

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Determinación de la dosificación óptima de cloro en relación
con cloro residual en el tratamiento de agua para consumo
en la Urbanización Santa Lucia - Morales**

Presentación de tesis para obtener título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Ericka Nayda Perales Dominguez

Asesor:

Dr. Victor Hugo Muñoz Delgado

Tarapoto, 29 de diciembre del 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Victor Hugo Muñoz Delgado, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Determinación de la dosificación optima de cloro en relación con cloro residual en el tratamiento de agua para consumo en la Urbanización Santa Lucia - Morales**” constituye la memoria que presenta a la **Bachiller Ericka Nayda Perales Dominguez** para obtener título profesional de Ingeniero Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Morales, a los 29 días del mes de diciembre del año 2020



Victor Hugo Muñoz Delgado

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la dosis óptima de cloro en relación con cloro residual en el tratamiento de agua para consumo en la urbanización Santa Lucía – Morales, y así poder asegurar la ausencia de agentes patógenos en el servicio de agua que se brinda a la población. Cabe mencionar que en dicho lugar se evidencio deficiencia en el sistema de tratamiento además de falta de personal para la vigilancia de la calidad del agua, por ello se elaboró una propuesta para la mejora en el proceso de desinfección.

Mediante el procedimiento para la demanda de cloro N°2350 B establecido por AWWA, APHA, & WEF (2017), se llevaron a cabo dos ensayos de demanda de cloro, en los cuales se produjo una serie de dosis crecientes y después del tiempo de contacto se midió el cloro residual y se comparó con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, desarrollando así una investigación experimental. De acuerdo a los resultados obtenidos, la dosificación óptima en el primer ensayo es 2.7 mg/L de cloro con el cual se suple una demanda de 1.55mg/L, por otro lado, del segundo ensayo se determinó una dosificación de 3.0 mg/L de cloro para una demanda de 1.78mg/L. Los resultados microbiológicos (*Coliformes totales* y *Escherichia coli*) realizados a las muestras con dosis óptimas, mostraban ausencia de estos agentes patógenos.

Palabras clave: cloro residual, demanda de cloro, dosis óptima.

Abstract

The objective of this study is to determine the optimal dose of chlorine in relation to residual chlorine in the treatment of water for consumption in the Santa Lucia-Morales urbanization, and thus be able to ensure the absence of pathogens in the water service provided to the population. It is worth mentioning that in the aforementioned region there was evidence of deficiency in the treatment system as well as a lack of personnel to monitor the quality of the water, which is why a proposal was developed to improve the disinfection process.

Using the N°2350 B procedure for chlorine demand established by AWWA, APHA, & WEF (2017), two tests for chlorine demand were carried out, in which a series of increasing doses were prepared and after the contact time the residual chlorine was measured and compared with the Regulation of Water Quality for Human Consumption D.S. N° 031-2010-SA, as part of an experimental investigation. According to the results obtained, the optimum dosage in the first trial is 2.7 mg/L of chlorine for a demand of 1.55mg/L, whereas in the second trial a dosage of 3.0 mg/L of chlorine was determined for a demand of 1.78mg/L. Microbiological analysis (Total Coliforms and *Escherichia coli*) performed on the samples with optimal doses showed an absence of these pathogens.

Keys words: residual chlorine, chlorine demand, optimal dose.

1. Introducción

Uno de los riesgos de salud que más afecta a la población, estando esté relacionado con el agua para consumo, son las enfermedades infecciosas que son transmitidas a los consumidores por bacterias, virus y parásitos patógenos, entre estos microorganismos mencionados, las bacterias son las más fáciles de tratar o eliminar durante la cloración (OMS, 2011).

Para una exitosa cloración se debe tener en cuenta factores como la turbiedad, ya que como lo indica Chauca & Orozco (2012) a turbiedades altas se hace más lenta la acción del cloro, debido a que algunas bacterias crecen en colonias y tienden a encapsularse en las partículas de materias fecales o colocarse en fragmentos de materia orgánicas y minerales. La OMS (2008) enfatiza que se debe controlar que el valor del pH este por debajo de 8. Menciona Cava & Ramos (2016) así como en el caso del pH, el agua también sufre un cambio cuando la temperatura aumenta, ya que se puede dar un crecimiento o presencia de hidrógenos atómicos. Según CEPIS (2006), para la remoción de los microorganismos el cloro en sus diferentes formas usados en la desinfección, debe tener un tiempo de contacto que no esté por debajo de 20 a 30 minutos.

Según la Cooperación Alemana (2017) la cloración es una actividad indispensable para tener la seguridad de un agua inocua y su aplicación es obligatoria en todos los sistemas que abastecen con agua para consumo humano. La inadecuada actividad de desinfección del agua para consumo conlleva a la proliferación de microorganismos patógenos, por ello recae una grande responsabilidad en las empresas o juntas administradoras a cargo de dicho tratamiento, siendo una de ella la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Santa Lucia que abastece de agua apta para el consumo a los pobladores de la Urbanización Santa Lucia del distrito de Morales.

El acceso al agua para consumo mejora la calidad de vida de la población. Dentro de este marco se requiere llevar a cabo ensayos de dosificación de cloro que contribuyen en el proceso de desinfección, siendo este indispensable en el tratamiento de agua ya que, si fuera el caso de sobredosis de cloro, puede llevar a molestias de los consumidores con respecto al olor y sabor desagradables y otros problemas como la formación de subproductos llamados trihalometanos. Además del desperdicio del insumo químico que conlleva la sobredosificación.

Por lo contrario, siendo el caso de falta o déficit de concentración de cloro en la dosificación, el agua no será correctamente tratada y los consumidores estarán expuestos a una serie de enfermedades que conlleva consumir agua sin ser clorada.

2. Metodología

El diseño de la investigación realizada es experimental ya que descrito por Hernández, Fernández, & Baptista, (2014) en este tipo de investigación se requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados.

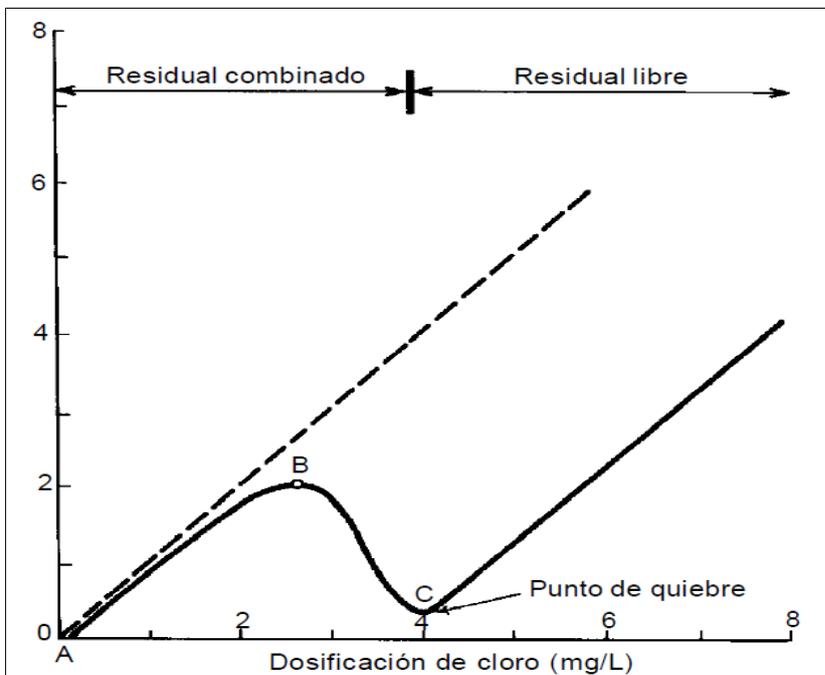
2.1. Demanda de cloro

Para el desarrollo del ensayo se realizó en el laboratorio 2 pruebas de demanda de cloro tal como fue aplicado por Castro (2002).

AWWA, APHA, & WEF (2017) en la tercera edición de "Standard Methods for the Examination of water and wastewater", método N°2350 B, menciona el procedimiento que se siguió para la obtención de la demanda de cloro.

Primero se tomó la muestra de agua en el punto de monitoreo preestablecido para luego medir el pH y la temperatura de la muestra inicial, seguido se llenó los 10 Erlenmeyer con la muestra de agua, hasta alcanzar el volumen máximo graduado. Luego se agregó a cada Erlenmeyer diferentes dosis de cloro en forma creciente, con un intervalo de 5 minutos y un tiempo de contacto de 30 minutos. Con el equipo colorímetro se midió el cloro residual en cada muestra después del tiempo de contacto, teniendo presente que la cantidad de cloro residual debía cumplir con los establecido en el D.S. N°031-2010-SA. Seguido se graficó los resultados y así determinar el punto de quiebre en la gráfica que definió el valor de la demanda de cloro de la muestra procesada.

Figura 1. Grafica de punto de quiebre



Fuente : CEPIS (2006).

Posteriormente, se consideró el valor del cloro residual deseado en el agua tratada y calculó la dosis de cloro final.

a) Demanda de cloro

Se seleccionó una porción de muestra con un residuo al final del período de contacto que satisfaga los siguientes criterios:

- 1) $R_s < D_s - 1.4 R_{mín}$
- 2) $R_s > R_{mín}$
- 3) La dosis es más similar al rango de dosis esperado en el campo

Donde:

R_s = Residual después del tiempo de contacto, mg/L.

D_s = Dosis en el punto de quiebre mg/L.

$R_{mín}$ = Residual mínima medible por el método, mg/L.

Los primeros dos criterios aseguran que el cloro residual y la demanda son mayores que sus respectivos límites mínimos de detección, luego calcule la demanda de cloro de la siguiente manera:

$$\text{Demanda de cloro (mg/L)} = D_s - R_s$$

Donde:

D_s = Dosis en el punto de quiebre, mg/L

R_s = Residual después del tiempo de contacto, mg/L

b) Dosis de aplicación

Para la dosis de aplicación el método recomienda un valor de 0.5 mg/L (que sería el valor de cloro residual deseado), y asegurar la concentración de cloro residual establecido en el Reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. Por ello se agregó 0.5 mg/L a la dosis en el punto de quiebre.

$$\text{Dosis de aplicación (mg/L)} = D_s + \text{cloro residual deseado}$$

Después del ensayo se midió el cloro residual después de una hora, para poder predecir en cuanto estará la concentración de cloro en la red y conocer la dosificación a la cual se puede garantizar agua desinfectada por la dosificación según el punto de quiebre.

2.2. Análisis fisicoquímico y microbiológico

Para una constatación de una adecuada desinfección se compararon los resultados de análisis microbiológicos de las muestras antes de la cloración y después de haber realizado el ensayo de la demanda de cloro.

Los análisis físico químicos, in situ, que se tomaron en cuenta durante el ensayo son los de la turbiedad medido con turbidímetro Hach, cloro residual con colorímetro Pocket colorimeter además de temperatura y pH con el Multiparámetro OAKLON.

3. Resultados

Para el ensayo 1 y 2 se utilizó una muestra de 400 ml de agua filtrada previo al proceso de cloración. Se ha realizado el proceso especificado en el método N°2350 B establecido por AWWA, APHA, & WEF (2017), utilizando solución de hipoclorito de calcio al 67% con una concentración de 0.35% y tiempo de contacto de 30 min.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de agua filtrada

Parámetro	Unidad	Valor	
		Ensayo 1	Ensayo 2
Turbiedad	NTU	1.8	1.45
pH	-	6.8	5.9
Temperatura	°C	25.1	24.4

Fuente: Elaboración propia

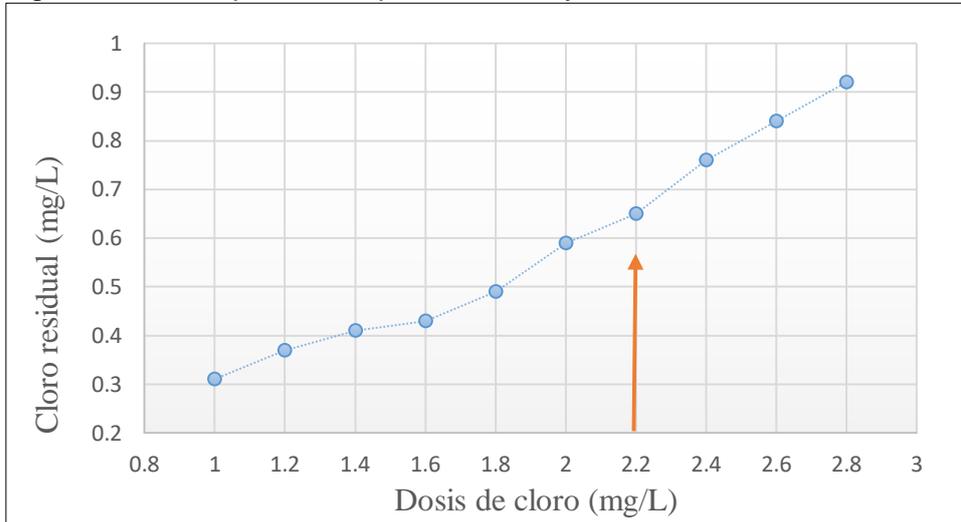
Tabla 2. Parámetros microbiológicos de agua filtrada- ensayo 2

Parámetro	Unidad	Valor
Coliformes Totales	NMP/100mL	>23
E. coli	NMP/100mL	9.2

Fuente: Laboratorio referencial regional de salud pública San Martín / Elaboración propia

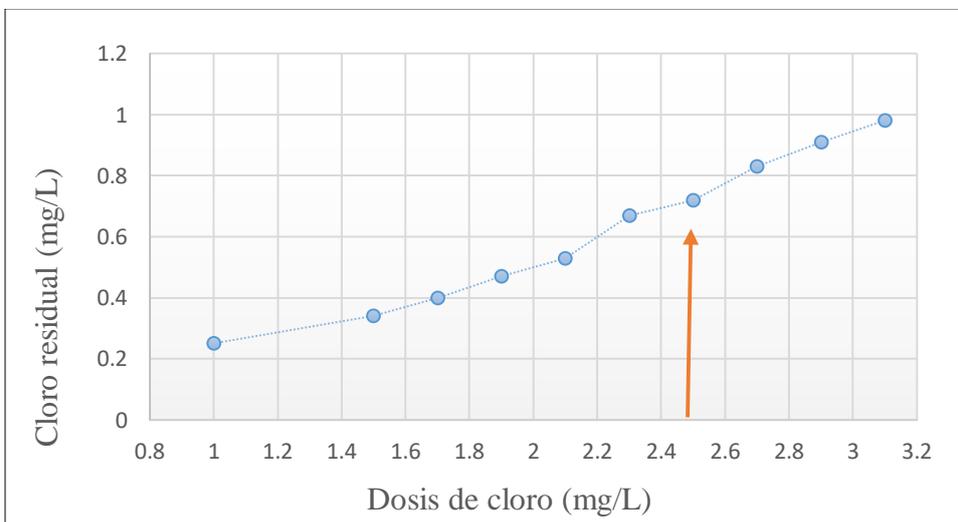
Los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se obtuvieron de nuestra muestra de agua filtrada, con la cual se realizaron los ensayos, están indicados en la tabla 1 y 2.

Figura 2. Curva punto de quiebre- ensayo 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Curva punto de quiebre- ensayo 2



Fuente: Elaboración propia

De las figuras 3 y 4, se puede concluir que el punto de quiebre se da en la dosis de 2.2 mg/L de cloro para el ensayo 1 y 2.5 mg/L de cloro en el ensayo 2, lo cual significa que la dosis de cloro en el punto de quiebre son suficiente

para oxidar la contaminación presente en el agua a tratar y suplir la demanda de cloro, 1.55 mg/L y 1.78 mg/L de los ensayos 1 y 2 respectivamente.

Sin embargo, se adiciona 0.5 mg/L a la dosis obtenida para asegurar que el cloro residual no sea consumido en las redes de distribución. Por lo tanto, las dosis óptimas de aplicación serán de 2.7 mg/L en el ensayo 1 y de 3.0 mg/L en el ensayo 2.

Tabla 3. Parámetros microbiológicos de agua clorada

Parámetro	Unidad	Valor	
		Ensayo 1	Ensayo 2
Coliformes Totales	NMP/100mL	>1.1	>1.1
E. coli	NMP/100mL	>1.1	>1.1

Fuente: Laboratorio referencial regional de salud pública San Martín (2020) / Elaboración propia

La tabla 3 presenta la concentración de Coliformes totales y E. coli, después de la cloración realizada en los ensayos, los cuales son menores a 1.1 NMP/100mL, límites inferiores de detección en el método de análisis que se interpretan como ausencia. Lo cual da evidencia de la eliminación de microorganismos patógenos que estaban presentes en el agua antes de la cloración.

4. Discusión

El presente estudio determinó las siguientes dosis óptimas de aplicación de cloro :2.7 mg/L y 3.0 mg/L, las cuales nos llevó a la completa eliminación de Coliformes totales y E. Coli. Los mismos resultados de eliminación de agentes patógenos obtuvo Horna (2014) en su proyecto se trató el agua con un pH de 6.66 y turbiedad de 0.49 UNT, Coliformes totales 15 UFC/100 ml y Coliformes fecales 2 UFC/100 ml. Con una dosificación óptima de 1.9 mg/L logro la eliminación de los microorganismos.

Por su parte Castro (2002) desarrollo dos ensayos de demanda de cloro teniendo como resultado en la dosis de aplicación de 2mg/L en los dos ensayos realizados con pH de 7.2. Con resultados negativos de desinfección tenemos la investigación de Pérez & Ramos (2018) en su tesis se constató una dosificación mínima de 0.53 mg/L y máxima de 0.86 mg/L con cuales no eran los óptimos para suplir la demanda y eliminación de agentes patógenos.

De Sotomayor (2010) concluyo que había una relación estadísticamente significativa entre el cloro residual, el pH y la turbiedad. La correlación es

positiva para valores de pH inferiores a 6.5, y para 5 UNF de turbidez. La desaparición de microorganismos patógenos está relacionada con la presencia de cloro residual en el agua. Los procesos de desinfección inadecuados del agua para consumo humano no tienen una relación significativa con los aspectos o particularidades que presenta el producto que es usado para dicha actividad, y los aspectos sobre los recursos humanos durante este proceso.

PROAGUA (2017), menciona que la dosis del desinfectante depende del tipo de agua a clorar y debería 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 fisicoquímicas del agua a desinfectar.

5. Conclusiones

A través de la metodología con la que se determinó la dosis óptima de cloro, obtuvimos que los valores de aplicación en los dos ensayos son 2.7 mg/L y de 3.0 mg/L, concluyendo que con cualquiera de los valores se puede suplir la alta demanda de cloro encontrada la cual está condicionada tanto de los niveles en los parámetros fisicoquímicos como a los microbiológicos presentes en el agua.

Con las dosis óptimas obtenidas en los ensayos realizados se pudo eliminar microorganismos presentes en el agua filtrada.

La junta administradora del servicio de saneamiento (JASS), necesita poder establecer un sistema de aplicación del cloro, para ello planteamos una propuesta, ver Anexo 2, sobre el sistema de dosificación mediante el cual se pueda adicionar la dosis óptima obtenida en el presente proyecto, y así garantizar la eliminación de agentes patógenos.

6. Referencias

- AWWA, APHA, & WEF. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Castro, L. (2002). Modelo de dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua Francisco Wiener de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá- EAAB (Universidad de los Andes). Retrieved from <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15728/u236792.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cava, T., & Ramos, F. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Universidad Pedro Ruiz Gallo. Retrieved from <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/850>
- CEPIS. (2006). Manual II: Diseño de plantas de tecnología apropiada. Organización Panamericana de La Salud, 237–284. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/ma2_cap6.pdf
- Chauca, A., & Orozco, L. (2012). Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Retrieved from <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1888/1/15T00500.pdf>
- Cooperación Alemana. (2017). Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- De Sotomayor, P. (2010). Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. variables que influyen en la cloración. Universidad de Granada. Retrieved from <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/15445/19594355.pdf;jsessionid=95AC108F3E175D98655DD9FA9A48F368?sequence=1>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la investigación. Metodología de la investigación. Mexico. [https://doi.org/ISBN 978-92-75-32913-9](https://doi.org/ISBN%20978-92-75-32913-9)
- Horna, D. (2014). Optimización del consumo de cloro en la potabilización el agua, haciendo uso del método del nivel estático el reservorio del sistema de agua potable rural del 107 Caserío el Tambo - distrito de José Gálvez, Cajamarca. Retrieved from <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/653/T%20628.162%20H813%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- OMS. (2008). Guías para la calidad de agua potable. Guías de La OMS Para La Calidad Del Agua Potable. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_10.pdf
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>
- OPS. (2007). Guía para la selección de sistema de desinfección (pp. 1–35). pp. 1–35. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/guiaselectsistdesinf.pdf>
- Pérez, R. & Ramos, G. (2018). Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector Puyhúan Grande del Distrito y Provincia de Huancavelica-2018. Retrieved from http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2181/TESIS_2018_ING.AMB._PEREZ%20CHANCA%20Y%20RAMOS%20CASTELLANOS
- PROAGUA. (2017) Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural. Retrieved from https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n
- SABA. (2018) Hipoclorador de carga constante de doble recipiente. Retrieved from http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_Sica/Modulos/FTA/SECCION%20IV/4.14/219463084_MANUAL%20DE%20OPERACI%C3%93N.pdf

7. Anexos

Anexo 1. Resultados en ensayos de demanda de cloro

Tabla 4. Ensayo 1

N° Prueba	Dosis (mg/L)	Volumen (ml)	Cloro Residual (mg/l)	Cloro Residual (mg/L) 1 hr después
1	1	1.14	0.31	0.28
2	1.2	1.37	0.37	0.32
3	1.4	1.60	0.41	0.35
4	1.6	1.83	0.43	0.37
5	1.8	2.06	0.49	0.44
6	2	2.29	0.59	0.51
7	2.2	2.51	0.65	0.6
8	2.4	2.74	0.76	0.72
9	2.6	2.97	0.84	0.79
10	2.8	3.20	0.92	0.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Ensayo 2

N° Prueba	Dosis (mg/L)	Volumen (ml)	Cloro Residual (mg/l)	Cloro Residual (mg/l) 1 hr después
1	1	1.14	0.25	0.07
2	1.5	1.71	0.34	0.17
3	1.7	1.94	0.4	0.2
4	1.9	2.17	0.47	0.23
5	2.1	2.40	0.53	0.43
6	2.3	2.63	0.67	0.44
7	2.5	2.86	0.72	0.39
8	2.7	3.09	0.83	0.56
9	2.9	3.31	0.91	0.61
10	3.1	3.54	0.98	0.64

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Propuesta de sistema de cloración para JASS Santa Lucia

PROPUESTA PARA IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE CLORACION SANTA LUCIA

1. Introducción

La normativa no nos especifica un sistema de dosificación que se deba usar durante el tratamiento de agua para consumo, sin embargo por la cantidad de habitantes, a los cuales se ofrece el servicio, podemos determinar qué equipo de dosificación sería el más adecuado para realizar la desinfección.

Tabla 6. Selección de equipos para la cloración

Clasificación	Equipo dosificador	Producto	Rango de servicio (habitantes)
Cloro gaseoso (No aplicable a sistemas rurales por su costo)	A presión (directo) Al vacío (Venturi o eyector)	Gas Cloro Gas cloro	5000 habitantes a grandes ciudades
	Bajo presión atmosférica de carga constante		
Solución	Tanque con válvula de flotador Tuvo con orificio en flotador Sistema vaso /botella	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	< 5 000
	Bajo presión positiva o negativa		
	Bomba de diafragma(positiva) Dosificador por succión(negativa)	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	[2000 -3000]
Sólido	Generador de hipoclorito de sodio <i>in situ</i>		
	Dosificador de erosión	Hipoclorito de	< 5.000 hab.
	Otros dosificadores (flujo difusión)	Calcio Cal clorada	[2.000 – 50.000] < 2.000

Fuente: OPS (2007)

La urbanización Santa Lucia cuenta con aproximadamente 2000 habitantes, variando este en periodos académicos por la estadía de los estudiantes de la universidad Peruana Unión. De la tabla 6, considerando la cantidad de habitantes, podemos definir que los equipos con los que se podría realizar la desinfección es agregando una solución bajo presión atmosférica de carga constante, bajo presión positiva o negativa y con generador de hipoclorito de sodio.

2. Sistema propuesto

Dentro de los sistemas vistos líneas arriba, recomendamos el tanque con válvula flotador o también conocido como sistema por goteo de carga constante. Este tipo de sistema de cloración, como lo menciona Michel (2014) se utiliza en un sistema de agua potable sin planta de tratamiento en el medio rural, presenta ventajas en relación a otras tecnologías de cloración, se logra evidencias positivas significativas en su funcionamiento y es fácilmente adaptable a las necesidades de la comunidad. Además es apropiado en sistemas por gravedad y para caudales de 0,5 a 8 l/s, donde el flujo de agua es continuo (MVCS, 2016). En este sistema encontramos el elaborado con un recipiente y con doble recipiente siendo el de doble recipiente el que se plante por la facilidad de manejo y mantenimiento.

2.1. Sistema por goteo de carga constante con doble recipiente

Como su nombre ya lo dice este sistema de cloración cuenta con dos recipientes uno de ellos es el recipiente superior el cual se prepara la solución madre, y en el segundo recipiente, más pequeño, tiene una válvula flotadora, que ayuda a mantener una carga constante, la misma clase que es usada en los depósitos de inodoro, a la salida de este segundo recipiente se cuenta con una conexión por donde se deposita en forma de gotas la solución madre hacia el reservorio. Este sistema como lo menciona la OPS (2007) aunque sencillo y barato, es bastante exacto.

2.1.1. Partes del sistema por goteo de carga constante de doble recipiente

Tanque para solución madre

Ubicado en la parte superior de la estructura construida para el desarrollo del sistema. Este tanque de solución madre tienen un multiconector (SABA, 2018):

- Salida de la parte superior es para el visor que nos indica el nivel de solución madre.

- Salida directa para limpieza del tanque.

- Salida lateral para ensamblar un niple y además conexiones hacia el recipiente regulador de carga constante.

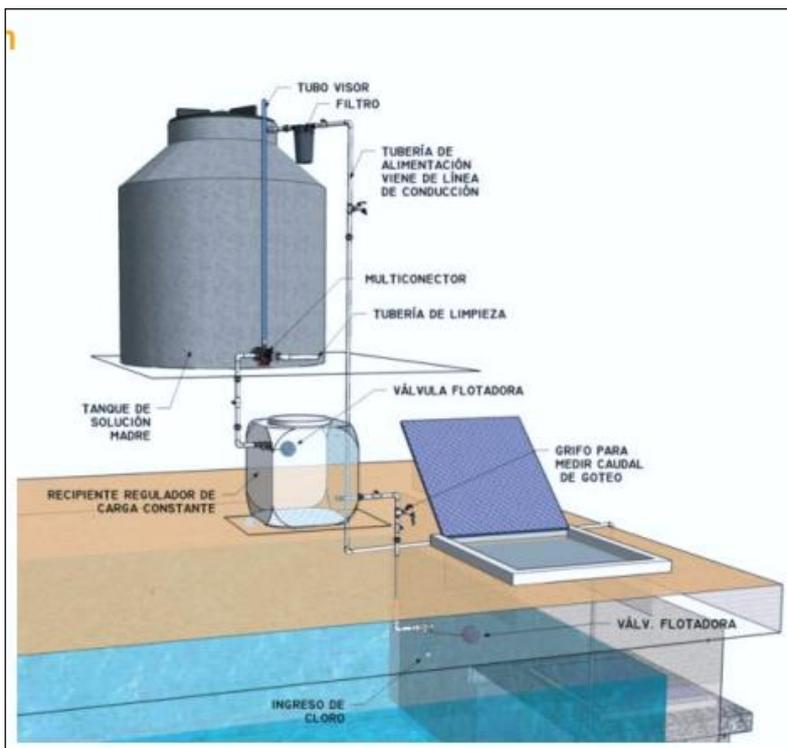
Recipiente regulador de carga constante

Este recipiente está ubicado en el nivel inferior del tanque de solución madre; lleva en su interior una válvula flotadora, acondicionada para mantener constante la altura de líquido y caudal de goteo de solución (SABA, 2018).

Conexione de salida y dosificación de cloro al reservorio

Conformada por tubos y accesorios PVC que van a permitir realizar la medición y regulación del goteo, y la posterior conducción de la solución clorada hacia el reservorio (SABA, 2018).

Figura 4. Sistema por goteo de carga constante con doble recipiente



Fuente: SABA, (2018).

3. Cálculo de cloro

Para el cálculo de la cantidad de cloro a preparar usaremos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q * T * C}{10 * \%Cl}$$

Donde:

P = Peso de hipoclorito de calcio

Q = Caudal de ingreso al reservorio (L/s)

T = Tiempo de goteo en segundos (recarga)

C = concentración (mg/L): obtenida en ensayo de dosis óptima

%Cl = porcentaje de cloro en producto

Además de la cantidad de cloro necesitamos poder regular el caudal de goteo de la solución madre en nuestro sistema de dosificación, ello lo calculamos de la siguiente forma:

$$Q_g = \frac{V}{1.44 * T}$$

Donde:

Qg = Caudal de goteo en mL / min

V = Volumen de disolución o solución madre (L)

T= Tiempo en días