuente: http://solutions.3m.com.pe
Guantes largos de nitrilo para manejo de sustancias químicas	Se han utilizado guantes de nitrilo de la marca Ansell modelo Sol Vex 37-185, adecuado para el manejo de sustancias químicas. Fuente: http://industrialcatalogue.ansell.eu/es/sol-vex-37-185-37-655
Lentes de seguridad	Se deben utilizar obligatoriamente lentes de seguridad preferiblemente antipicaduras. Fuente: http://solutions.3m.com.pe

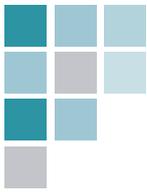


Actividad	Material y equipo utilizado
Cloración del agua	1. Material desinfectante: Hipoclorito de calcio 60% a 70%. Marcas: HTH, Pluschlor, etc. Presentación: Envases de plástico de 1kg, 5kg, 15kg, 45kg.



Las escalas indicadas así como el diseño estructural, dimensiones e instalaciones del reservorio mostradas en esta lámina son referenciales

		Se autoriza el uso de este material siempre y cuando se haga referencia al Fondo Contravalor Perú Alemania y al Programa de Agua Potable y Alcantarillado de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ).
PROYECTO:	"GUIA PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE RURAL"	RESPONSABLE: Nilsson Fustamante
DEBIDO:	Alan Rodriguez	ESCALA: Indicada
LÁMINA:	CASETA DE CLORACION	Nº DE LÁMINA: LA - 05



ANEXO 3.

Libro de control de cloro residual libre (Proagua).



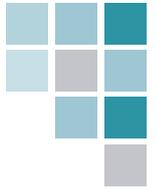
LIBRO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE



Instrucciones:

La persona responsable de llevar el control de cloro residual libre deberá registrar las actividades de control del cloro residual libre en el presente libro. A continuación se detallan las instrucciones para el manejo de este libro.

1. El control de cloro residual libre deberá realizarse como mínimo una vez a la semana.
2. La medición de cloro residual libre deberá realizarse en la vivienda o viviendas de control establecidas por el ATM, la JASS y Responsable de Salud. La vivienda o viviendas de control serán aquellas que se encuentran en los puntos más alejados de la red de distribución de agua potable.
3. **En Centro Poblado:** Indicar el nombre del centro poblado en el cual se hace el control del cloro residual libre.
4. **En Distrito:** Indicar el nombre del distrito al que pertenece el centro poblado.
5. **En Provincia y Departamento:** Colocar el nombre de la provincia y departamento al que pertenece el centro poblado.
6. **En Lugar de muestreo:** Indicar la dirección de la vivienda o el nombre del propietario de la vivienda donde se está realizando el control del cloro residual libre.
7. **En Fecha de control:** Indicar la fecha en que se está realizando el control del cloro residual libre.
8. **En Resultado:** Indicar el resultado en mg/l de cloro residual libre medido en el comparador de cloro residual libre. Colocar el valor frente al rango en el que se encuentra. Por ejemplo: Si el comparador nos da un valor de 0.4mg/l entonces debemos anotar ese valor en el segundo rango (>0.3 a <0.5).
9. **En Persona que realiza la prueba:** Indicar el nombre y apellido de la persona que ha realizado la prueba. Además la persona deberá colocar su firma.
10. **En Fiscal JASS:** Indicar el nombre y apellido del Fiscal de la JASS. Además el Fiscal deberá colocar su firma.
11. **En Testigo o Propietario:** Indicar el nombre y apellido de la persona que ha sido testigo de la prueba. Además la persona deberá colocar su firma.
12. **En Comentario:** Anotar los comentarios de las personas que participan de la prueba y que estén relacionados a los resultados o el desarrollo de la prueba. Por ejemplo, el testigo puede comentar que el agua sale con mucho cloro en su vivienda o que viene turbia. También se puede comentar si el resultado es positivo o se debe corregir algún aspecto.
13. **En Fecha de la última cloración:** Indicar las dos últimas fechas en el mes cuando se ha realizado la cloración del agua.
14. **En Firma y sello del presidente JASS:** El presidente de la JASS deberá firmar y colocar su sello, en señal de conformidad en el registro de la información.
15. **En Firma y sello del fiscal:** El fiscal de la JASS deberá firmar y colocar su sello, en señal de conformidad en el registro de la información.



ORGANIZACIÓN COMUNAL PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO LIBRO DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL LIBRE

CENTRO POBLADO:
DISTRITO

PROVINCIA

LUGAR DE MUESTREO	FECHA DE CONTROL	ASPECTO		RESULTADO	NOMBRE Y FIRMA			COMENTARIO
		COLOR	mg/litro		PERSONA QUE REALIZA LA PRUEBA (OPERADOR)	FISCAL OC	TESTIGO (USUARIO)	
	.../.../20...		0.0 - 0.1					
	.../.../20...		0.2 - 0.3					
	.../.../20...		0.4 - 0.6					
	.../.../20...		0.8 - 1.0					
	.../.../20...		> 1.0					
	.../.../20...		0.0 - 0.1					
	.../.../20...		0.2 - 0.3					
	.../.../20...		0.4 - 0.6					
	.../.../20...		0.8 - 1.0					
	.../.../20...		> 1.0					
	.../.../20...		0.0 - 0.1					
	.../.../20...		0.2 - 0.3					
	.../.../20...		0.4 - 0.6					
	.../.../20...		0.8 - 1.0					
	.../.../20...		> 1.0					
	.../.../20...		0.0 - 0.1					
	.../.../20...		0.2 - 0.3					
	.../.../20...		0.4 - 0.6					
	.../.../20...		0.8 - 1.0					
	.../.../20...		> 1.0					

El control de cloro residual se realizará cada 7 días

FECHAS DE CLORACION:

.../.../20

.../.../20

.../.../20

.../.../20

Firma del fiscal OC

Firma Responsable de Salud

NOTA.- El Fiscal y el Responsable de Salud firmarán la ficha cada mes.

ANEXO 4.

Formato de registro del monitoreo de cloro residual libre de las ATMs
(extraído de Guía para el cumplimiento de la Meta 35: “Asignación Presupuestal al Área Técnica Municipal, en el presupuesto Institucional de Apertura 2017 para el funcionamiento y gestión de los servicios de saneamiento en el ámbito rural).

ANEXO 8 FORMATO DE MONITOREO DEL PARÁMETRO DEL CLORO RESIDUAL								
		MONITOREO DEL PARÁMETRO DEL CLORO RESIDUAL						
I. UBICACIÓN								
Localidad/Anexo: _____						Fecha: ____ / ____ / 2016		
Distrito: _____		Provincia: _____		Departamento: _____				
Establecimiento de salud: _____								
II. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO								
a) Administrador del sistema de abastecimiento de agua								
Municipalidad: _____ <small>(anotar nombre)</small>				JASS: _____ <small>(anotar nombre)</small>				
b) Tipo de sistema de Abastecimiento de agua ¹								
<small>I. Tipo de sistemas: 1) Gravedad simple, 2) Gravedad con tratamiento, 3) Bombeo sin tratamiento, 4) Bombeo con tratamiento</small>								
III. MEDICIÓN DEL CLORO RESIDUAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO								
3.1 Planta de Tratamiento de agua potable / Reservorio								
N°	Punto de toma de la muestra ³	Cordenadas UTM ⁴		Fecha Muestreo	Hora de Muestreo	Cloro Residual (ppm)		
		Norte	Este			<0.5 ppm	>=0.5 ppm	
1	Salida de PTAP			05/05/2016	09:20		0.8	
2	Reservorio - 1			05/05/2016	10:30		0.7	
3	Reservorio - 2			05/05/2016	10:45		0.6	
4	Reservorio - 3			05/05/2016	11:00	0.4	0.7	
5	Pozo de bombeo							
6								
3.2 Red de Distribución								
N°	Ubicación del punto de muestreo ²	Punto de toma de la muestra ³	Dirección	Fecha Muestreo	Hora de Muestreo	Cloro Residual (ppm)		Firma del usuario
						<0.5 ppm	>=0.5 ppm	
1	Red	grifo/viv.(1era viv)		05/05/2016	11:10			
2	Red			05/05/2016	11:30			
3	Red			05/05/2016	12:30			
4								
5								
6								
1. Tipo de sistema		1) Gravedad simple, 2) Gravedad con tratamiento, 3) Bombeo sin tratamiento, 4) Bombeo con tratamiento						
2. Ubicación de puntos de muestreo:		1) Planta de tratamiento, 2) Reservorio, 3) Pozo, 4) Red						
3. Punto de toma:		1) Salida de la planta (STP), 2) Reservorio, 3) Pozo, 4) grifo/vivienda, 5) Pileta pública						
4. Coordenadas UTM:		Como mínimo tres puntos de monitoreo Opcional						
IV. OBSERVACIONES								
1.-								
2.-								
3.-								
Jefe del Establecimiento de Salud		_____						
		firma						
Técnico en salud Ambiental del EESS:		_____						
		firma						
Responsable del Área Técnica Municipal		_____						
		firma						
						Fecha: ____ / ____ / 2016		



ANEXO 5.

Hojas de seguridad del hipoclorito de calcio granulado

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y EMPRESA:

Nombre Químico : Hipoclorito de Calcio granulado. Es un producto químico granulado, oxidante fuerte, caracterizado por su alto contenido de cloro disponible (65-70% min.).

Formula : $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, CAS# 7778-54-3, 231-908.7. Se recomienda el uso de las preparaciones frescas para asegurar su máximo rendimiento, como desinfectante clorado.

Producto obtenido por el proceso sodico.

Distribuidor : Aris Industrial S.A.

Marcas : Hipoclorito de Calcio, Aquachlor 65% min. y Hipoclorito de Calcio Aquachlor Plus 70% min.

2.- COMPOSICIÓN / INFORMACION DE LA COMPOSICIÓN

Sustancia : $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

n° C.A.S : 777-54-3

Símbolo y frases de riesgo: Oxidante Fuerte, corrosivo a la piel y tejidos mucosos.

Peso Molecular : 142.9848

Número E.I.N.C.S : 231-908-7

3.- IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Peligroso, Oxidante fuerte, corrosivo puede causar daño al ser inhalado. Causa quemaduras a los ojos y piel. Puede causar severa irritación al tracto respiratorio y digestivo con posible quemadura.

EFFECTOS POTENCIALES SOBRE LA SALUD:

Ojos : Puede causar quemaduras, daños a la cornea.

Piel: Causa severas quemaduras con destrucción lenta de los tejidos.

Ingestión : Puede ser dañino si es ingerido y causar daños severos y permanentes al tracto digestivo, causando quemaduras al tracto gastrointestinal.

Inhalación : Causa quemadura química al tracto respiratorio, su aspiración puede conducir a un

edema pulmonar. Causa acción corrosiva de las membranas mucosas.

Efectos crónicos: El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar dermatitis. El contacto repetido o prolongado con los ojos puede causar conjuntivitis. Dichos efectos pueden ser retardados. Experimentos en laboratorio han resultado en efectos mutagénicos.

4.- PRIMEROS AUXILIOS

Contactos con los ojos; Conseguir ayuda inmediatamente. No permitir que la víctima se frote los ojos ni los mantenga cerrados. Se requiere inmediata y abundante irrigación con agua al menos 30 minutos.

Contacto con la piel : Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón por al menos 15 minutos mientras se retira la ropa y zapatos contaminados. Lavar la ropa antes de ser rehusada, destruir los zapatos contaminados.

Ingesta : No inducir al vómito, si la víctima esta consciente y alerta darle de beber de 2 a 4 tazas de leche o agua; nunca dar de beber ningún producto a una persona que este inconsciente, buscar atención médica inmediata.

Inhalar : Trasladar a la víctima a un lugar ventilado. Si respira con dificultad, dar oxígeno. No usar respiración boca a boca. Si la respiración ha cesado, aplicar respiración artificial usando oxígeno y un equipo mecánico adecuado como una bolsa o máscara.

5.- EXTINCIÓN DE INCENDIO

Información general: Usar equipo respirador provisto con tanque de aire y equipo completo de protección. Es oxidante fuerte. El contacto con materiales combustibles puede causar fuego. Durante el fuego puede generar gases irritante y altamente tóxicos por descomposición térmica o combustión. Usar agua pulverizada para mantener fríos los recipientes expuestos al fuego. Usar el agua con cuidado y abundantemente. La conta-

minación o mezcla con materiales extraños tales como combustibles y grasas puede causar fuego. Los contenedores pueden explotar cuando son calentados.

Medios de Extinción: Usar agua en spray para enfriar los recipientes expuestos al fuego. Llamar inmediatamente a los bomberos, enfriar los contenedores con abundante agua hasta que el fuego se haya extinguido.

Para fuegos pequeños, no usar polvos químicos secos, dióxido de carbono, jabón o espumas.

Usar solamente agua para grandes fuegos, inundar el área con agua a distancia.

6.- FUGAS ACCIDENTALES

Información general : Usar equipo de protección personal adecuado como se indica en la sección 8.

Derrames / Fugas : Aspirar o barrer el material y colocarlo en un recipiente adecuado para su disposición. Evitar generar polvo. Retirar toda fuente de ignición, ventilar. No usar materiales combustibles como toallas de papel para limpiar un derrame de hipoclorito.

7.- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipilación: Lavarse minuciosamente después del manipuleo. Retirarse la ropa contaminada y lavarla antes del rehusó. Use el producto solo en áreas bien ventiladas. Minimizar la generación y acumulación del polvo. Evitar el contacto con los ojos, piel o ropa. Mantener los recipientes bien cerrados. Evitar el contacto con el calor, chispas y llamas. Evitar el contacto con la ropa y otros materiales combustibles. No ingerir ni inhalar. Descartar los zapatos contaminados.

Almacenaje: Mantener lejos del calor, chispas o llamas. Mantener lejos de fuentes de ignición. No almacenar cerca de materiales combustibles. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso. Almacenar en recipiente con buen cierre. Colocar en un lugar frío, seco, bien ventilado, lejos de sustancias incompatibles. Mantener lejos de ácidos.

8.- CONTROL DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL.

Controles de Ingeniería: En los ambientes donde se almacena y usa este material se debería contar con equipos para el lavado de ojos y duchas de seguridad. Usar ventilación adecuada para mantener baja la concentración de cloro en el aire.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN ADECUADO:

Protección ocular: Usar lentes de vidrios adecuados o anteojos de seguridad químicos.

Protección de la piel: Usar guantes protectores adecuados para prevenir la exposición de la piel, los cuales pueden ser de caucho, neopreno o PVC.

Inhalación: Usar respirador con careta completa, con cartuchos anticloro y filtro contra polvos y vapores.

Ropa: Usar ropa protectora apropiada como ropa enteriza, para prevenir la exposición a la piel.

9.- PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Estado Físico : Sólido en gránulos y/o polvos.

Apariencia y olor : Blanco o grisáceo, con olor fuerte a cloro.

pH : No disponible.

Presión de vapor : No aplicable.

Punto de Ebullición : Se descompone.

Punto de congelamiento : 100°C.

Temperatura de Autoignicion : No disponible.

Rating estimado de riesgo según la NFPA : Salud 3; inflamabilidad 0; Reactividad 3.

Línea de Explosión, inferior : No disponible.

Línea de Explosión, superior : No disponible.

Temperatura de descomposición : 175 °C.

Solubilidad : Ligeramente soluble.

Densidad : 2.35.

Formula Molecular : CaCl₂O₂.

Peso Molecular, g/mol : 142.9848



10.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química : Estable a temperatura ambiente en recipientes cerrados bajo condiciones normales de almacenaje.

Condiciones a Evitar : Altas temperaturas, materiales incompatibles, fuentes de ignición, generación de polvo, ácidos, exceso de calor, materiales orgánicos, agentes reductores.

Incompatibilidades con otros materiales : Agentes reductores, tetracloruro de carbono, amoníaco, aminas alifáticas, aminas aromáticas, azufre, sulfuros, (sulfuros inorgánicos, como sulfuros ferri-co, de plomo, de sodio, etc.). Óxidos de metales como el de hierro y otros, éter monometílico del etilenglicol y similares, carbón, ácido acético+cianuro de potasio o cianuro de sodio, cloruro de amonio , N,N-diclorometilamina+calor, etanol, mentol, glicerina, fenoles, 1-propanotriol, isobutanotiol, aguarrás o trementina, bisulfato de sodio+almidón+carbonato de sodio, acetileno, hidroxocompuestos como el azúcar, etanol, glicol, etc.; materiales combustibles (antraceno, grasa, aceites, mercaptanos, metylcarbitol, nitrometano, materia orgánica y propylmercaptano).

Productos peligrosos por descomposición : Gases y humos irritantes y tóxicos de cloruro de Hidrogeno (HCl) cloro, oxígeno.

Producto de Polimerización Peligrosa : No han sido reportados.

11.- INFORMACIÓN TOXICILÓGICA:

Indicación de daños crónicos: Si.

Indicación de protección ocular: Si.

Indicación de protección dermica: Si.

Palabra de riesgo : PELIGROSO.

Indicativo de protección respiratoria : Si.

Riesgo de salud: Severo.

Riesgo de contacto: Severo.

Peligro de inflamabilidad: No.

Peligro de reactividad: No.

Riesgos y precauciones:

Corrosividad : Aguda,

Inhalación polvos y vapores: Irrita nariz y garganta, cuando se mezcla con ácidos libera cloro gas, que irrita el tracto respiratorio y los ojos. Las

soluciones concentradas pueden causar quemaduras, las que pueden provocar daño permanente a los ojos, si no se trata inmediatamente. Por ingestión, puede causar quemaduras en la boca y garganta y calambres en el estomago.

12.- INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad acuática: Bluegill, 96 HR LC50: 0.088 MG/L (nominal, estático). Trucha arco iris, 96 HR LC50: 0.16 MG/L (nominal, estático). Dafnis magna 48 HR LC50: 0.11 MG/L (nominal, estático).

13.- CONSIDERACIONES PARA LA ELIMINACIÓN

Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

14.- INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

La descripción que le asigna la Dirección de Transporte de U.S.A. (DOT), según la tabla 49 CFR 172 de Materiales Peligrosos es: Hipoclorito de Calcio, Hidratado IMO: Oxidante 5.1 UN 1778 2208 2880.

15.- INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Etiquetado según directivas de la CEE EU EINECS / ELINCS # 231-908-7 Etiqueta de Agente: Oxidante.

16.- OTRAS INFORMACIONES

NTP 311.091,1997:

“Hipocloritos para Tratamiento de Agua para Consumo Humano”

Para la preparación de soluciones solo use recipientes limpios y secos para medir, mezclar el hipoclorito solamente con agua fría, agregar el producto al agua y no a la inversa porque se puede generar calor, produciéndose salpicaduras, cerrar inmediatamente el envase que contiene el hipoclorito, después de cada uso, para evitar pérdida por volatilización del contenido de cloro.

Fuente: Aris Industrial S. A. Av. Industrial 491 Lima I Perú - T (51-1) 3365428 - F (51-1) 3367473 vquimicos@aris.com.pe www.aris.com.pe

