

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección
de agua potable con hipoclorador**



Presentado por

T. A. Diana Crespo Mendoza

Para otorgarle el título de

Licenciada en Acuicultura

Guatemala, noviembre 2016

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección
de agua potable con hipoclorador**



Presentado por

T. A. Diana Crespo Mendoza

Para otorgarle el título de

Licenciada en Acuicultura

Asesor: Ing. Andy Williams Alonzo Vásquez

Guatemala, noviembre 2016

CONSEJO DIRECTIVO

Director	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M. Sc. Kathya Iturbide Dormon
Representantes Docentes	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representantes Estudiantiles	T. A. María Alejandra Paz Velásquez Br. Marcos Estuardo Ponciano Núñez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Dirección
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria **Diana Crespo Mendoza**, titulado “Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable con hipoclorador” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle

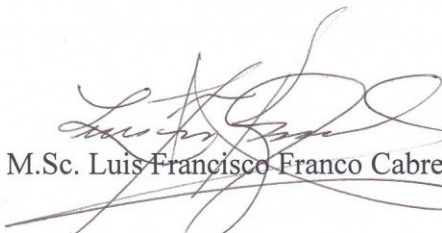


Guatemala, noviembre 2016



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-, después de conocer el dictamen del asesor Ing. Andy Williams Alonzo Vásquez y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación de la estudiante universitaria **Diana Crespo Mendoza**, titulado “Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable con hipoclorador”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Luis Francisco Franco Cabreza



Guatemala, noviembre 2016

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, por convertirse gran parte de mi vida en mi segundo hogar y base para poder cumplir esta meta profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, por brindarme los conocimientos específicos de mi carrera y enseñarme el amor a la naturaleza.

A la Municipalidad de Mixco, por apoyarme con recursos para la culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A ese ente superior, por darme vida, salud y fuerza para finalizar esta meta profesional.

A mis papas y hermana, por enseñarme que un hogar existe donde hay amor y felicidad y donde la escasez material se convierte en riqueza interna que dura para toda la vida.

A Mynor Aquino, por convertirse en mi otra mitad y demostrarme que el amor es invencible cuando está rodeado de ilusiones, confianza y complicidad.

A mi familia y amigos, que con cariño sincero son parte de mi vida.

Al Licenciado Fernando Iriarte, por su apoyo incondicional en la ejecución del proyecto y su aporte profesional.

Al Ingeniero Andy Alonzo, por su comprensión, paciencia y ayuda durante estos meses de planificación y ejecución.

RESUMEN

Para la extracción y producción de agua potable se han explotado de manera descontrolada los mantos friáticos, sumándole a esto la contaminación y deforestación, nos da como resultado la limitación de disponibilidad y acceso al recurso agua, mantos no vírgenes y nacimientos de agua poco confiables.

Generalmente, las aguas naturales contienen numerosos gérmenes, de los cuales, algunos pueden ser patógenos. Gran parte de los gérmenes patógenos se encuentran en el suelo o en las aguas que han sido contaminadas con excretas humana o animal.

De este modo, el agua se convierte en un vehículo de transmisión de enfermedades como el cólera, tifoidea, paratifoidea, hepatitis y disentería amebiana y viral, que afectan al ser humano.

En la actualidad, la mayor parte de las poblaciones rurales de los países en vías de desarrollo se abastecen de agua no apta para consumo. Como consecuencia de ello, estas poblaciones presentan altos índices de prevalencia de enfermedades relacionadas con el agua, sin embargo, estas pueden evitarse mediante la aplicación de métodos adecuados de desinfección.

Por lo tanto, el agua con fines de consumo humano debe ser tratada en una planta potabilizadora, lugar donde se procesa y limpia, para que esté en condiciones adecuadas antes de ser consumida por la población.

El cloro es indudablemente el elemento más importante que existe para procesos de desinfección, por su efecto residual y limpieza constante de la tubería de conducción.

La desinfección del agua para consumo humano con cloro y sus derivados, es un proceso a nivel mundial para el suministro de agua de buena calidad bacteriológica. En los países en vías de desarrollo, el abastecimiento regular del desinfectante a ciudades apartadas o comunidades rurales es un problema al no disponerse de un sistema adecuado de distribución del desinfectante.

En el tratamiento de agua de consumo humano a nivel rural y en algunos casos a nivel urbano-marginal, la distribución del desinfectante en el mismo lugar de tratamiento por medio de hipocloración, es una alternativa que cada día tiene mayor aceptación.

La distribución de cloro en el lugar donde se inicia el abastecimiento es un proceso conocido en diferentes industrias, instituciones y establecimientos encargados de potabilizar el agua. El hipoclorito de sodio es un compuesto líquido que debe ser correctamente administrado y dosificado, su almacenamiento inadecuado favorece el rápido deterioro con la consecuente pérdida de su efectividad en el proceso de desinfección.

El hipoclorador es un dosificador de cloro que garantiza el proceso de desinfección del vital líquido en un sistema de abastecimiento. Para determinar y asegurar dicho funcionamiento se realizaron varios muestreos de residualidad de cloro, comparados con la demanda deseada; de la fuente ya tratada se llevaron a cabo evaluaciones fisico-químicas y bacteriológicas, para evaluar el buen rendimiento del hipoclorador.

Basándonos en estos resultados, los cuales fueron 100% positivos para el propósito de su implementación, se propone un “Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable con hipoclorador”, donde se detalla desde la instalación de la bomba hasta la metodología utilizada en la evaluación que garantiza su uso en un sistema de desinfección.

ABSTRACT

To the production and extraction of good water, cloaks water tables have been exploited out of control, if we add to this situation contamination and deforestation, we are going to have water shortage, cloaks not virgins and unreliable springs.

Generally, the nature water gets a lot of germs and virus, wich some of them can be pathogens. These pathogens germs are located on de ground or in the water that has been contaminated by the animals or the humans.

In this way, the water becomes in a vehicle of transmission of diseases like cholera, typhoid, paratyphoid, hepatitis and amoebic dysentery and viral that affects humans.

Actually, most rural populations of the developing countries are supplied with water unfit for consumption. Due, these populations get high prevalence rates of diseases caused water, however, these diseases can be avoided by applying appropriate methods of disinfection.

Therefore, water intended for human consumption should be treated in a treatment plant, where can be processed and cleaned for this under appropriate conditions before consumption of population.

Certainly, the chlorine is the more important element that exists for de water disinfection, for its residual effect and constant line pipe disinfection.

The human consumption water disinfection with chlorine or its derivatives, it's a process worldwide to the water supply of good bacteriological quality. In the developing countries, the regular provision of disinfectant to the rural populations is a big problem because they don't have a suitable system to distribution.

In the treatment of drinking water in rural areas, the disinfectant distribution in the same place by chlorination hypochlorinators it is an alternative that every day has more acceptance.

The chlorine distribution in the place where the water starts is a known process in different industries, institutions and companies responsible for water purification. Sodium hypochlorite it is a liquid compound that should be administered and dosed, its improper storage helps accelerate deterioration causing the loss of effectiveness in the disinfection process.

Hypochlorinator is a chlorine dispenser that guarantees the disinfection process of the water in a supply system. To determinate and ensure the operation, samples are taken of residual chlorine compared with the desired demand; they were performed physic-chemical and bacteriological evaluations of the treated water source to evaluate the performance hypochlorinator.

Taking these results as a basis, they being the 100% positive for what is to be implemented, it proposes a “ Manual of operation and maintenance to system for disinfection of drinking water hypochlorinator”, where we can find from the pump installation to the methodology used in the evaluation that guarantees use in a disinfection system.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	3
3. Antecedentes	4
4. Marco teórico	7
Tratamiento de agua	7
Requerimientos de cloro	9
Dosificadores	9
5. Objetivos	11
General	11
Específicos	11
6. Metodología	12
Capítulo 1. Calidad de agua para consumo humano	12
1.1 Potabilidad	12
1.2 Desinfección	13
1.2.1 Desinfección preventiva	14
1.2.2 Desinfección correctiva	14
1.2.3 Elementos químicos para desinfección	15
1.3 Propiedades del hipoclorito para desinfección	15
1.3.1 El cloro	16
1.3.1.1 Propiedades físicas y químicas del cloro	16
1.3.1.2 Ventajas y desventajas hipoclorito de sodio	17
1.3.2 Presentaciones del cloro	18
1.3.2.1 Cloro gas	18
1.3.2.2 Cloro líquido	19
1.3.2.3 Cloro sólido	20
Capítulo 2. Hipoclorador	22
2.1 Ubicación	23
2.2 Ubicación de la bomba	23

2.2.1 Al mismo nivel del tanque	23
2.2.2 Arriba del nivel del tanque	23
2.3 Partes de la bomba	24
2.3.1 Diafragma	24
2.3.2 Reloj de ajuste	25
2.3.3 Llave de paso	25
2.3.4 Válvulas de inyección y succión	26
2.3.4.1 Mangueras	26
2.3.4.2 Pichacha de succión	27
2.3.4.2 Punta de inyección	28
2.3.5 Tarjeta electrónica	29
Capítulo 3. Operación	30
3.1 Inicio de funcionamiento	31
3.2 Ajuste para inicio de operación	31
3.3 Flujo de salida	31
3.3.1 Ajuste de cantidad	31
3.3.2 Ajuste de rapidez de flujo	32
3.4 Calibración	33
Capítulo 4. Repuestos y mantenimiento	34
4.1 Cambio de diafragma	34
4.2 Cambio válvula de cheque	38
4.3 Cambio de punta de inyección y pichacha de succión	40
4.4 Cambio cheque llave de paso	42
4.5 Equipo de protección personal	45
4.6 Cuadro de problemas y soluciones	46
4.6.1 Bomba no funciona automáticamente	46
4.6.2 Fugas en mangueras	47
4.6.3 Flujo de salida bajo	48
Capítulo 5. Metodología y resultados	49
5.1 Metodología	49
5.1.1 Descripción del municipio	49

5.1.2 Recolección de muestras	49
5.1.3 Equipo de laboratorio	51
5.1.4 Unidades experimentales	52
5.1.4.1 Residualidad de cloro	52
5.1.4.2 Calidad de agua	53
5.1.4.3 Hipoclorador	53
5.1.5 Tipo de muestreo	53
5.1.6 Proceso de recolección de muestra	53
5.1.6.1 Fuente y localización	53
5.1.6.2 Tamaño de la muestra	53
5.1.6.2.1 Número de muestras	54
5.1.6.3 Procedimiento	55
5.1.6.3.1 Residualidad de cloro	56
5.1.6.3.2 Análisis bacteriológico	58
5.1.6.4 Método e instrumento	59
5.2 Resultados	60
5.2.1 Demanda de cloro	60
5.2.2 Residualidad de cloro	61
5.2.2.1 Regularidad del hipoclorador mensual	61
5.2.2.2 Regularidad del hipoclorador diario	61
5.2.3 Análisis bacteriológico	61
Capítulo 6. Valores obtenidos	62
6.1 Análisis estadístico	63
6.1.1 Análisis de resultados	64
6.1.2 Análisis gráfico	66
6.1.2.1 Evaluación mensual	67
6.1.2.2 Evaluaciones diarias	67
6.2 Confiabilidad del instrumento de medición	72
6.3 Limitantes	72
6.3.1 Tiempo de evaluación	72
7. Conclusiones	73

8. Recomendaciones	74
10. Bibliografía	75
11. Anexo	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Sistema común de potabilización de agua	12
Figura No. 2. Estado gaseoso del cloro	19
Figura No. 3. Estado líquido del cloro	20
Figura No. 4. Estado sólido del cloro	21
Figura No. 5. Hipoclorador	22
Figura No. 6. Forma de instalación arriba del nivel del tanque	24
Figura No. 7. Diafragma	24
Figura No. 8. Reloj de ajuste	25
Figura No. 9. Manguera para llave de paso	25
Figura No. 10. Llave de paso	26
Figura No. 11. Manguera sistemas de succión e inyección	27
Figura No. 12. Pichacha de succión	27
Figura No. 13. Tubo cerámico	28
Figura No. 14. Punta de inyección	28
Figura No. 15. Tarjeta electrónica	29
Figura No. 16. Tablero de control	30
Figura No. 17. Perilla reloj de ajuste	32
Figura No. 18. Parte digital reloj de ajuste	32
Figura No. 19. Liberación de presión por medio de llave de paso	34

Figura No. 20. Pichacha a colocar dentro de la solución	35
Figura No. 21. Casquete a limpiar	35
Figura No. 22. Tornillos del casquete	36
Figura No. 23. Medición rapidez de inyección	36
Figura No. 24. Diafragma y piezas para ensamblarlo	37
Figura No. 25. Botón apagado – encendido	37
Figura No. 26. Casquete y su estructura	38
Figura No. 27. Manguera a remover y vaciar	38
Figura No. 28. Piezas que sostienen el cheque	39
Figura No. 29. Pieza completa ensamblada	39
Figura No. 30. Punta de inyección	40
Figura No. 31. Pichacha de succión	40
Figura No. 32. Manguera utilizada en entrada y salida de la bomba	41
Figura No. 33. Partes separadas punta de inyección	41
Figura No. 34. Partes separadas de pichacha de succión	41
Figura No. 35. Piezas punta de inyección	42
Figura No. 36. Piezas pichacha de succión	42
Figura No. 37. Cheques	43
Figura No. 38. Pieza completa de la válvula	44
Figura No. 39. Cheques dentro de la válvula	44
Figura No. 40. Llave de paso ensamblada	45

Figura No. 41. Equipo de protección	46
Figura No. 42. Punto toma de muestras	50
Figura No. 43. Recipiente toma de muestras	51
Figura No. 44. Equipo completo determinación cloro residual	51
Figura No. 45. Concentración media	55
Figura No. 46. Limpieza tubos de ensayo	56
Figura No. 47. Tubos de ensayo para análisis	56
Figura No. 48. Calibración del equipo	57
Figura No. 49. Aplicación del reactivo y agitación	57
Figura No. 50. Proceso de lectura tubo No. 2	58
Figura No. 51. Cloro residual in situ	59
Figura No. 52. Regularidad del Hipoclorador un mes	67
Figura No. 53. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 1	68
Figura No. 54. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 2	68
Figura No. 55. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 3	69
Figura No. 56. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 4	69
Figura No. 57. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 5	70
Figura No. 58. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 6	70
Figura No. 59. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 7	71
Figura No. 60. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 8	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Causas y acciones cuando bomba no funciona automáticamente	47
Cuadro No. 2. Causas y acciones cuando hay fugas en mangueras	47
Cuadro No. 3. Causas y acciones flujo de salida bajo	48
Cuadro No. 4. Resultados demanda de cloro	60
Cuadro No. 5. Valores obtenidos en 8 muestreos	62
Cuadro No. 6. Análisis Estadístico para todas las muestras	63
Cuadro No. 7. Análisis de resultados. Límites Máximos Admisibles y Límites Máximos Permisibles	66

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Características del Cloro	17
Tabla No. 2. Características químicas del agua para consumo humano	52

1. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de los sectores industriales, los efluentes no tratados que entran en los cursos de agua y acuíferos han crecido. Las aguas residuales no-tratadas contaminan los recursos hídricos, mientras que las instalaciones de tratamiento son insuficientes. La población está distribuida de manera desigual y esto crea problemas de abastecimiento en un país montañoso, esto puede fácilmente ser mitigado con sistemas de gravedad. Cuando bombas de agua son necesarias, el suministro de agua es mucho más caro, lo que puede dificultar el acceso consistente.

Los métodos de potabilización de agua deben ser efectivos, tratando de que dicho recurso mantenga sus cualidades intactas (inodora, insabora e incolora), por lo tanto se tiene que determinar y estudiar distintas maneras que colaboren con este proceso, debido a la importancia de abastecer a miles de pobladores que pueden poner en riesgo su propia vida al hacer uso del vital líquido.

Instituciones gubernamentales y privadas se han dado a la tarea de proveer este recurso a la población en general, unos de manera obligatoria y otros como una empresa con fines lucrativos. En las dos instancias se debe garantizar la potabilidad del agua y responsabilizarse de darle el tratamiento adecuado para que cumpla con todos los requisitos que la califiquen apta para consumo humano.

La potabilización con hipoclorito de sodio es de las más efectivas y comunes cuando se habla de sobreabastecimiento masivo de agua, por su practicidad y la garantía de que se está brindando un servicio de calidad.

Para este proceso se debe contar con dosificadores de cloro. Un dosificador es un equipo que por lo general forma parte integral de una línea de producción de agua potable. La función del dosificador es suministrar de forma rápida la cantidad de cloro necesario para garantizar su acción bactericida.

En esta investigación se evaluó un hipoclorador y su efectividad de dosificación, durante varias semanas se realizaron pruebas de laboratorio que mostraron las ventajas de su utilización realizando un mantenimiento adecuado para la correcta operación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿El agua con fines de consumo humano está libre de bacterias y virus?

Es algo que no se sabe con exactitud debido a toda la contaminación a la que es sometida previo a abastecer hogares y ser utilizada como agua de consumo. Por tanto, se están perfeccionando métodos de potabilización dentro de los cuales está el uso de hipocloradores, estos permiten tener un mejor control de las cantidades aplicadas basándose en la demanda de cloro que exige la fuente de agua.

El agua total en el planeta está conformada por un 97.5% de agua salada y solamente un 2.5% de agua dulce, de este porcentaje solamente el 0.8% lo conforma aguas subterráneas, las cuales son las explotadas para consumo humano y con fines de potabilización.

Estas aguas se extraen por medio de pozos que son construidos en sectores donde se determina que existe una fuente confiable para tener una producción de agua constante y regularizada.

Al contar con cantidades de producción altas, los métodos de tratamiento deben ser prácticos y eficientes para que el proceso de abastecimiento a los hogares no sea afectado y garantizar que el agua sea de alta calidad y confiabilidad.

3. ANTECEDENTES

El primer sistema de suministro de agua potable a toda una ciudad fue llevado a cabo por John Gibb en 1804, quien logró abastecer de agua filtrada a la ciudad de Glasgow, Escocia (Navarro, 1999).

En 1806 se pone en funcionamiento en París una gran planta de tratamiento de agua, donde se dejaba sedimentar el agua durante 12 horas y se filtraba en arena y carbón. En 1827 James Simplón construye en Inglaterra un filtro de arena para tratar el agua potable (Navarro, 1999).

Ya en el siglo XX de nuestra época se estableció la filtración como un efectivo medio para eliminar partículas del agua, aunque el grado de claridad conseguido no era medible en esta época. Al comienzo del siglo XX en Europa se estableció de forma regular la filtración lenta sobre arena. Durante la segunda mitad de este siglo XX los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes y efectos de los contaminantes del agua potable (en 1855 se probó que el cólera era una enfermedad de transmisión hídrica al relacionarse con un brote surgido en Londres a consecuencia de la contaminación de un pozo público por aguas residuales). En 1880 Pasteur explicó la pregunta ¿Cómo organismos microscópicos pueden transmitir enfermedades a través del agua? En el siglo XX se descubrió que la turbiedad del agua no era solo un problema estético; las partículas en las fuentes del agua tales como la materia fecal, podría servir de refugio a los patógenos (Navarro, 1999).

Así como la filtración se mostró como un método de tratamiento efectivo para reducir la turbiedad, desinfectantes como el cloro, jugaron un gran papel en la reducción del número de brotes epidémicos en los comienzos del siglo XX (Navarro, 1999).

En 1908 se empleó el cloro por primera vez como un desinfectante primario del agua potable de New Jersey. Otro desinfectante como el ozono, también empezó a emplearse por estas fechas en Europa (Navarro, 1999).

A continuación aparecieron otras sustancias químicas procedentes de vertidos, generalmente industriales, contaminando las aguas de abastecimiento público (mayoritariamente aguas

superficiales) y causando un gran impacto negativo y obligando a la implantación de técnicas de tratamiento del agua cada vez más efectivas y complejas (coagulación, floculación, absorción con carbón activo, etc.) y a veces no han sido lo efectivas que se esperaban para eliminar algunos de los nuevos y emergentes contaminantes (Navarro, 1999).

En 1972 un estudio encontró 36 sustancias químicas en el agua tratada en Louisiana (U.S) que fue tomada del río Missisipi. Como consecuencia de estas nuevas y mayores contaminaciones, hubo necesidad de aplicar nuevas legislaciones y requerimientos técnicos para salvaguardar la salud de los consumidores. Posteriores avances en la desinfección han puesto a punto nuevas técnicas y sustancias en el proceso de desinfección del agua como el empleo de ozono, dióxido de cloro, cloraminas y radiación ultravioleta (Navarro, 1999).

La filtración y la desinfección con cloro del agua potable han sido responsables 50% de aumento de la expectativa de vida en los países desarrollados durante el siglo XX. Este hecho motivó a la revista Life a citar recientemente a la filtración y la cloración del agua potable como probablemente el más significativo avance en salud pública del milenio. Antes de la llegada de la cloración para el tratamiento de agua potable, aproximadamente 25 de cada 100.000 personas morían anualmente en los Estados Unidos a causa de la fiebre tifoidea (Navarro, 1999).

Los sistemas de abastecimiento de agua potable sin tratar, o con un tratamiento inadecuado, siguen siendo la mayor amenaza para la salud pública, especialmente en los países en desarrollo donde gran parte de la población consume agua contaminada (Navarro, 1999).

En estos países, enfermedades como el cólera, la tifoidea y la disentería crónica son endémicas y matan a niños y a adultos. En 1990 más de tres millones de niños menores de cinco años murieron por enfermedades diarreicas. Los más recientes avances en el tratamiento del agua han sido las mejoras alcanzadas en el desarrollo de membranas para osmosis inversa, la ozonización y otras relativas a la eliminación de los cada vez mayor número y cantidad de contaminantes encontrados en el agua potable (Navarro, 1999).

Como antiséptico el hipoclorito sódico fue utilizado por primera vez a gran escala en Inglaterra en 1897 para la desinfección de residuos tras una epidemia de fiebre tifoidea. A

finales de siglo se empezó a utilizar también para desinfectar las manos de los médicos antes de las intervenciones quirúrgicas. Fue en las guerras de principio de siglo que se extendió el uso del hipoclorito, utilizado en una solución diluida neutralizada con ácido bórico en las ambulancias como antiséptico para las heridas (Morales, 2012).

4. MARCO TEÓRICO

Tratamiento del agua

En ingeniería sanitaria, ingeniería química, e ingeniería ambiental, el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

La finalidad de estas operaciones es obtener agua con las características adecuadas, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función de las propiedades de la fuente como la de su destino final (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

El cloro es uno de los desinfectantes más efectivos conocidos y es utilizado universalmente para la desinfección de los suministros públicos (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

La adición del cloro a una fuente pública es el paso más importante en el proceso del tratamiento del agua. El agua es probablemente desinfectada, matando los organismos patógenos presentes en ella para poder hacerla de consumo humano (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

El hipoclorito de calcio se debe tener a la mano todo el tiempo para desinfectar líneas después de reparaciones de fugas y suavizadores/acondicionadores después de su instalación (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

Las plantas convencionales de tratamiento de agua superficial utilizan una secuencia de procesos estándar de acuerdo a las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua. Después de filtrar objetos grandes como peces y palos, se añaden coagulantes químicos al agua para lograr que las diminutas partículas en suspensión que enturbian el agua se atraigan entre sí para formar “flóculos”. La floculación es la formación de flóculos de mayor tamaño a partir de flóculos más pequeños, típicamente se logra por medio del agitado leve y constante

del agua para estimular a las partículas y pequeños flóculos para que choquen entre sí, se adhieran, y formen un flóculo de mayor tamaño (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

Cuando los flóculos son lo suficientemente grandes y pesados se sedimentan y el agua se traslada a estanques calmos de sedimentación o decantación. Cuando la mayoría de los sólidos se ha sedimentado, típicamente ocurre alguna forma de filtración por medio de arena o de membranas. La desinfección es usualmente el siguiente paso. Después de la desinfección, para prevenir la corrosión del sistema de distribución, se pueden agregar diversos productos químicos para ajustar el pH, o para prevenir la caries dental. El intercambio iónico o carbón activado se puede usar durante algunas partes de este proceso a fin de eliminar los contaminantes orgánicos e/o inorgánicos (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

Las fuentes de agua subterránea usualmente tienen una mayor calidad inicialmente y tienden a necesitar menos tratamiento que las fuentes de agua superficial (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

En la mayoría de países desarrollados el agua potable sin patógenos y que cumple normativas internacionales está disponible en la llave de grifo de cada cliente. Además de eso, un número significativo de consumidores en el mundo desarrollado opta por instalar dispositivos de punto de uso y de punto de entrada como medida de protección adicional o para mejorar las características estéticas del agua en el sistema público de abastecimiento de agua. Sin embargo, en muchas regiones del mundo en vías de desarrollo, los sistemas públicos de abastecimiento de agua que suministran agua sin patógenos no están disponibles y el éxito se mide principalmente mediante la reducción del riesgo de enfermedades diarreicas o de otro tipo gastrointestinal (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

Por tanto, una tecnología de punto de uso que sea apropiada para una población, quizá no se recomiende para otra (Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation, 2007).

Requerimientos del cloro

La cloración exitosa del agua depende no solo en el método de aplicación sino también en la dosificación adecuada. La dosificación es la cantidad de cloro adicionado, dependiendo de factores como cantidad de beneficiados y calidad de agua (Sajcabun, 2006).

La demanda es la cantidad de cloro que los materiales consumen en el agua y el cloro residual es el que queda después del proceso. La Norma Coguanor NGT 29001 requiere un cloro residual de 0.2 mg/l en el sistema (Sajcabun, 2006).

Dosificadores

En la desinfección se debe disponer de un dosificador automático de cloro, porque añade el hipoclorito en la cantidad justa y todas las porciones de agua quedan igualmente desinfectadas. En el mercado existen distintos tipos, dosificadores del hipoclorito en función del caudal del agua, del pH, etc. Todos cuentan con una bomba regulable que succiona el hipoclorito, en forma líquida contenido en recipientes de distinta capacidad, o bien en forma de pastillas o granulado (hipoclorito cálcico). En este último caso el dosificador debe contar con un sistema para disolver las pastillas o el granulado (Sajcabun, 2006).

Algunos factores a considerar para determinar la cantidad de hipoclorito de sodio son:

- Grado de concentración del hipoclorito utilizado
- Volumen del depósito
- Calidad del agua

El agua de una fuente no necesariamente debe estar contaminada bacteriológicamente para emplear un sistema de cloración; ya que para que ésta sea realmente potable, debe ser tratada para mejorar su calidad sanitaria, para ello existen varios sistemas de cloración, entre los más usados se pueden mencionar (Sajcabun, 2006):

El sistema inyectado, que requiere un cuidado especial para evitar fugas o mal manejo, debido a que es altamente tóxico y corrosivo. Este sistema es efectivo únicamente para grandes ciudades (Sajcabun, 2006).

Otro sistema es el alimentador automático de tricloro, que consiste en disolver tabletas de tricloro con el paso del agua. El alimentador de tricloro es un recipiente en forma de termo que alberga tabletas, cuyo tamaño depende directamente del caudal de agua y del consumo necesario de tabletas para mejorar la calidad sanitaria del agua (Sajcabun, 2006).

El hipoclorador hidráulico se compone de un depósito con capacidad de 100 litros, utilizado para preparar la mezcla; requiriendo para su función dos válvulas plásticas de compuerta, una para drenaje y otra para controlar el paso de la mezcla a un segundo depósito más pequeño. Este segundo depósito con capacidad de 50 litros consta de las siguientes válvulas: una de flote que controla la entrada de la mezcla dosificada a dicho depósito; dos válvulas plásticas de compuerta, una para drenaje y la otra que hace funcionar el hipoclorador abriéndola o cerrándola, permitiendo el paso directo del flujo hacia el tanque de distribución; cuenta además con una válvula de paso, que gradúa el caudal de flujo dosificado necesario hacia el tanque de distribución (Sajcabun, 2006).

5. OBJETIVOS

General:

Elaborar un manual para la correcta operación y mantenimiento del hipoclorador en tanques de almacenamiento de agua para consumo humano.

Específicos:

1. Establecer el procedimiento para utilizar el hipoclorito de sodio en procesos de desinfección con hipoclorador.
2. Facilitar la utilización de hipocloradores a operadores de sistemas de desinfección.
3. Evaluar el dispositivo, mediante pruebas de laboratorio para garantizar el buen funcionamiento y efectividad en el proceso de potabilización de agua.
4. Describir los posibles problemas del hipoclorador evaluado en su operación y explicar distintas alternativas de solución.
5. Conocer la calidad final de agua dosificada y su utilización para consumo humano.

6. METODOLOGÍA

CAPITULO 1

1. CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

1.1 Potabilidad

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad establecidas por las autoridades locales e internacionales.

La potabilización incluye el detectar cualquier posible contaminante microbiológico o químico y aplicar las metodologías para que no continúe la contaminación (Figura No. 1).

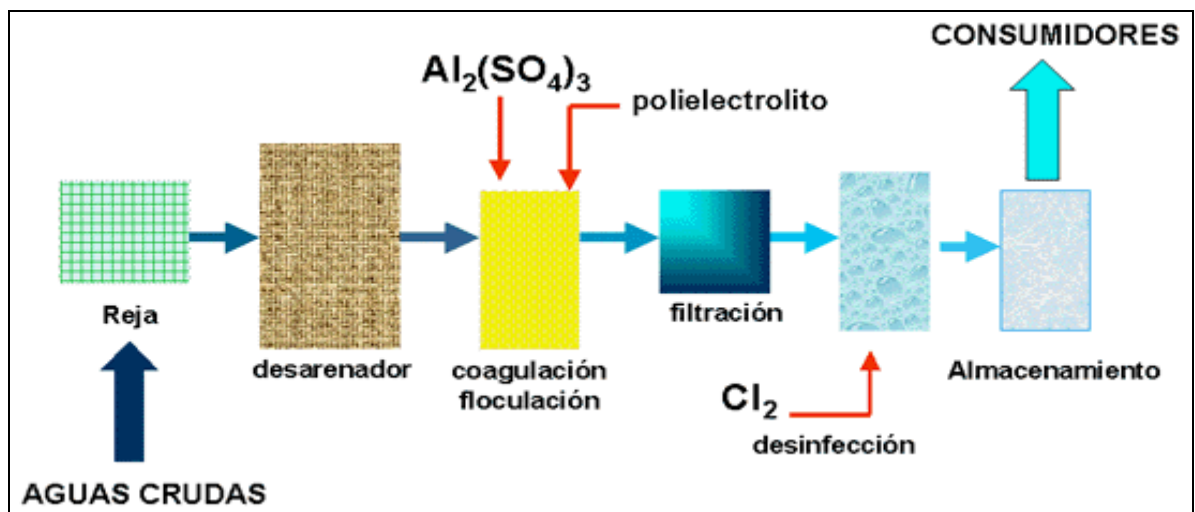


Figura No. 1. Sistema común de potabilización de agua (Delgadillo, y Ramírez, 2005)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) dice que el agua tiene que cumplir con los siguientes requisitos para ser potable:

- No debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes biológicos (microbios o gérmenes patógenos), químicos tóxicos (orgánicos o inorgánicos) y radiactivos.
- Debe poseer una proporción determinada de gases y de sales inorgánicas disueltas.
- Debe ser incolora o translúcida, inodora y de sabor agradable.

El abastecimiento de agua potable en las grandes ciudades involucra procesos complejos según la fuente de abastecimiento, las aguas provenientes de fuentes subterráneas profundas, galerías filtrantes o manantiales, pueden ser entregadas directamente al consumo, siempre que sean químicamente apropiadas y que se tengan en cuenta todas las previsiones necesarias en su captación para evitar su contaminación. En el caso de las aguas provenientes de tomas superficiales que no son naturalmente potables, habrá que hacer un tratamiento adecuado. El tratamiento adecuado puede ser físico, químico o microbiológico (Álvarez, 2002).

1.2 Desinfección

Significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua, virus y bacterias principalmente. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades (Álvarez, 2002).

Los desinfectantes químicos y/o físico también extraen contaminantes orgánicos del agua, que son nutrientes para los microorganismos (Álvarez, 2002).

Los desinfectantes no solo deben matar a los microorganismos sino que deben además tener un efecto residual, que significa que se mantienen como agentes activos en el agua después de la desinfección para prevenir el crecimiento de los microorganismos en las tuberías provocando la recontaminación del agua (Álvarez, 2002).

1.2.1 Desinfección preventiva

La desinfección preventiva va desde la vigilancia de los sistemas de abastecimiento hasta controles microbiológicos antes de su consumo. El propósito de la vigilancia de los sistemas es controlar la calidad de agua y proteger a los consumidores. Si las deficiencias sanitarias identificadas durante este proceso no son corregidas, puede tornarse en una situación peligrosa ya que la población que se beneficiará con el vital líquido queda vulnerable a enfermarse e incluso poder iniciar una epidemia (Álvarez, 2002).

No es poco común que después de una fase de vigilancia no se ejecuten o completen las medidas correctivas necesarias. En resumen lo que se debe hacer es identificar las razones de la baja calidad de agua, corregir o eliminar la causa y, de ser necesario, tomar medidas de emergencia (Álvarez, 2002).

1.2.2 Desinfección correctiva

Las medidas correctivas necesarias son una consecuencia directa de la evaluación de las pruebas bacteriológicas y de las inspecciones sanitarias. Esas medidas correctivas ejecutadas por la empresa de abastecimiento de agua potable o por la entidad de vigilancia, son esenciales cuando ya se han identificado los problemas (Álvarez, 2002).

Las medidas de corrección pueden ser variadas, como selección de fuentes de agua adecuadas y seguras, la vigilancia constante, control de desinfección a través de pruebas de cloro residual, programas de educación a la comunidad y de atención primaria de salud, análisis bacteriológico después de haber aplicado las medidas correctivas y avisos a la población que aplique ciertas medidas en su hogar (aplicar cloro o hervir agua), por último controles sanitarios para asegurarse que las medidas correctivas hayan sido ejecutadas adecuadamente.

Al decidir sobre la importancia de cualquier deficiencia descubierta es preciso hacer uso de un buen juicio. Si dichas deficiencias son serias, debe evaluarse el costo de las diferentes medidas correctivas posibles.

Una decisión respecto a la urgencia de aplicar una medida correctiva tiene gran importancia. Debe ser resultado de un juicio muy meditado y cuidadoso, teniendo en cuenta que en algunos casos puede sobrevenir una grave epidemia si las medidas no se aplican inmediatamente (Álvarez, 2002).

1.2.3 Elementos químicos para desinfección

Los elementos químicos más utilizados para la desinfección del agua son:

- Hipoclorito de sodio (NaClO),
- Ácido hipocloroso (HClO),
- Clorito de sodio (NaClO_2).
- Dióxido de cloro
- Ozono
- Halógenos: Yodo
- Metales: Cobre, plata
- Permanganato (KMnO_4)
- Jabones y detergentes
- Sales de amonio
- Peróxido de Hidrógeno

1.3 Propiedades del hipoclorito para la desinfección

El cloro es uno de los elementos más comunes para la desinfección del agua. Se puede aplicar para la eliminación de la mayoría de los microorganismos (Solsona, 1983).

De acuerdo con los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, la desinfección con cloro del agua para consumo humano es reconocida como uno de los mayores logros en el campo de la salud pública del siglo XX (Solsona, 1983).

1.3.1 El cloro

La desinfección del agua en los sistemas de abastecimiento constituye la barrera más importante contra las bacterias y virus patógenos; en una forma u otra, es el principal agente desinfectante utilizado en la mayoría de países por su factibilidad y viabilidad económica.

La preferencia del cloro como desinfectante, se explica indudablemente por su fácil disponibilidad, su bajo costo y su confiabilidad, así como por la facilidad con que se puede usar y medir en los abastecimientos de agua (Solsona, 1983).

1.3.1.1 Propiedades físicas y químicas del cloro

Los elementos del grupo de los halógenos como el cloro se presentan como moléculas diatómicas químicamente activas. El nombre halógeno, proviene del idioma griego y su significado es "formador de sales". Muchos compuestos sintéticos orgánicos y algunos compuestos orgánicos naturales contienen elementos halógenos como el cloro. A este tipo de compuestos se los conoce como compuestos halogenados (Químicas Urbanejas [Quimiur], 2007).

El estado del cloro en su forma natural es gaseoso (no magnético). El cloro es un elemento químico de aspecto amarillo verdoso (Tabla No. 1) (Quimiur, 2007).

Tabla No. 1. Características del cloro

Número atómico	17
Símbolo químico	Cl
Punto de fusión	171.6 grados kelvin o -100.55 grados centígrados
Punto de ebullición	239.11 grados kelvin o -33.04 grados centígrados

Fuente: Aguamarket, 2000.

1.3.1.2 Ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es un líquido amarillento con una concentración de cloro activo de 10-15% y un pH de alrededor de 13 unidades, no es muy estable, y cuando entra en contacto con el aire, la luz o temperaturas altas, el cloro se evapora y su concentración en el agua disminuye. Debido a su alto pH el hipoclorito de sodio aumenta el pH del agua (Quimiur, 2007).

Es posible acidificar el agua mediante el uso de ácido sulfúrico, y se aconseja mantener el nivel de pH en un rango de 5.8-6.5 para garantizar la eficacia de la desinfección (Quimiur, 2007).

La cantidad de sodio añadido al agua mediante el uso de hipoclorito de sodio no afecta generalmente la calidad del agua, desde que la desinfección es lograda en concentraciones relativamente bajas de cloro.

La adición del sodio puede ser considerable en sistemas de reutilización de aguas, en las cuales el sodio se acumula en el agua gradualmente. El punto de ebullición del sodio se da a -101 grados centígrados y su calor latente de fusión es de 90 kj/kg (Quimiur, 2007).

Ventajas:

- Fácil transporte
- Fácil de almacenar
- Eficaz
- Si se utiliza correctamente casi 100% eficiente en el proceso

Desventajas:

- Corrosivo
- Estrictas precauciones en el manejo
- Se evapora/desintegra en contacto con el aire, luz y altas temperaturas
- Corto período de conservación

1.3.2 Presentaciones de cloro

1.3.2.1 Cloro Gas

El cloro gaseoso se presenta amarillo-verdoso unas 2.5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable, venenoso y de alta toxicidad (Figura No. 2).

- Densidad: 3.71 kg/m³
- Compresibilidad: 0.9867
- Gravedad específica: 2.49
- Volumen específico: 0.336 m³/kg
- Viscosidad: 0.0001245 Pa/s
- Conductividad: 7.91 mw/m.k



Figura No. 2. Estado gaseoso del cloro (Quimiur, 2007)

1.3.2.2 Cloro Líquido

El cloro líquido es uno de los tipos de cloro que abarca el campo más amplio y particular del que podemos tratar, teniendo en cuenta que a este elemento lo podemos colocar de distintas maneras dependiendo el contexto donde irá dirigido. Aunque está claro que el cloro líquido lo podemos emplear directamente en el agua, su composición puede ser dirigida especialmente para el mantenimiento de cualquier sistema de abastecimiento (Figura No. 3) (Quimiur, 2007).

- Punto de ebullición: -34.1 Grados centígrados
- Densidad: 1562.5 kg/m³
- Calor de vaporización: 287.79 kj/kg
- Presión de vapor: 21 Pa.



Figura No. 3. Estado líquido del cloro (Quimiur, 2007)

1.3.2.3 Cloro sólido

Los cloros sólidos tienen excelente estabilidad de almacenamiento y mantiene su concentración de cloro activo, casi indefinidamente. Se disuelven completamente para dejar el agua perfectamente clara, higienizada y sin residuos (Quimiur, 2007).

El cloro sólido no contiene calcio en su fórmula, por lo tanto no se agrega dureza al agua, evitando así el riesgo de precipitados e incrustaciones con la consiguiente obstrucción de tuberías y problemas derivados (Figura No. 4) (Quimiur, 2007).



Figura No. 4. Estado sólido del cloro (Quimiur, 2007)

CAPITULO 2

2. HIPOCLORADOR

Es un tipo de bomba especial que sirve para la correcta dosificación de una sustancia química a una corriente de agua, algún depósito de agua u otro sistema donde se requiera que la concentración de una sustancia se mantenga constante.

La exactitud de la dosificación depende mucho de la marca y modelo de la bomba a utilizar. Actualmente se está optando por reestructurar los sistemas de desinfección con hipocloradores digitales, donde por medio de botones se calibra la dosificación correcta siendo esta más exacta (Figura No. 5).



Figura No. 5. Hipoclorador (Trabajo de campo, 2015)

2.1 Ubicación

La bomba debe ser instalada en un área cerca del tanque de abastecimiento de cloro y de la fuente de agua a desinfectar, tomando en cuenta que dicha ubicación debe permitir fácil acceso para el mantenimiento de la bomba.

La temperatura no debe ser mayor a 50 grados centígrados. La bomba, no debe permanecer bajo el sol todo el tiempo, es recomendable contar con protección contra la intemperie.

2.2 Ubicación de la bomba

2.2.1 Al mismo nivel del tanque

La ubicación recomendable es donde la bomba y el tanque de abastecimiento de cloro estén al mismo nivel, con esto se garantiza que la manguera de succión esté todo el tiempo llena y así reducir las probabilidades que el sistema de succión colapse.

2.2.2 Arriba del nivel del tanque

Por motivos de espacio o acceso, este tipo de instalación es el más utilizado y es donde la bomba está a un nivel superior que el del tanque de abastecimiento de cloro, siempre se debe asegurar que esta distancia no sea mayor a un metro y medio, y la cantidad de solución de dosificación sea menor a la del agua. La pichacha de succión debe estar perpendicular al suelo (Figura No. 6).



Figura No. 6. Forma de instalación Arriba del nivel del tanque (Trabajo de campo, 2015)

2.3 Partes de la bomba

2.3.1 Diafragma

El diafragma o membrana es el que determina, por medio de aumento o disminución de presión a través de sus paredes y válvulas de retención, el movimiento del fluido de la zona de abastecimiento de cloro a la fuente de agua (Figura No. 7).



Figura No. 7. Diafragma (Trabajo de campo, 2015)

2.3.2 Reloj de Ajuste

Este elemento controla la velocidad a la que está trabajando el hipoclorador y cantidad de cloro que se está inyectando a la fuente de agua, por medio de botones digitales ajustables y una perilla que optimizan el sistema de desinfección (Figura No. 8).



Figura No. 8. Reloj de ajuste (Trabajo de campo, 2015)

2.3.3 Llave de paso

Cuando la bomba está instalada al casquete, se le ajusta una válvula con una manguera de ¼” (Figura No. 9), la cual se utiliza para drenar solución dosificadora y en la mayoría de veces para liberar aire que pudiera provocar problemas en el sistema de inyección y alterar la concentración de solución deseada (Figura No. 10).



Figura No. 9. Manguera para llave de paso (Trabajo de campo, 2015)

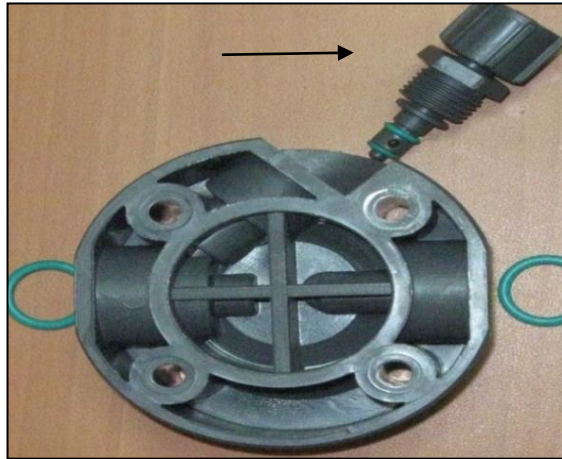


Figura No. 10. Llave de paso (Trabajo de campo, 2015)

2.3.4 Válvulas de inyección y succión

Es un mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema, en este caso flujo de agua.

Se debe asegurar que estos componentes se encuentren en las mejores condiciones posibles, ya que serán el inicio y el final del recorrido de la solución (cloro) en el sistema de dosificación.

2.3.4.1 Mangueras

Las mangueras que se utilizan en la succión e inyección de la solución dosificadora deben tener un grosor considerable, para soportar cambios de presión generados por la bomba. No utilizar las mangueras adecuadas, puede ocasionar que se agrieten por sobrepresión (Figura No. 11).

Antes de su instalación, las puntas de las mangueras deben ser cortadas para ajustarlas de una manera correcta en la pichacha de succión y la punta de inyección.



Figura No. 11. Manguera sistemas succión e inyección (Trabajo de campo, 2015)

2.3.4.2 Pichacha de succión

Elemento donde inicia el proceso de succión. Se coloca de forma vertical, perpendicular al fondo del tanque de almacenamiento de la solución dosificadora, pero totalmente inmersa en ella (Figura No. 12).



Figura No. 12. Pichacha de succión (Trabajo de campo, 2015)

Para asegurar que la pichacha se mantenga libre de partículas y de forma vertical a cierta distancia del fondo del tanque, se ajusta un tubo de cerámica para hacerla más pesada (Figura No. 13).



Figura No. 13. Tubo cerámico (Trabajo de campo, 2015)

2.3.4.3 Punta de inyección

Elemento donde finaliza el proceso de dosificación y evita que la solución pueda retornar, depositándola en la fuente de agua (Figura No. 14).

Esta punta se coloca tomando como base la fuente de agua, que puede ser un tanque de almacenamiento (agua estancada) o tubería que tiene agua en movimiento (la mejor opción, ya que el tiempo de disolución de cloro en todo el volumen de agua es menor y el cloro residual es menor).



Figura No. 14. Punta de Inyección (Trabajo de campo, 2015)

2.3.5 Tarjeta electrónica

El dosificador es un equipo electromecánico y posee una tarjeta electrónica ubicada dentro del casquete de la bomba, de la cual depende toda la configuración del dispositivo manejando una bovina que hace funcionar el diafragma que empuja la solución dosificadora para su inyección (Figura No. 15).

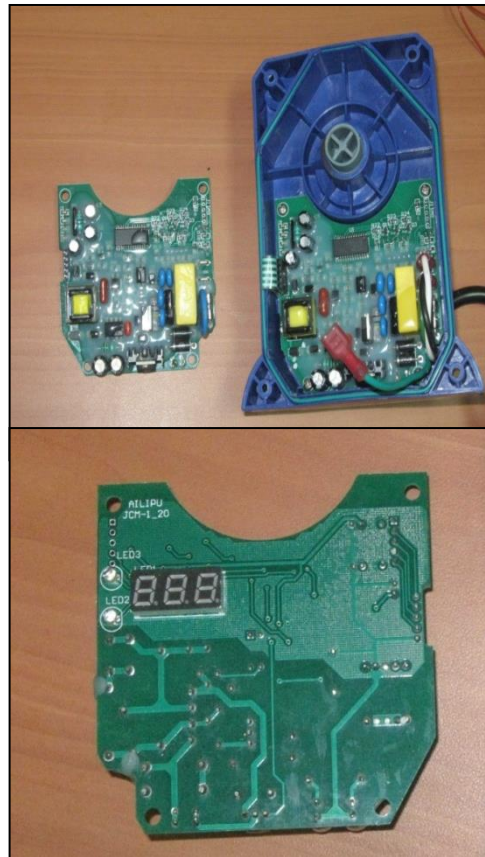


Figura No. 15. Tarjeta electrónica (Trabajo de campo, 2015)

CAPITULO 3

3. OPERACIÓN

Se refiere al conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua según las especificaciones de diseño y cambios en el proceso (Figura No. 16).

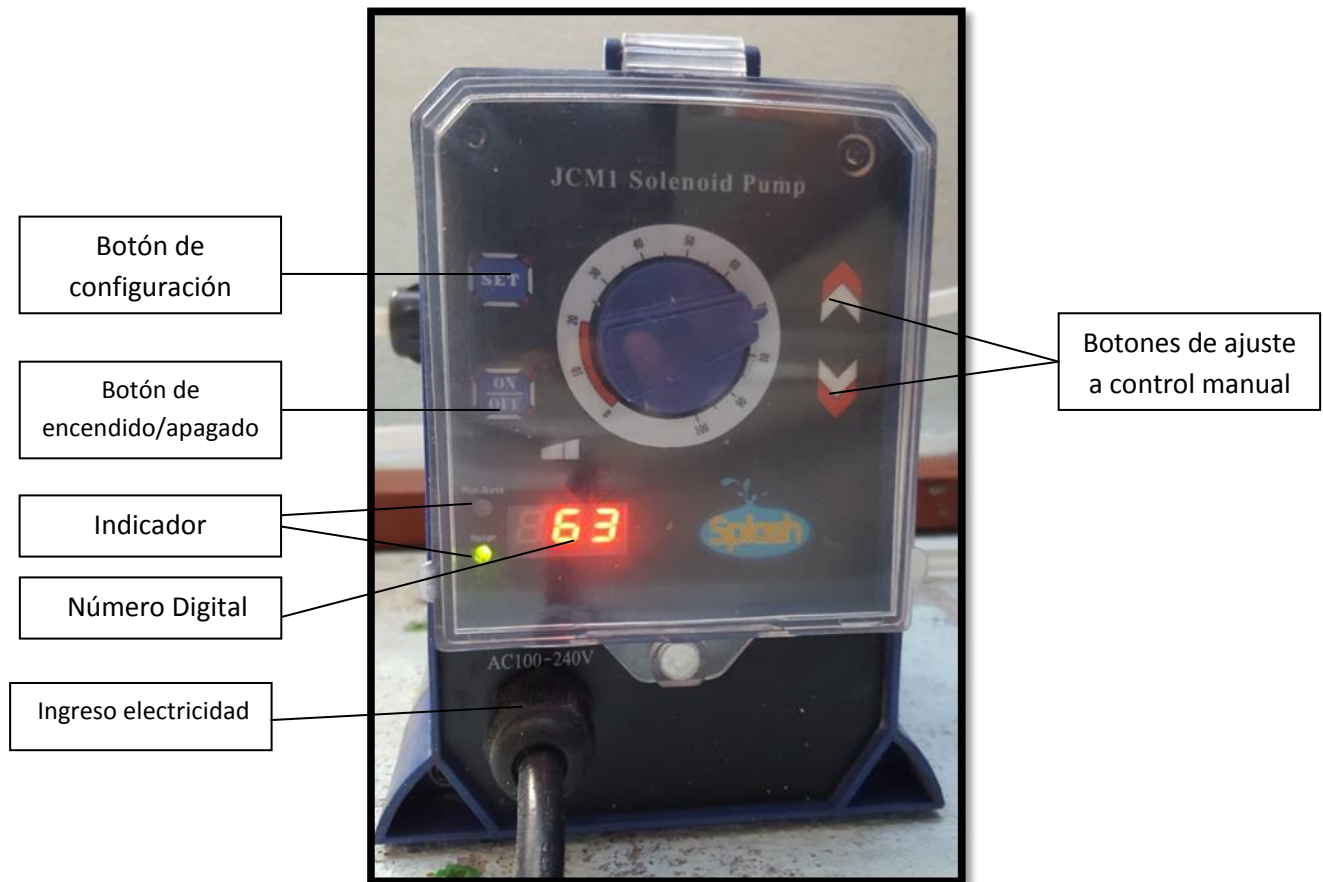


Figura No. 16. Tablero de control (Trabajo de campo, 2015)

3.1 Inicio de funcionamiento

La bomba debe ser cebada para iniciar operaciones, ya sea de forma manual o automática, si el nivel donde fue instalada lo permite.

Para poner en funcionamiento la bomba se deben seguir los siguientes pasos:

- Presionar el botón de encendido
- Cuando la bomba este encendida, ajustar el reloj del dosificador a 100% de capacidad.
- Girar la llave de paso una o dos veces en dirección de las agujas del reloj para liberar aire que pueda afectar el funcionamiento del dosificador.
- La manguera que va de la pichacha de succión a la bomba, debe salir llena del tanque de la solución dosificadora.
- Cuando la llave de paso libere aire o líquido no deseado, se cierra y se apaga la bomba.
- Proceso finalizado

3.2 Ajuste para inicio de operación

Inicialmente se ajusta a la máxima capacidad del dosificador, por medio del reloj de ajuste se gradúa la cantidad y rapidez deseada de la inyección del líquido dosificador.

3.3 Flujo de salida

3.3.1 Ajuste de cantidad

La cantidad de solución dosificadora se determina por factores como: caudal, calidad de la fuente de agua y cantidad de personas que serán abastecidas. Este proceso utiliza la perilla del reloj de la bomba para ajustar de forma manual la cantidad de solución deseada (Figura No. 17).



Figura No. 17. Perilla Reloj de ajuste (Trabajo de campo, 2015)

3.3.2 Ajuste de rapidez de flujo

La rapidez de inyección la determina los golpes que el diafragma emite, mientras más golpes son, la solución dosificada es colocada en la fuente de agua con mayor rapidez.

Al igual que la cantidad, la rapidez se ajusta en el reloj de la bomba, pero de forma digital, donde se establece si el diafragma emitirá más o menos golpes, de acuerdo a los parámetros establecidos (Figura No. 18).



Figura No. 18. Parte digital Reloj de Ajuste (Trabajo de campo, 2015)

3.4 Calibración

La calibración del hipoclorador garantiza la aplicación de la cantidad óptima de producto y depende de tres factores:

- Características físicas de la solución dosificada
- La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada al el final de la red.
- El caudal de agua a desinfectar

Al determinar la cantidad a inyectar se procede a:

- Realizar los ajustes correspondientes en el tablero de control, modificando la rapidez en los botones digitales y
- Modificación de la cantidad por medio de la perilla en el reloj de ajuste

El cambio en la solución dosificadora durante el proceso puede ser ajustado, cuando se presenta alguna de estas situaciones:

- Fallas de la fuente que le da energía eléctrica al sistema, pudiendo provocar que el casquete de la bomba no esté llena de solución dosificadora.
- Cuando la pichacha de succión, por alguna razón no se encuentra en posición totalmente vertical y afecta el proceso de dosificación exacta.

Para continuar su funcionamiento se debe asegurar que todo el sistema de dosificación esté lleno de la solución, y después de verificar que funciona correctamente al encender la bomba, se ajusta cantidad y rapidez de inyección.

CAPITULO 4

4. REPUESTOS Y MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede ser preventivo, siendo este el destinado a la conservación del equipo mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad; puede darse el mantenimiento correctivo, donde consiste en localizar las averías o defectos para corregirse o repararse.

Como todo aparato electromecánico el dosificador debe tener un proceso de mantenimiento para cada una de sus partes.

Para asegurar que la bomba funcione en óptimas condiciones, (diafragma, cheques, punta de inyección) se recomienda que sean reemplazadas una vez cada año, de acuerdo a la condición de las mismas o a la frecuencia de uso que se le dé al dosificador.

4.1 Cambio de diafragma

- Liberar presión por medio de la llave de paso, vaciar y remover la manguera (Figura No. 19).

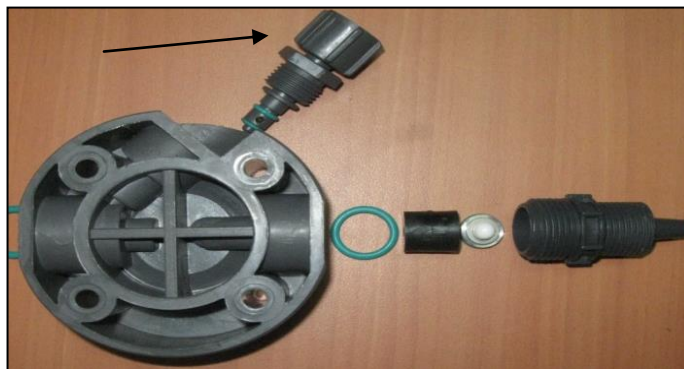


Figura No. 19. Liberar presión por medio de llave de paso (Trabajo de campo, 2015)

- Colocar la pichacha de succión en agua o alguna otra solución neutral (Figura No. 20).



Figura No. 20. Pichacha a colocar dentro de solución (Trabajo de campo, 2015)

- Encender la bomba para que este líquido limpie el casquete central. Al determinar que ya se eliminó toda la solución dosificadora del sistema, se saca la pichacha del agua hasta que el casquete se llene de aire (Figura No. 21).



Figura No. 21. Casquete que debe ser limpiado (Trabajo de campo, 2015)

- Si el diafragma está roto o por alguna razón no sirve, se retira la manguera de succión, los cuatro tornillos del casquete y este se coloca en agua (Figura No. 22).



Figura No. 22. Tornillos del casquete (Trabajo de campo, 2015)

- Encender la bomba y por medio del reloj de ajuste colocar en cero (0) la rapidez de inyección y luego apagar la bomba (Figura No. 23).



Figura No. 23. Medición rapidez de inyección (Trabajo de campo, 2015)

- Para retiro del diafragma en malas condiciones, se debe girar en dirección opuesta de las agujas del reloj. Evaluar el estado de las piezas y colocar el nuevo diafragma verificando que este sea del tamaño adecuado según las demás partes del casquete (Figura No. 24).



Figura No. 24. Diafragma y demás piezas (Trabajo de campo, 2015)

- Encender la bomba para determinar el funcionamiento al máximo del diafragma, luego apagarla (Figura No. 25).

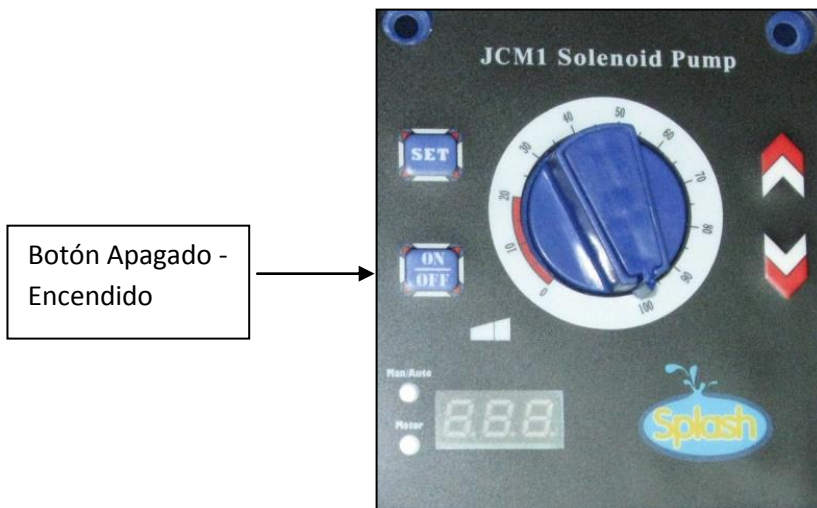


Figura No. 25. Panel de Control Apagado-Encendido (Trabajo de campo, 2015)

- Cerrar el casquete con sus cuatro tornillos (Figura No. 26) y calibrar.



Figura No. 26. Casquete y su estructura (Trabajo de campo, 2015)

4.2 Cambio válvula de cheque

- Liberar presión por medio de la llave de paso
- Vaciar y remover la manguera (Figura No. 27).



Figura No. 27. Manguera a remover y vaciar (Henrick, 2005)

- Colocar la pichacha de succión en agua o alguna otra solución neutral
- Encender la bomba para que este líquido limpie el casquete central
- Al determinar que ya se eliminó toda la solución dosificadora del sistema se saca la pichacha del agua hasta que el casquete se llene de aire.
- Si el diafragma está roto o por alguna razón no sirve, se retira la manguera de succión, los cuatro tornillos del casquete y este se coloca en agua.

- Retiro de empalmes y piezas que sostengan el cheque dañado, removerlo y realizar el cambio (Figura No. 28).



Figura No. 28. Piezas que sostienen el cheque (Trabajo de campo, 2015)

- Asegurarse que el cheque quede bien colocado y ensamblado (Figura No. 29).



Figura No. 29. Pieza completa ya ensamblada (Trabajo de campo, 2015)

- Cerrar el casquete con sus cuatro tornillos y calibrar

4.3. Cambio de la punta de inyección y pichacha de succión

- Separar la manguera de la punta de inyección (Figura No. 30) o de la pichacha de succión (Figura No. 31) y vaciarla en el tanque.



Figura No. 30. Punta de inyección (Trabajo de campo, 2015)



Figura No. 31. Pichacha de succión (Trabajo de campo, 2015)

- Retirar la manguera de salida (va de la bomba a la fuente de agua) si es la punta de inyección o la manguera de entrada si es la pichacha de succión (Figura No. 32).



Figura 32. Manguera utilizada en entrada y salida de la bomba (Trabajo de campo, 2015)

- Separar las partes de la punta de inyección (Figura No. 33) o pichacha de succión (Figura No. 34) y determinar cuáles deben ser reemplazadas: resorte, válvulas, cheques.



Figura No. 33. Partes separadas punta de inyección (Trabajo de campo, 2015)



Figura No. 34. Partes separadas pichacha de succión (Trabajo de campo, 2015)

- Ensamblar las nuevas piezas de la punta de inyección (Figura No. 35) o pichacha de succión (Figura No. 36).

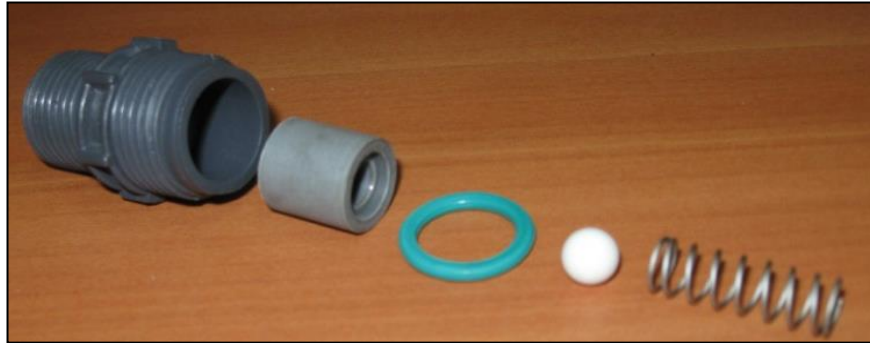


Figura No. 35. Piezas punta de inyección (Trabajo de campo, 2015)



Figura No. 36. Piezas pichacha de succión (Trabajo de campo, 2015)

- Verificar que la manguera que va de la bomba a la fuente de agua quede asegurada y bien colocada al igual que la manguera que sostiene la pichacha de succión y va a la bomba para luego calibrar.

4.4 Cambio cheque llave de paso

- Apagar la bomba
- Asegurarse que todos los cheques estén bien colocados para que no permita el regreso de la solución dosificadora (Figura No. 37).

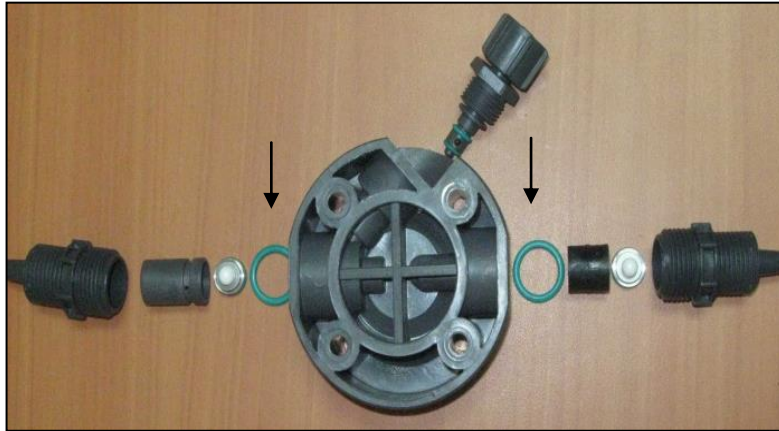
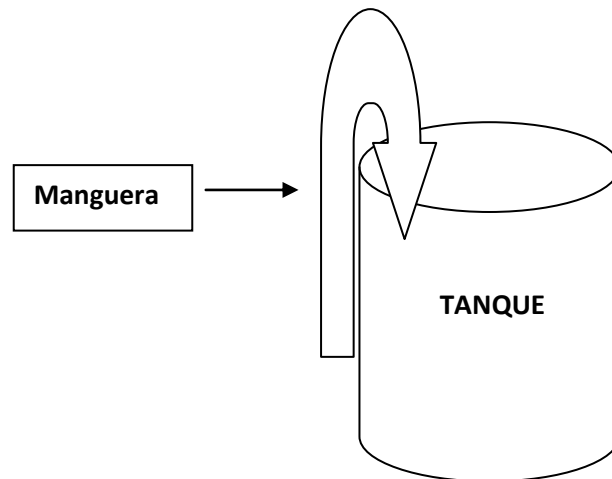


Figura No. 37. Cheques (Trabajo de campo, 2015)

- Girar ligeramente la válvula para drenar agua y así liberar la presión acumulada, mantener la válvula abierta.
- Extraer la manguera de descarga del casquete
- Mantener la manguera perpendicular al tanque hasta que la solución dosificadora se deposite en él.



- Quitar el tornillo y extraer toda la pieza de la válvula (Figura No. 38).



Figura No. 38. Pieza completa de la válvula (Trabajo de campo, 2015)

- Reemplazar los cheques que se encuentran dentro de la válvula (Figura No. 39).



Figura No. 39. Cheques dentro de la válvula (Trabajo de campo, 2015)

- Introducir nuevamente toda la pieza y asegurarla con el tornillo respectivo. (Figura No. 40).



Figura No. 40. Llave de paso ensamblada (Trabajo de campo, 2015)

- Cerrar la llave de paso, conectar la manguera y calibrar

Asegurarse que cada una de las partes que fueron reemplazadas o removidas, queden bien colocadas, para no afectar el funcionamiento general de la bomba o causar daños en otras piezas fundamentales.

4.5 Equipo de protección personal

En cualquier proceso de mantenimiento, reparación o prevención de aparatos electromagnéticos es necesario el uso de equipo de protección personal.

En el proceso principalmente se debe asegurar el uso de la siguiente vestimenta:

- Ropa protectora
- Máscara
- Lentes de protección
- Guantes
- Zapatos cómodos (Figura No. 41).



Figura No. 41. Equipo de protección (Equipos de Protección Personal, 2008)

4.6 Cuadro de problemas y soluciones

El mantenimiento recomendado dentro de un sistema de desinfección por medio de hipocloradores, es preventivo para evitar daños mayores en el equipo. Cabe mencionar que pueden presentarse problemas por diferentes causas, aunque se le haya dado el mantenimiento adecuado a la bomba y sus elementos.

4.6.1 La bomba no funciona automáticamente

La bomba es la pieza más importante del hipoclorador, ya que es el centro de operaciones del mismo y existen varias causas por las que su funcionamiento se puede ver afectado (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Causas y acciones cuando la bomba no funciona automáticamente

Causas	Acciones
1. Problemas con al corriente eléctrica, o botón de encendido	1. Encenderla o revisión de la corriente.
2. Porcentaje del valor de salida no está configurado	2. Calibrar este porcentaje en el reloj de ajuste
3. La pichacha de succión no está vertical en el fondo del tanque de solución dosificadora	3. Corregir la posición de la pichacha y ajustar bien el tubo cerámico para contrapeso.
4. Fallas en el sistema de succión del Hipoclorador	4. Verificar la distancia entre la bomba y la pichacha de succión (no mayor a metro y medio)
5. Manguera de succión está enrollada o Doblada	5. Enderezar la manguera y si fuese necesario, cambiarla
6. Manguera de succión con aire.	6. Mantener el sistema totalmente vertical y si es necesario liberar en la llave de paso el aire.

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

4.6.2 Fugas en mangueras

Las fugas en las mangueras son los problemas más comunes que se presentan en un sistema de bombeo, ya que son las piezas que se encuentran regularmente sin ninguna protección y pueden sufrir roturas, desgastes, etc. (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Causas y acciones fugas en mangueras

Causas	Acciones
1. Las puntas de las mangueras están rotas	1. Cortar un pedazo de las puntas de mangueras y reconectar.
2. Se afloja o se rompe la parte donde se conectan las mangueras	2. Reemplazar si está roto. Apretar cuidadosamente sin utilizar llaves o instrumento que pueda romperlo.
3. Cheques están rotos	3. Reemplazar los cheques
4. Casquete de la bomba se corroe por la solución dosificadora	4. Llevar a mantenimiento esta parte de la bomba.

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

4.6.3 Flujo de salida bajo

El flujo de salida es el mejor indicador del buen funcionamiento del hipoclorador, ya que es la parte final del sistema de desinfección y la punta de inyección debe abastecer la cantidad de solución dosificadora adecuada a la fuente de agua. (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Causas y soluciones flujo de salida bajo

Causas	Medidas
1. La presión de descarga es menor a la presión de inyección	1. La presión de inyección no puede exceder la presión máxima de la bomba.
2. Cheques están rotos o en mal estado.	2. Reemplazar o arreglar los cheques.
3. Diafragma roto	3. Cambio de diafragma
4. Reloj de ajuste configurado mal. (Rapidez y cantidad)	4. Calibrar o resetear la bomba
5. Manquera de salida es muy larga	5. Reestructura del sistema

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

CAPITULO 5

5. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

5.1 Metodología

5.1.1 Descripción del municipio

El municipio de Mixco, se encuentra situado en la parte oeste del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en el extremo oeste de la ciudad capital. Se localiza a $90^{\circ} 36' 23''$ de longitud oeste y $14^{\circ} 37' 59''$ de latitud norte, con un área total de 132 km².

Es un municipio prácticamente integrado a la ciudad capital, a través del comercio producción, transporte, vías de comunicación y en cierta medida, en aspectos de salubridad en cuanto al manejo de aguas residuales.

5.1.2 Recolección de muestras

El objetivo de este proceso es obtener una muestra representativa del agua para poder determinar un análisis fisicoquímico, residualidad de cloro y calidad microbiológica de interés sanitario.

La toma de muestras debe respetar, por consiguiente la composición microbiológica y características fisicoquímicas del agua captada.

Características de la muestra:

- Recipiente plástico de 100 ml

- 4 muestras para evaluaciones físico-químicas y microbiológicas-bacteriológicas y 8 muestras para análisis de residualidad de cloro (se incluyó una evaluación mensual que se realizó de 30 muestreos por personal municipal y la investigadora).
- El horario de la toma de muestras fue de 11:30 a 12:30 horas en la salida del dosificador de cloro (Figura No. 42).



Figura No. 42. Punto de toma de muestras (Trabajo de campo, 2015)

- Toma de la muestra

Al tener la muestra en el recipiente, este se etiqueta y se lleva inmediatamente al laboratorio para su análisis (Figura No. 43), debido a que el parámetro de cloro sugiere una preservación de 24 horas máximo.



Figura No. 43. Recipiente toma de muestras (Trabajo de campo, 2015)

5.1.3 Equipo de laboratorio

El equipo de laboratorio que se utiliza en el análisis de residualidad de cloro fue un equipo digital, utilizando el reactivo DPD (Dietil-p-fenilén diamina):

- Tubos de ensayo de 10ml
- Reactivo para residualidad de cloro DPD
- Medidor digital (Figura No. 44).

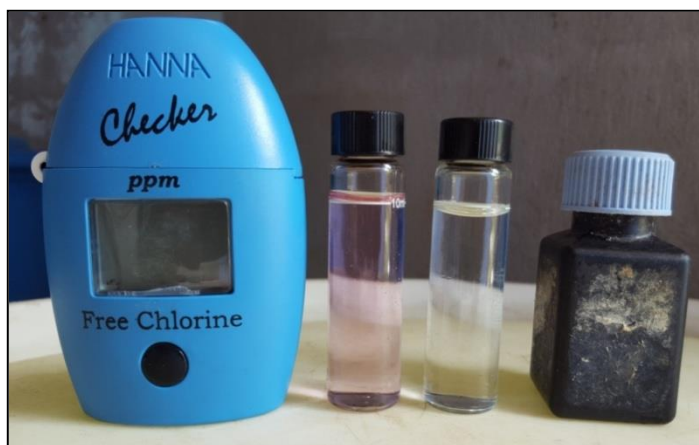


Figura No. 44. Equipo completo Cloro Residual (Trabajo de campo, 2015)

5.1.4 Unidades experimentales

5.1.4.1 Residualidad de cloro (Hipoclorito de sodio)

Se mide en miligramos por litro (mg/l) y es el principal compuesto para el proceso de potabilización de agua, determinado por factores como: volumen, calidad de agua y cantidad de usuarios. Según la norma Coguanor 29001 el Límite Máximo Admisible es de 0.5 mg/l y el Límite Máximo Permisible de 1.0 mg/ml (Tabla No. 2).

Tabla No. 2. Características químicas del agua para consumo humano

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre	0.5	1.0
Cloruro (Cl ⁻)	100.0	250.0
Dureza Total (CaCO ₃)	100.0	500.0
Sulfato (SO ₄)	100.0	250.0
Aluminio (Al)	0.050	0.100
Calcio (Ca)	75.0	150.0
Cinc (Zn)	3.0	70.0
Cobre (Cu)	0.050	1.500
Magnesio (Mg)	50.0	100.0
Manganeso total (Mn)	0.1	0.4
Hierro total (Fe)	0.3	-----

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR], 2002.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.

5.1.4.2 Calidad de Agua

La calidad de agua es la variable final donde se refleja el resultado del proceso, verificando el buen funcionamiento del hipoclorador en cuanto a cantidad y velocidad de aplicación de hipoclorito a la fuente de agua.

5.1.4.3 Hipoclorador:

Regula la cantidad de hipoclorito por medio de un dosificador, que garantiza el proceso de desinfección de agua, siempre sujeto a manipulación por cualquier cambio de cantidad de cloro que se desee aplicar.

5.1.5 Tipo de muestreo

Tipo de muestreo utilizado: Aleatorio simple; es la técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo y que, por lo tanto, están descritos en el marco muestral, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra.

5.1.6 Proceso de recolección de muestra

5.1.6.1 Fuente y localización

La recolección de muestra se realiza en la fuente de agua y objeto de evaluación del Pozo de la Virgen, ubicado en zona 1 de Mixco, de donde se genera un caudal de 225 GPM, para abastecer 1,115 casas y beneficiar a 5,525 habitantes.

5.1.6.2 Tamaño de la muestra

Durante un mes se realizan 8 muestreos, 2 por semana donde se ve la regularidad del hipoclorador durante un día de trabajo (de 7 a.m. a 5 p.m.).

Durante el mismo mes se determina la regularidad del hipoclorador en un mes de trabajo, realizando un muestreo diario, en el horario comprendido de 11:00 a 12:30 horas.

Por último se realizaron 4 muestreos para análisis bacteriológico de la fuente, donde se reflejó la calidad de agua al aplicar el hipoclorito de sodio por medio del hipoclorador, esta muestra debe cumplir con los límites mínimos máximos permisibles establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001.

5.1.6.2.1 Número de muestras

En el estudio se recolectó un número reducido de muestras que brindaron información confiable, esto ayudó a disminuir tiempo y costo en la elaboración del mismo.

Para determinar el número de muestras recolectadas en el muestreo, se realizó de acuerdo con el método 1060B indicado en Métodos Normalizados para el Análisis Potable de agua y Residual.

Se utilizaron las curvas de niveles de confianza establecidos a partir de la siguiente fórmula (Rice, et. al., 2002):

$$N \geq \frac{(ts)^2}{U}$$

Donde:

N= número de muestras

t = es la t de student para un nivel de confianza determinado

s= desviación estándar global

U= nivel de confianza aceptable

De estudios anteriores se tiene que la desviación estándar, s, puede ser 0.020 y el nivel de confianza variar entre un rango de 0.001 a 0.05. Utilizando para éste parámetro 0.02 tenemos que la relación s/U es igual a 1.

A partir de este resultado, se revisa la gráfica siguiente, para un nivel de confianza del 95% y se obtienen entre 7 y 8 muestras, por lo tanto se establece la toma de 8 muestras (Figura No. 45).

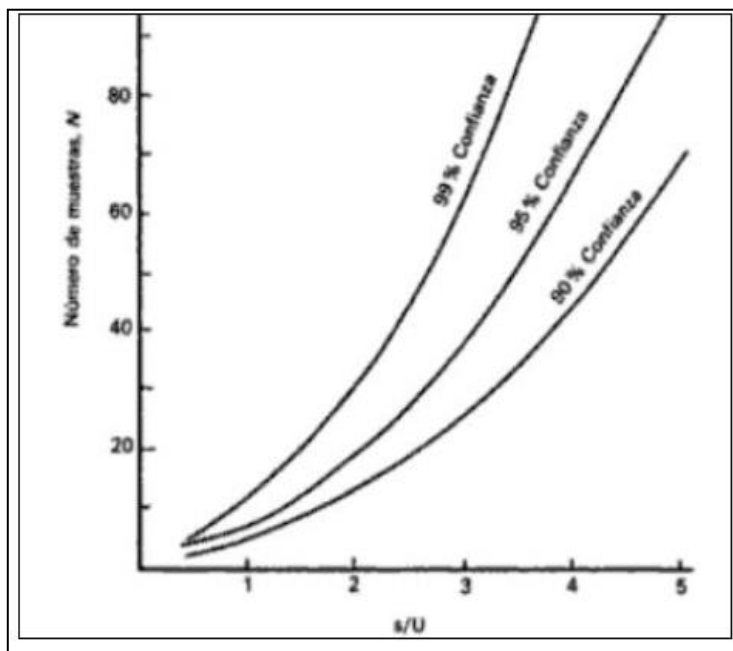


Figura No. 45. Concentración media (Rice, et. al., 2002)

5.1.6.3 Procedimiento

Dentro del procedimiento se incluyen pasos, instrumentos, reactivos, determinar que la fuente de agua tenga un punto fijo donde se pueda tomar la muestra, recurso humano capacitado para realizar el análisis in situ y si es necesario repetir el proceso.

5.1.6.3.1 Residualidad de cloro

- Preparación del equipo digital donde se determina in situ la residualidad.
- Se enjuagan los 2 tubos de vidrio en el agua objeto de análisis. (Figura No. 46).



Figura No. 46. Limpieza tubos de ensayo (Trabajo de campo, 2015)

- Se llena el tubo 1 con agua de la fuente para calibrar el aparato que mostrará los resultados (Figura No. 47).



Figura No. 47. Tubos de ensayo para el análisis (Trabajo de campo, 2015)

- Se calibra el equipo introduciendo el tubo cerrado y se activa la lectura No. 1 del aparato (Figura No. 48).



Figura No. 48. Calibración del equipo (Trabajo de campo, 2015)

- En el tubo 2 se agrega una cucharadita de reactivo, y se agita durante un minuto para mezclar bien (Figura No. 49).



Figura No. 49. Aplicación de reactivo y agitación (Trabajo de campo, 2015)

- El aparato digital solicita la introducción del segundo tubo para detectar el CLORO RESIDUAL en la fuente de agua.

Esta lectura indica si se encuentra dentro los límites permisibles y si cumple con la demanda de cloro (Figura No. 50).



Figura No. 50. Proceso de lectura, tubo No. 2 (Trabajo de campo, 2015)

5.1.6.3.2 Análisis bacteriológico

- Utilizar frascos de vidrio o plástico con tapa, proporcionados por un laboratorio.
- Lavar el frasco 3 veces con agua de la muestra.
- Colocar 100 ml de agua en el frasco y tapar inmediatamente.
- Colocar las muestras en contenedores de refrigeración a menos de 10°C.
- El tiempo de recolección de la muestra hasta el inicio del análisis no excede las 24 horas.

- Se llena una ficha para la identificación de la muestra:
 - Ubicación del lugar de muestreo
 - Fecha y hora
 - Tipo de muestra: simple
 - Persona encargada de tomar la muestra
 - Volumen de la muestra: 100 cm³ (Anexo No.1)

- Transporte, preservación y almacenamiento de las muestras

5.1.6.4 Método e instrumento

Observación y medición de calidad del agua, por medio de análisis in situ para cloro residual y análisis bacteriológico en laboratorio (Figuras No. 51 y No. 52).



Figura No. 51. Cloro residual in situ (Trabajo de campo, 2015)

5.2 Resultados

Los resultados del proceso se rigen por los procedimientos utilizados durante la metodología; eficiente uso de instrumentos, regularidad de horarios, garantizar que la muestra va en condiciones aptas para su estudio, utilizar estadística confiable.

5.2.1 Demanda de cloro

Esta evaluación es un dato necesario para determinar si los resultados de los análisis realizados son efectivos y si el proceso de cloración con hipoclorador cubre la demanda de cloro establecida. Este valor es variable por estar directamente relacionado con los factores: Calidad de agua, cantidad de personas a abastecer y caudal del pozo (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Resultados demanda de cloro

Prueba	Cl suministrado (ml/L)	Cl Residual Total (ml/L)	Demanda de Cloro (ml/L)
1	1.05	3.89	-2.84
2	1.4	3.3	-1.9
3	1.75	3.35	-1.6
4	2.1	4.04	-1.94
5	2.45	4.17	-1.72
6	2.79	4.4	-1.61
7	3.14	4.86	-1.72
8	3.48	2.73	0.75
9	3.83	11.16	-7.33
10	4.17	22.75	-18.58

Fuente: Trabajo de campo, 2015

5.2.2 Residualidad de cloro

5.2.2.1 Regularidad del hipoclorador mensual

En este proceso se determina que el hipoclorador después de un mes en evaluación es capaz de mantener la demanda de cloro presentando un promedio de **0.8045 ml/L**, verificando que cubre la demanda de cloro requerida y se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos para consumo humano, según la norma Coguanor NTG 29001.

5.2.2.2 Regularidad del hipoclorador diario

Durante estos 8 muestreos, donde se hicieron evaluaciones de residualidad durante 10 horas continuas (muestreos cada hora), se determinó que el funcionamiento del hipoclorador es eficiente y garantiza el abastecimiento correcto de cloro cubriendo la demanda requerida y cumpliendo los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma Coguanor 29001.

5.2.3 Análisis bacteriológico

La calidad de agua debe tener ciertos parámetros y cumplir las normas establecidas para consumo humano.

Los 4 análisis que se realizaron durante un mes de trabajo de campo, enviados a Laboratorio de Agua del Instituto de Fomento Municipal –INFOM-, dan como resultado que las muestras de agua CUMPLEN con las características microbiológicas según los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma Coguanor 29001 y corroboran la eficiencia del sistema de cloración por medio del hipoclorador utilizado durante la evaluación.

CAPÍTULO 6

6. VALORES OBTENIDOS

Cuadro No. 5. Valores obtenidos en 8 muestreos

MUESTREO No. 1		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,72
2	8:00	0,80
3	9:00	0,83
4	10:00	0,84
5	11:00	0,89
6	12:00	0,69
7	13:00	0,74
8	14:00	0,81
9	15:00	0,86

MUESTREO No. 2		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,70
2	8:00	0,79
3	9:00	0,82
4	10:00	0,82
5	11:00	0,85
6	12:00	0,72
7	13:00	0,70
8	14:00	0,82
9	15:00	0,84

MUESTREO No. 3		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,69
2	8:00	0,82
3	9:00	0,82
4	10:00	0,83
5	11:00	0,88
6	12:00	0,87
7	13:00	0,85
8	14:00	0,84
9	15:00	0,81

MUESTREO No. 4		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,73
2	8:00	0,80
3	9:00	0,80
4	10:00	0,82
5	11:00	0,75
6	12:00	0,73
7	13:00	0,80
8	14:00	0,82
9	15:00	0,82

MUESTREO No. 5		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,81
2	8:00	0,79
3	9:00	0,83
4	10:00	0,84
5	11:00	0,81
6	12:00	0,71
7	13:00	0,79
8	14:00	0,72
9	15:00	0,82

MUESTREO No. 6		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0,76
2	8:00	0,75
3	9:00	0,84
4	10:00	0,80
5	11:00	0,82
6	12:00	0,80
7	13:00	0,82
8	14:00	0,83
9	15:00	0,84

MUESTREO No. 7		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0.73
2	8:00	0.77
3	9:00	0.89
4	10:00	0.74
5	11:00	0.80
6	12:00	0.75
7	13:00	0.80
8	14:00	0.79
9	15:00	0.79

MUESTREO No. 8		
Muestreo	Hora	Residualidad de Cloro ml/L
1	7:00	0.73
2	8:00	0.73
3	9:00	0.72
4	10:00	0.72
5	11:00	0.72
6	12:00	0.97
7	13:00	0.70
8	14:00	0.77
9	15:00	0.80

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

La toma de decisiones y acciones se derivan del análisis de resultados; donde se unifican los datos obtenidos y se determina si fueron los deseados, cómo se puede efficientizar el proceso, realizar modificaciones para mejorar el funcionamiento del sistema.

6.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó estadística descriptiva de la distribución normal para todas las muestras, promedio geométrico, ponderado, mediana, moda y media.

Cuadro No. 6. Análisis Estadístico para todas las muestras

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Media aritmética	0.80	Media aritmética	0.78	Media aritmética	0.82
Promedio geométrico	0.01	Promedio geométrico	0.01	Promedio geométrico	0.02
Promedio ponderado	0.80	Promedio ponderado	0.78	Promedio ponderado	0.82
Mediana	0.81	Mediana	0.82	Mediana	0.83
Moda	No existe	Moda	0.82	Moda	0.82

Muestra 4		Muestra 5		Muestra 6	
Media aritmética	0.79	Media aritmética	0.79	Media aritmética	0.81
Promedio geométrico	0.01	Promedio geométrico	0.01	Promedio geométrico	0.02
Promedio ponderado	0.79	Promedio ponderado	0.79	Promedio ponderado	0.81
Mediana	0.80	Mediana	0.81	Mediana	0.82
Moda	0.82	Moda	0.79, 0.81	Moda	0.8, 0.82, 0.84

Muestra 7		Muestra 8	
Media aritmética	0.78	Media aritmética	0.76
Promedio geométrico	0.01	Promedio geométrico	0.01
Promedio ponderado	0.78	Promedio ponderado	0.76
Mediana	0.79	Mediana	0.73
Moda	0.79, 0.80	Moda	0.72

Fuente: Trabajo de campo, 2015

El análisis estadístico nos refleja la regularidad del funcionamiento del hipoclorador (Cuadro No. 5) e indica que los resultados se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables y los Límites Máximos Permisibles (Cuadro No. 7).

6.1.1 Análisis de resultados

Los datos obtenidos en muestreos y posterior ordenamiento presentan una regularidad en resultados donde la media es de 0.80 ml/L, cantidad que nos establece y garantiza la confiabilidad del uso de estos sistemas de desinfección, para dejar a un lado los sistemas antiguos donde se presentan problemas como exactitud y rapidez en el proceso.

Desde la toma de muestras realizada en el pozo “La Virgen” y basándose en la estadística realizada para la determinación del número de las mismas, hasta el análisis de datos; es realizado por el mismo investigador, lo que garantiza la confiabilidad de todo el proceso y el correcto uso de lineamientos establecidos.

Al inicio de la investigación se muestra una tendencia que el hipoclorador sería un instrumento útil dentro de la desinfección con hipoclorito de sodio, durante el proceso se dan resultados parciales, los cuales indican la misma regularidad y eficiencia de uso para facilitar la aplicación del cloro en una determinada fuente de agua. Los resultados finales muestran la importancia de los hipocloradores dentro de un sistema de desinfección masivo con fines de abastecer a grandes cantidades de personas y garantizar que el agua que están consumiendo se encuentra dentro de los Límites Máximos Aceptables y Límites Máximos Permisibles (Cuadro No. 7).

El antiguo sistema de cloración utilizado, donde se necesitaba de más control, mayor número de personal, análisis constante de calidad de agua, evaluaciones del funcionamiento del sistema completo que incluye procedimientos y equipo, debe ser sustituido por el uso de dosificadores, donde la exactitud de solución dosificadora y prolongada vida útil del equipo (brindándole su respectivo mantenimiento) están casi garantizadas, por el proceso transparente, completo y analítico utilizado para la obtención de los resultados documentados.

Las evaluaciones bacteriológicas indican la buena calidad de agua que abastece el Pozo “La Virgen” siendo parámetros finales muy importantes, indicando el buen funcionamiento del hipoclorador y comparándolos con lo establecido en la Norma Coguanor 29001 se define la eficiencia de estos equipos.

Al continuar con las evaluaciones y análisis sobre los temas de desinfección por medio de hipocloradores, se pueden obtener grandes avances basándose en los actuales resultados, implementar nuevas técnicas que vayan mejorando el funcionamiento de los hipocloradores y al mismo tiempo mejorando los sistemas completos de desinfección de agua potable.

Cuadro No. 7. Análisis de resultados. Límites Máximos Admisibles
y Límites Máximos Permisibles

Cloro Residual				
Muestra No.	Media	Mo	LMA (0,5 mg/L)	LMP (1,0 mg/L)
1	0,80	-	Cumple	Cumple
2	0,78	0,82	Cumple	Cumple
3	0,82	0,82	Cumple	Cumple
4	0,79	0,82	Cumple	Cumple
5	0,79	0,79-0,81	Cumple	Cumple
6	0,81	0,8-0,82-0,84	Cumple	Cumple
7	0,78	0,79-0,80	Cumple	Cumple
8	0,76	0,72	Cumple	Cumple

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

6.1.2 Análisis gráfico

Las gráficas en las evaluaciones diarias presentan variaciones donde las residualidades más altas se están entre las 12 de medio día y 4 de la tarde.

Esto se da principalmente por variaciones en calidad de agua y el caudal objeto de desinfección pero es un factor favorable, ya que nos indica la regularidad de residualidad de cloro durante el día y la constante desinfección del sistema.

La gráfica de evaluación mensual presenta la misma regularidad donde la media es de 0.8045, garantizando el sistema de desinfección por un mes y donde también influyen los factores de calidad de agua y caudal.

Este análisis se hace con un muestreo diario por 30 días y es necesario para determinar la regularidad del equipo durante un mes completo, esto se compara con el resultado de los 8 muestreos y presenta la misma tendencia de cantidad de cloro residual, nuevamente indicando los grandes beneficios de contar con hipocloradores en un proceso de desinfección.

6.1.2.1 Evaluación mensual

Realizado durante el mes de mayo del año 2015, en horarios comprendidos entre 1:30 y 13:30 horas, debido a disponibilidad de personal y acceso al punto de muestreo (Figura No. 52).

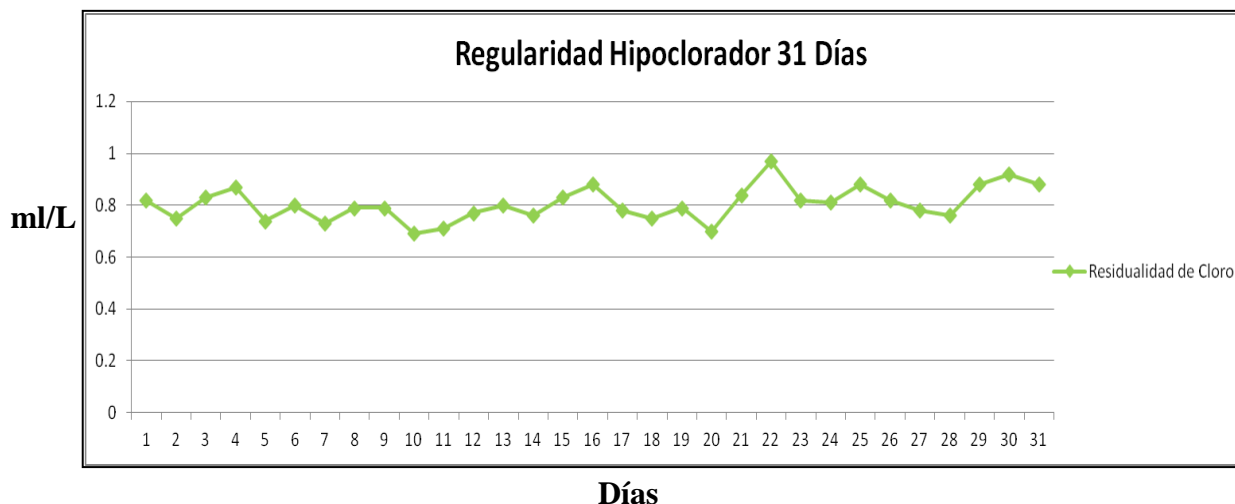


Figura No. 52. Regularidad del Hipoclorador un mes (Trabajo de campo, 2015)

6.1.2.2 Evaluaciones diarias

Realizados durante el mes de mayo del año 2015, dos muestreos semanales donde se llevaron a cabo 10 pruebas en cada uno de ellos de 7:00 a 16:00 horas designando al personal capacitado para dichas pruebas y participación y supervisión constante del investigador para garantizar resultados (Figuras No. 53 a No. 60).

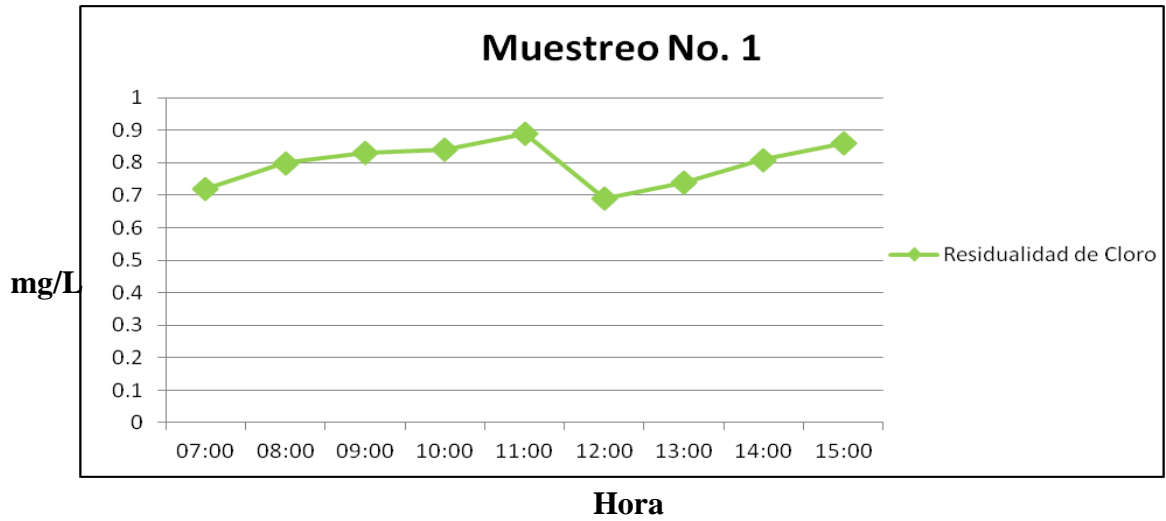


Figura No. 53. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 1 (Trabajo de campo, 2015)

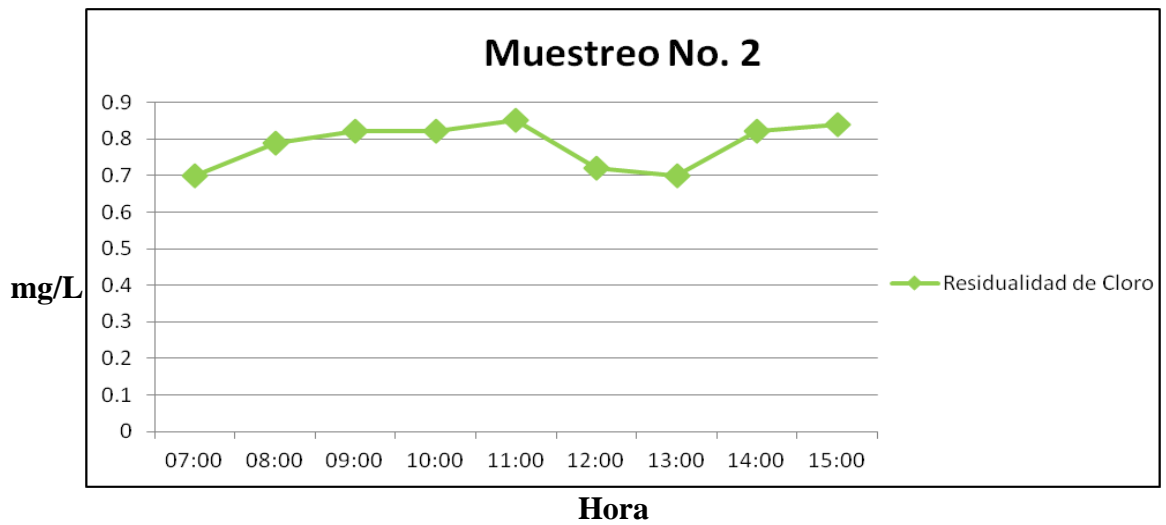


Figura No. 54. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 2 (Trabajo de campo, 2015)

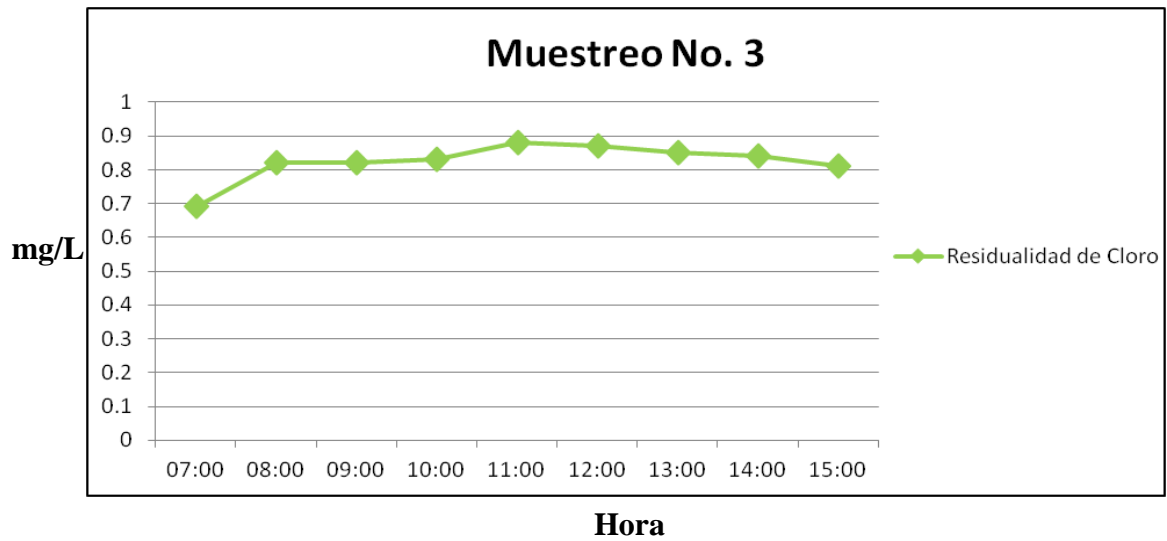


Figura No. 55. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 3 (Trabajo de campo, 2015)

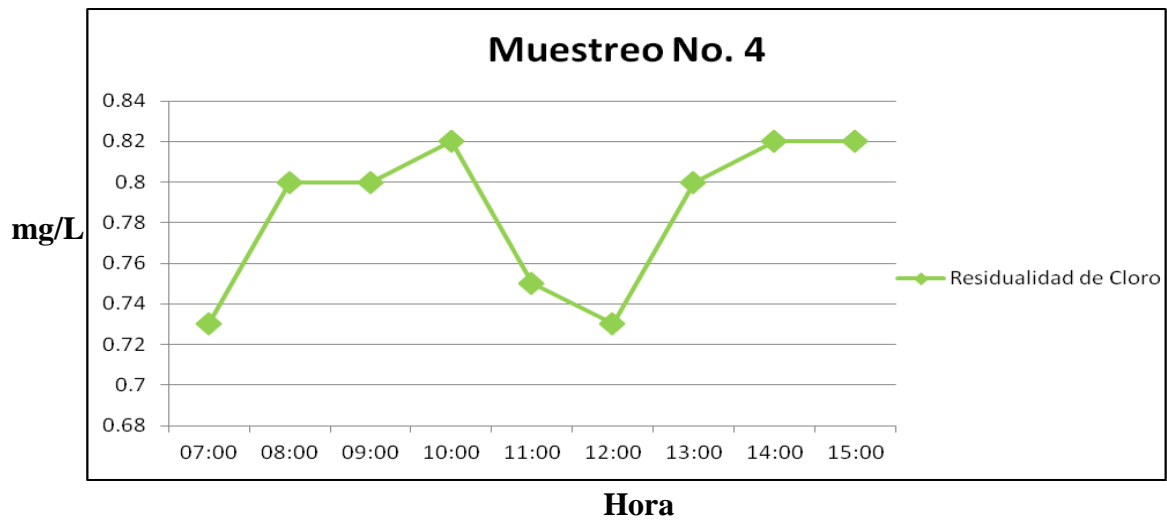


Figura No. 56. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 4 (Trabajo de campo, 2015)

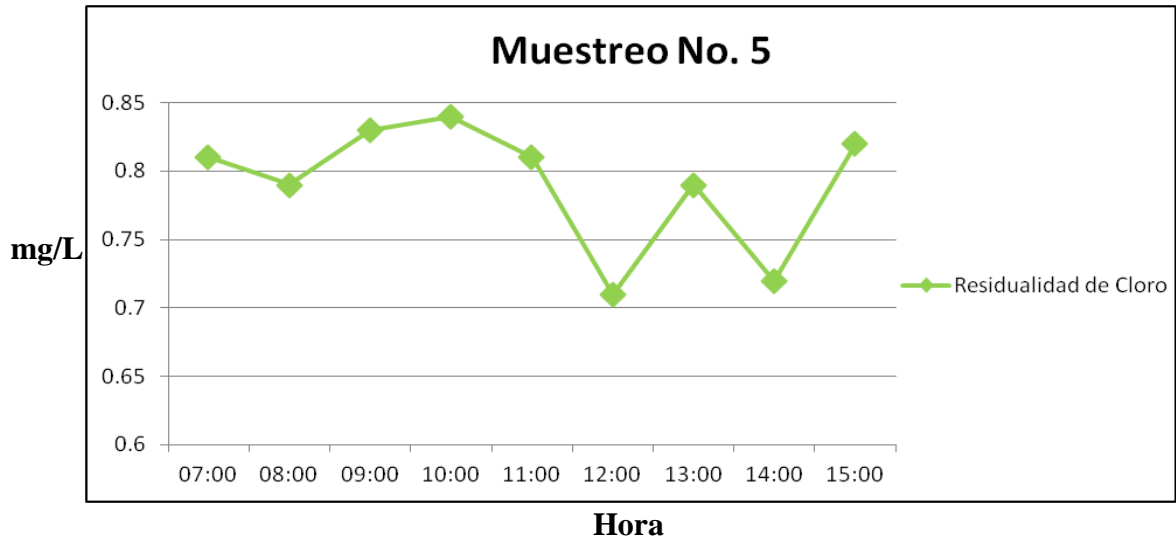


Figura No. 57. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 5 (Trabajo de campo, 2015)

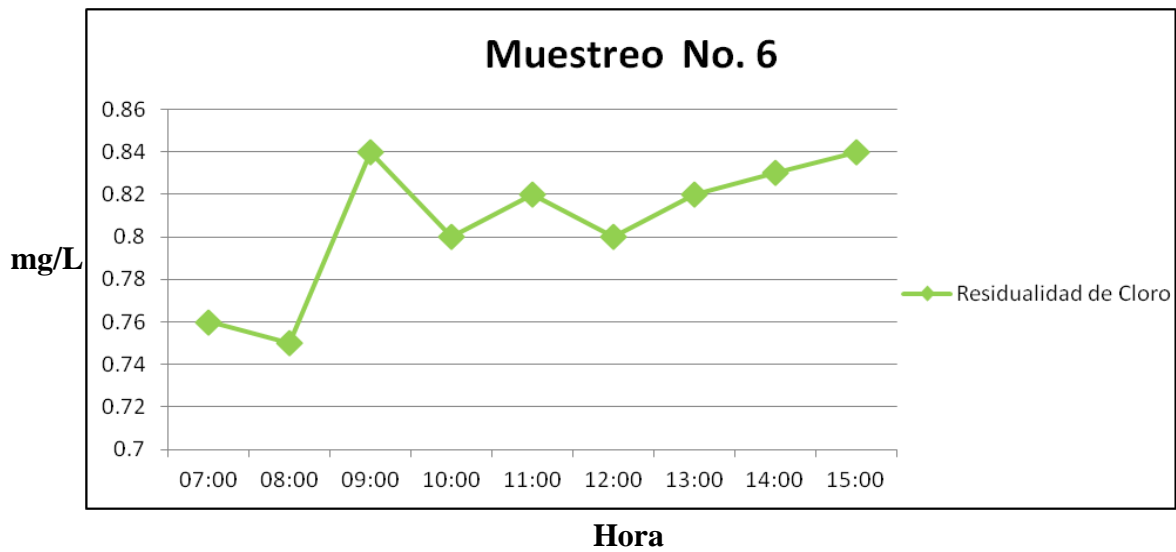


Figura No. 58. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 6 (Trabajo de campo, 2015)

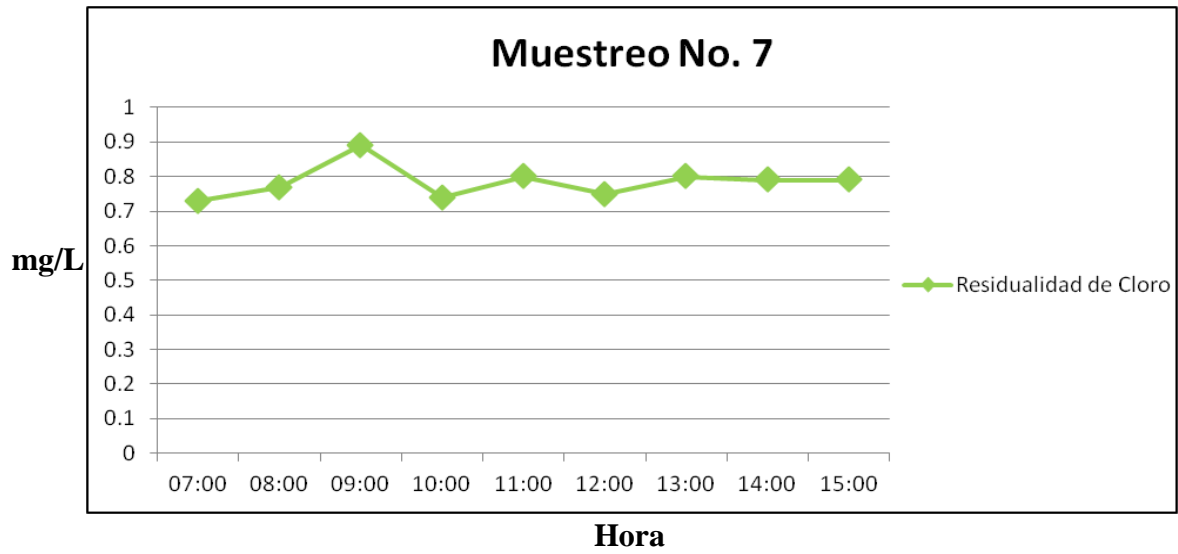


Figura No. 59. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 7 (Trabajo de campo, 2015)

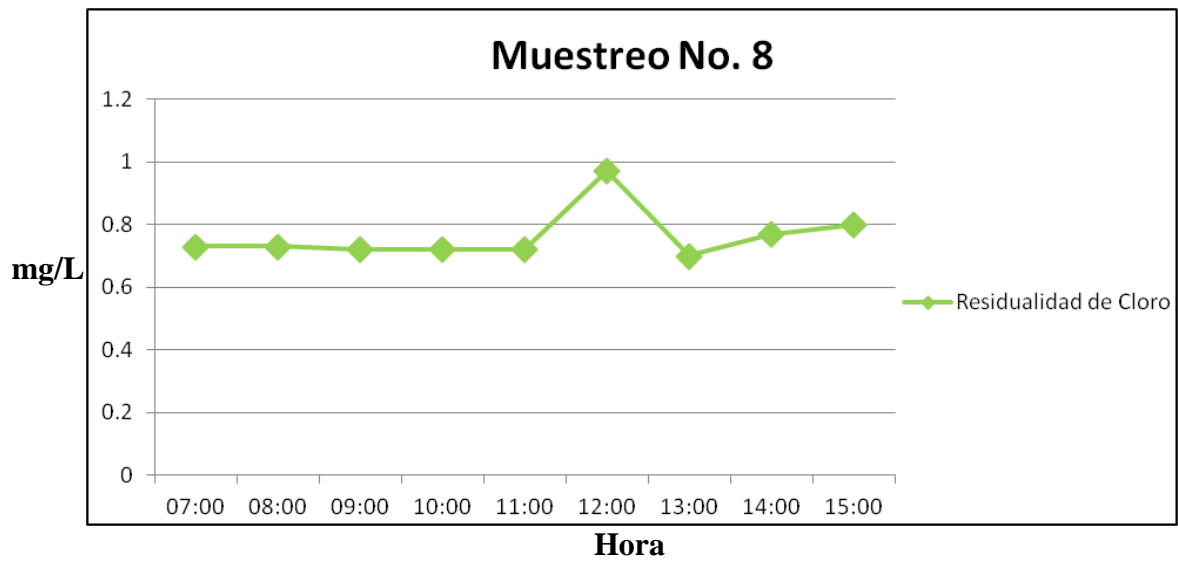


Figura No. 60. Regularidad del Hipoclorador Muestreo 8 (Trabajo de campo, 2015)

6.2 Confiabilidad y validez del instrumento de medición

Los métodos e instrumentos utilizados en la medición de residualidad de cloro, al tratarse de equipo utilizado in situ, marcas reconocidas y tomando en cuenta la regularidad de los resultados, se define como instrumento confiable garantizando los resultados que presentan en cada evaluación.

6.3 Limitantes

En las evaluaciones y análisis llevadas a cabo, la mayoría de veces presentarán limitantes como el tiempo de vida útil y la disponibilidad del hipoclorador en el mercado, debido a que esta empresa es la encargada de la importación del producto.

6.3.1 Tiempo de evaluación

El período de tiempo total donde se llevaron a cabo muestreos in situ, muestreos de laboratorio, análisis bacteriológicos e imágenes para documentar la investigación fue de un mes y medio, ya que dentro de esta evaluación se garantiza el sistema de desinfección por medio de hipocloradores durante un tiempo de aproximadamente 45 días seguidos.

7. CONCLUSIONES

1. Al determinar que el cloro es el principal desinfectante en sistemas de abastecimiento de agua, los estudios son enfocados a mejorar procesos basándose en este concepto.
2. El hipoclorito de sodio es la presentación más eficiente para introducirlo al sistema de desinfección, debido a sus características y principalmente su residualidad, garantizando desinfección constante de tuberías y buena calidad del agua.
3. La automatización del equipo y capacitación del personal, permite que se realice una dosificación adecuada para cumplir los parámetros establecidos.
4. Durante un mes de evaluación, haciendo análisis y muestreos diarios, semanales y mensuales; se determina el buen funcionamiento del dispositivo en el proceso de potabilización de agua. El 100% de los datos que se obtuvieron mostraron la efectividad y regularidad del hipoclorador.
5. Durante el proceso de evaluación del hipoclorador no se presentaron problemas de funcionamiento del equipo, sin embargo, este manual incluye el proceso paso a paso para las reparaciones y eliminar las posibles causas del daño.
6. Se verificó en los muestreos que la calidad de agua en cuanto a la residualidad del cloro está dentro de los límites establecidos por la norma Coguanor NGT 29001, que rige los niveles físico-químicos y bacteriológicos aptos para consumo humano.

8. RECOMENDACIONES

1. Evitar que el hipoclorito de sodio y el hipoclorador se instalen en lugares húmedos y de difícil acceso, debido a que se requiere de alta manipulación, tanto de la solución dosificadora como del operador (dosificador) con fines de trabajo o de evaluaciones de eficiencia.
2. Empresas, industrias, instituciones gubernamentales y otros entes encargados de proveer el servicio de agua potable de manera masiva, deben asegurar el buen funcionamiento de su sistema de desinfección por medio de hipocloradores, los cuales son eficientes, manejables y ajustables a las necesidades que se presenten durante el proceso.
3. Mejorar e implementar metodologías en los procesos de desinfección teniendo como base el hipoclorito de sodio, ya que se ha establecido que es la forma más fácil de potabilización del vital líquido.
4. Para la correcta dosificación del cloro se debe analizar las características físico-químicas y bacteriológicas del agua por un laboratorio certificado para luego deducir la cantidad de cloro demandada.
5. Brindar capacitaciones del uso correcto de los hipocloradores a los operadores, garantizando la correcta dosificación de cloro de acuerdo a lo requerido por la fuente de agua.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Academia Nacional de Ciencias, y Global Health and Education Foundation. (2007). El agua potable segura es esencial. Buenos Aires: Autor.
2. Aguamarket. (2000). Productos y servicios para la industria del agua iberoamericana [en línea]. Recuperado enero 10, 2016, de <http://www.aguamarket.com>
3. Álvarez Peralta, E. (2002). Agua y saneamiento: Opciones prácticas para vivir mejor. Colombia: OPS, y Organización Mundial de la Salud [OMS].
4. Comisión Guatemalteca de Normas [COGUANOR]. (2005). Norma Coguanor NTG 29001: Ley del Sistema Nacional de la Calidad. Guatemala: Autor.
5. Delgadillo, A., y Ramírez, O. G. (2005). Aqua purificación systems. México: Grupo Adriaga.
6. Herrick, J. (2005). Cómo limpiar tu narguile [en línea]. Recuperado enero 10, 2016, de <http://es.wikihow.com/limpiar-tu-narguile>
7. Morales Martínez, N. (2012). Antecedentes sobre el cloro y su aplicación en ingeniería ambiental [en línea]. Tesis Ingeniera Química. México: Universidad de Sonora. Recuperado enero 10, 2016, de <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=23129>
8. Navarro, E. (1999a). Guía para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural. Bolivia: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD].
9. Navarro, E. (1999b). Metodologías y tecnologías apropiadas, en proyectos de saneamiento básico rural: Compendio de experiencias y evaluaciones de proyectos en Bolivia, Ecuador y Perú. Bolivia: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD].
10. Organización Panamericana de la Salud [OPS], y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación [COSUDE]. (2007). Guía para la instalación de sistemas de desinfección. Lima: Autor.
11. Químicas Urbanejas [QUIMIUR]. (2007). Parlamento Europeo y del Consejo [REACH]. España: Quimiur.

12. Rice, E., Barid, W., Rodger, B., Eaton, A., Clesceri, D., y Lenore, S. (2002). Standard methods for the examination of water and wastewater. [22nd ed.]. United States: American Public Health Association.
13. Sajcabun Mux, J. M. (2006). Ampliación del sistema de agua potable del municipio de Santo Domingo Xenacoj, departamento de Sacatepéquez. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
14. Solsona, F. (1983). Investigación sobre desinfección de agua para abastecimientos rurales en Argentina: Investigación sobre desinfección de agua en abastecimientos rurales. Argentina: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS].
15. Spartan Environment Technologies (2006). Comparative evaluations of GAC filtration, UV-peroxide oxidation and ozonation for enhanced removal of taste-and-odor compounds. United States: NJ Corporation for Advanced Technology.
16. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], y Agencia Alemana de Cooperación Técnica [GTZ]. (2003). Control de la calidad del agua: Curso nacional de entrenamiento en control de calidad de agua en sistemas de agua potable. Perú: Autor.

10.ANEXO


INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL
LABORATORIO DE AGUA
 IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA DE AGUA

Laboratorio de Agua
del área de desarrollo de zonas

1 DATOS DE LA MUESTRA:
 Identidad _____
 Punto de muestreo _____
 Fuente _____
 Municipio _____
 Departamento _____

2 DATOS DE LA CAPTACIÓN:
 Responsable _____
 Fecha _____ Hora _____

No. de muestra _____
 (Para uso del laboratorio)

Anexo No. 1. Etiqueta de muestra (Trabajo de campo, 2015)



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-
LABORATORIO DE AGUA**

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala
Teléfono/fax: 2472-3499
laboratorio@infom.gt www.infom.gob.gt



**INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA
MUESTRA No. 1315-15**

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA ⁽¹⁾

Interesado: MUNICIPALIDAD DE MIXCO	Ciclo residual in situ (mg/l): 0.72
Punto de muestreo: Grifo después de la Cloración	pH in situ (unidades): 6.9
Fuente: Pozo # 5 La Virgen zona 1 Mixco	Temperatura in situ (° C): 23
Municipio: Mixco	Técnica de preservación: Refrigeración
Departamento: Guatemala	Fecha de recepción: 22-Mayo-2015
Fecha de captación: 22-Mayo-2015	Hora de recepción: 11:30
Hora de captación: 10:00	
Responsable de captación: Diana Crespo (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)	

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

RESULTADOS

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	LMP ⁽²⁾	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliforme Total	No Detectable en 100 mL de agua	No Detectado	NMP/100 mL ⁽³⁾
2	<i>Escherichia coli</i>	No Detectable en 100 mL de agua	No Detectado	NMP/100 mL ⁽³⁾

(2) Límite máximo permisible
(3) Número más probable en 100 mL de muestra

CONCLUSION

- De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de agua **CUMPLE** con las características microbiológicas según los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma COGUANOR NTG 20001, "Agua para consumo humano, Especificaciones".

OBSERVACIONES

- Los límites máximos permisibles de las características microbiológicas corresponden a los establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo humano, Especificaciones) COGUANOR NTG 20001 (Acuerdo Gubernativo 83-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013, numeral 6.1. Los parámetros microbiológicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.3 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.
- El examen de grupo Coliforme Total y *Escherichia coli* se realizó a través de la Prueba de Sustrato Enzimático en tubos múltiples, según lo establece la Norma Guatemalteca COGUANOR NTG 20015 (21, en el numeral 7.1. (aprobada por Acuerdo Gubernativo 510-2005, publicado en el Diario de Centroamérica el 19 de octubre de 2005). El límite de detección para esta prueba utilizando cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1.0 mL y cinco porciones de 0.1 mL es NMP/100 mL <2.



William Estrada Vargas
William Estrada Vargas
Químico Biólogo, Colegiado 2241
Supervisor Microbiológico



Jorge Mario Estrada Asturias
Jorge Mario Estrada Asturias
Ingeniero Químico, Colegiado 685
Director del Laboratorio



INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM- LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala
Teléfono/fax: 2472-3499
laboratorio@infom.gt www.infom.gob.gt



INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA MUESTRA No. 1288-15

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA ⁽¹⁾

Interesado:	MUNICIPALIDAD DE MIXCO	
Punto de muestreo:	Grifo de agua después de sistema de Cloración	Cbro residual in situ (mg/L): 0.9
Fuente:	Pozo # 5 La Virgen zona 1 Mixco	pH in situ (unidades): 6.9
Municipio:	Mixco	Temperatura in situ (°C): 24
Departamento:	Guatemala	Técnica de preservación: Refrigeración
Fecha de captación:	19-Mayo-2015	Fecha de recepción: 19-Mayo-2015
Hora de captación:	09:35	Hora de recepción: 09:40
Responsable de captación:	Diana Crespo (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)	

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

RESULTADOS

ITEM	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	LMP ⁽²⁾	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliformo Total	No Detectable en 100 mL de agua	No Detectado	NMP/100 mL ⁽³⁾
2	<i>Escherichia coli</i>	No Detectable en 100 mL de agua	No Detectado	NMP/100 mL ⁽³⁾

⁽²⁾ Límite máximo permisible
⁽³⁾ Número más probable en 100 mL de muestra

CONCLUSION

- De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de agua **CUMPLE** con las características microbiológicas según los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma COGUANOR NTG 29001. "Agua para consumo humano. Especificaciones"

OBSERVACIONES

- Los límites máximos permisibles de las características microbiológicas corresponden a los establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo humano. Especificaciones) COGUANOR NTG 29001 (Acuerdo Gubernativo 83-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013, numeral 6.1. Los parámetros microbiológicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.
- El examen del grupo Coliformo Total y *Escherichia coli* se realizó a través de la Prueba de Sustrato Enzimático en tubos múltiples, según lo establece la Norma Guatemalteca COGUANOR NCO 29018 h21, en el numeral 7.1. (aprobada por Acuerdo Gubernativo 510 2005, publicado en el Diario de Centroamérica el 19 de octubre de 2005). El límite de detección para esta prueba utilizando cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1.0 mL y cinco porciones de 0.1 mL es NMP/100 mL <2.



William Estrada Vargas
William Estrada Vargas
Químico Biólogo, Colegiado 2241
Supervisor Microbiológico



Jorge Mario Estrada Asturias
Jorge Mario Estrada Asturias
Ingeniero Químico, Colegiado 685
Director del Laboratorio