



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA CANTIDAD DE CLORO  
ANTES Y DESPUÉS DE LA CISTERNA EN 5 SECTORES DE  
LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**

**AUTOR:**

**Soria Sánchez, Oliver André**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Msc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**16 de marzo del 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Soria Sánchez, Oliver André**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### **TUTORA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Msc.**

### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Msc.**

**Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Soria Sánchez, Oliver André**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, “**ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA CANTIDAD DE CLORO ANTES Y DESPUÉS DE LA CISTERNA EN 5 SECTORES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018**

### **EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Soria Sánchez, Oliver André**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Soria Sánchez, Oliver André**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA CANTIDAD DE CLORO ANTES Y DESPUÉS DE LA CISTERNA EN 5 SECTORES DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 16 días del mes de marzo del año 2018**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Soria Sánchez, Oliver André**

## REPORTE DE URKUND



### Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Trabajo de Titulación - Oliver André Soria Sánchez.pdf  
(D35882185)  
**Submitted:** 2/24/2018 1:41:00 AM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 6 %

#### Sources included in the report:

tesis -AGUAS- final.doc (D15931432)  
Tesis agua, ultima versión.doc (D16082440)  
PAUL MONROY MACIAS.pdf (D17584820)  
TESIS\_- Mariela\_Díaz (2).doc (D12059737)  
TESIS ANDREA MATOS.docx (D11732398)  
<http://disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>  
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070409042020AALmyhq>  
<http://www.digitalmedia.com.ec/induquim/Determinacion%20de%20Cloro%20Total,%20Combinado%20y%20Residual.pdf>  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand13.pdf>  
<http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-1199-Desinfeccion-agua-cloro-cloramias.aspx>  
<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/faq.html>  
[http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_Agua/pdf/spa/doc14587/doc14587-c.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14587/doc14587-c.pdf)  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/50540/1/manualdeanalisdeaguas.pdf>  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>  
<http://www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=1737>  
<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/CLORACION.pdf>  
<http://bibliotecadelagua.sirh.gob.bo/docs/pdf/185.pdf>

#### Instances where selected sources appear:

30

---

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por haberme guiado durante todo este camino de carrera universitaria, por siempre darme las fuerzas necesarias para seguir en los momentos más difíciles y ayudarme a culminar con éxitos este título.

A mi padre, Guillermo Soria, mi inspiración para ejercer esta carrera de Ingeniería Civil, gracias por no rendirte y apoyarme siempre en todo.

A mi madre, Azucena Sánchez, por todo el esfuerzo, amor y dedicación que me has dado durante todo este tiempo, eres mi ejemplo a seguir.

A mi hermano, Joshua Soria, por estar siempre alentándome y dándome consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis tías Margarita y Lupe, por apoyarme en mis estudios y darme esta oportunidad.

A mi novia y compañera de carrera, Liz Santacruz, por acompañarme en toda esta etapa universitaria, por todas esas horas de estudio y desvelo en el que me impulsabas a ser mejor cada día, por darme todo tu amor y ayudarme a culminar esta meta.

A mis otros hermanos, Luis Pendola, Adrian Maldonado, Christian Arevalo, Cesar Lindao y Luigi Saporiti, por apoyarme siempre en todo momento, desde las mediciones de esta investigación o hasta simplemente en escucharme y darme algún consejo. Saben que cuentan conmigo para siempre.

A mi tutora Ing. Clara Glas por dedicar su tiempo y experiencia para el desarrollo de este trabajo de titulación.

**Oliver André, Soria Sánchez**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi familia y a mi novia quienes me impulsaron a seguir cada día en mis estudios universitarios, y me brindaron todo su apoyo para culminar esta etapa en mi vida

**Oliver André, Soria Sánchez**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Msc.**  
TUTORA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Ms.C.**  
DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Vasconez Gavilanez, José Ernesto, Ms.C.**  
DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Cabrera Santos, Miguel Octavio M.S.c**  
OPONENTE





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERA CIVIL**

**CALIFICACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Msc.**

TUTORA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Cabrera Santos, Miguel Octavio M.S.c.**

OPONENTE

# ÍNDICE GENERAL

<b>Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo I .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Generalidades .....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes .....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo General .....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Alcance .....	4
<b>Capítulo II.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>5</b>
2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	5
2.2. Partes de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable .....	5
2.3. Potabilización del Agua .....	8
2.3.1. Coagulación - floculación .....	8
2.3.2. Sedimentación .....	9
2.3.3. Filtración .....	9
2.3.4. Desinfección .....	10
2.4. Métodos de determinación del cloro residual .....	15
2.4.1. Método O-tolidina.....	16
2.4.2. Método Yodométrico .....	16
2.4.3. Electrodo amperométrico .....	17
2.4.4. Método Colorimétrico (DPD) .....	17

2.5.	Límites permitidos de Cloro Residual.....	18
2.6.	Presión de Agua.....	21
2.6.1.	Límite de Presión mínima del agua.....	22
2.7.	Agua Potable.....	22
2.7.1.	Muestreo del Agua.....	22
<b>Capítulo III.....</b>		<b>26</b>
<b>3. Metodología.....</b>		<b>26</b>
3.1.	Tipo de investigación.....	26
3.1.1.	Cualitativo .....	26
3.1.2.	Cuantitativo .....	27
3.1.3.	De campo.....	27
3.2.	Proceso de recolección de muestras .....	28
3.2.1.	Instrumentos utilizados para la recolección de muestras.....	28
3.3.	Ensayo .....	29
<b>Capítulo IV .....</b>		<b>31</b>
<b>4. Análisis de resultados.....</b>		<b>31</b>
4.1.	La Saiba .....	31
4.2.	Las Acacias .....	35
4.3.	Condominio Los Jardines.....	39
4.4.	La Primavera .....	42
4.5.	La Atarazana .....	46
4.6.	Resultados de las encuestas .....	50
<b>Capítulo V .....</b>		<b>55</b>

<b>5. Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>55</b>
5.1. Conclusiones.....	55
5.2. Recomendaciones.....	56
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 1: Norma INEN 1108 .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICOS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 3: FORMATO DE ENCUESTAS .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Evolución de la cantidad de cloro residual en función de la cantidad de cloro introducido. ....	15
<b>Ilustración 2.</b> Pocket Colorimeter II. ....	18
<b>Ilustración 3.</b> Disminución del cloro en el agua en un recipiente y en una red de distribución. ....	20
<b>Ilustración 4.</b> Tabla 1 Características físicas, sustancias inorgánicas. Agua potable Requisitos. ....	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Cuadro de resultados del ensayo del método DPD del sector La Saiba.....	31
<b>Gráfico 2.</b> Resultados de la pregunta 6. Sector La Saiba. ....	32
<b>Gráfico 3.</b> Resultados de la pregunta 7. Sector La Saiba. ....	32
<b>Gráfico 4.</b> Resultado de la pregunta 9. Sector La Saiba. ....	33
<b>Gráfico 5.</b> Resultados de la pregunta 10. Sector La Saiba. ....	33
<b>Gráfico 6.</b> Consumo de Cloro Libre Residual. Sector al Saiba, .....	34
<b>Gráfico 7.</b> Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD. Sector Las Acacias. ....	35
<b>Gráfico 8.</b> Resultados de la pregunta 6. Sector Las Acacias. ....	36
<b>Gráfico 9.</b> Resultados de la pregunta 7. Sector Las Acacias. ....	36
<b>Gráfico 10.</b> Resultados de la pregunta 9. Sector Las Acacias. ....	37
<b>Gráfico 11.</b> Resultados de la pregunta 10. Sector Las Acacias. ....	37
<b>Gráfico 12.</b> Consumo del Cloro Libre Residual del sector Las Acacias. ....	38
<b>Gráfico 13.</b> Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del Condominio Los Jardines. ....	39
<b>Gráfico 14.</b> Resultados de la pregunta 6. Condominio Los Jardines. ....	40
<b>Gráfico 15.</b> Resultados de la pregunta 7. Condominio Los Jardines.....	40
<b>Gráfico 16.</b> Resultados de la pregunta 9. Condominio Los Jardines. ....	41
<b>Gráfico 17.</b> Resultados de la pregunta 10. Condominio Los Jardines. ....	41
<b>Gráfico 18.</b> Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del sector La Primavera.....	42
<b>Gráfico 19.</b> Resultados de la pregunta 6. Sector La Primavera. ....	43

<b>Gráfico 20.</b> Resultados de la pregunta 7. Sector La Primavera. ....	43
<b>Gráfico 21.</b> Resultados de la pregunta 9. Sector La Primavera. ....	44
<b>Gráfico 22.</b> Resultados de la pregunta 10. Sector La Primavera. ....	44
<b>Gráfico 23.</b> Consumo del Cloro Libre Residual del sector La Primavera. ...	45
<b>Gráfico 24.</b> Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del sector La Atarazana .....	46
<b>Gráfico 25.</b> Resultados de la pregunta 6. Sector La Atarazana. ....	47
<b>Gráfico 26.</b> Resultados de la pregunta 7. Sector La Atarazana. ....	47
<b>Gráfico 27.</b> Resultados de la pregunta 9. Sector La Atarazana. ....	48
<b>Gráfico 28.</b> Resultados de la pregunta 10. Sector La Atarazana. ....	48
<b>Gráfico 29.</b> Consumo del Cloro Libre Residual del sector La Atarazana. ....	49
<b>Gráfico 30.</b> Resultados de la pregunta 1.....	50
<b>Gráfico 31.</b> Resultados de la pregunta 2.....	51
<b>Gráfico 32.</b> Resultados de la pregunta 3.....	51
<b>Gráfico 33.</b> Resultados de la pregunta 4.....	52
<b>Gráfico 34.</b> Resultados de la pregunta 5.....	52
<b>Gráfico 35.</b> Resultados de la pregunta 8.....	53
<b>Gráfico 36.</b> Resultados de la pregunta 11.....	53
<b>Gráfico 37.</b> Resultados de la pregunta 12.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Registro Histórico de la cantidad de cloro año 2017 de la ciudad de Guayaquil. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Lugares seleccionados para la investigación de campo. ....	27
<b>Tabla 3.</b> Etapas de recolección de muestras. ....	28
<b>Tabla 4.</b> Instrumento para la recolección de muestra. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Límites del Cloro Libre residual. ....	30



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Cantidad de Cloro antes de la cisterna del Bloque C7.....	61
<b>Fotografía 2.</b> Grifo de jardín del Bloque C7.....	61
<b>Fotografía 3.</b> Estado de la Cisterna del Bloque C7. ....	61
<b>Fotografía 4.</b> Bomba del Bloque C7.....	61
<b>Fotografía 5.</b> Cantidad de Cloro del Bloque C7, después de la Cisterna. ....	62
<b>Fotografía 6.</b> Grifo de jardín del Bloque F3.....	62
<b>Fotografía 7.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque F3.....	62
<b>Fotografía 8.</b> Toma de muestras del Bloque F2.....	62
<b>Fotografía 9.</b> Diluyendo el reactivo DPD en la muestra del Bloque F2.....	62
<b>Fotografía 10.</b> Coloración del agua al reactivo DPD. ....	62
<b>Fotografía 11.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque C4.....	63
<b>Fotografía 12.</b> Cantidad de Cloro antes de la Cisterna del Bloque D1. ....	63
<b>Fotografía 13.</b> Llave de jardín del Colegio Francisco de Orellana.....	63
<b>Fotografía 14.</b> Cantidad de Cloro antes de la Cisterna del Colegio Francisco de Orellana.....	63
<b>Fotografía 15.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna Colegio Francisco de Orellana.....	63
<b>Fotografía 16.</b> Cisterna del Bloque A5. ....	63
<b>Fotografía 17.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque A5.....	64
<b>Fotografía 18.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque A5.....	64
<b>Fotografía 19.</b> Cisterna del Parque de las Acacias. ....	64
<b>Fotografía 20.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del parque de las Acacias.....	64

<b>Fotografía 21.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna del parque de las Acacias.....	64
<b>Fotografía 22.</b> Bloques de las Acacias.....	64
<b>Fotografía 23.</b> Llave de jardín del Bloque C6.....	65
<b>Fotografía 24.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C6. ....	65
<b>Fotografía 25.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque C6.....	65
<b>Fotografía 26.</b> Cisterna del Bloque S1.....	65
<b>Fotografía 27.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque S1.....	65
<b>Fotografía 28.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque S1. ....	65
<b>Fotografía 29.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C1. ....	66
<b>Fotografía 30.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C1. ....	66
<b>Fotografía 31.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C4. ....	66
<b>Fotografía 32.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C4. ....	66
<b>Fotografía 33.</b> Bloque 3 del sector La Primavera.....	67
<b>Fotografía 34.</b> Llave de jardín del Bloque 3. ....	67
<b>Fotografía 35.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.....	67
<b>Fotografía 36.</b> Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque 3.....	67
<b>Fotografía 37.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la cisterna del Bloque 1.....	67
<b>Fotografía 38.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 1.....	67
<b>Fotografía 39.</b> Bloque 2 del sector La Primavera.....	68
<b>Fotografía 40.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 2.....	68
<b>Fotografía 41.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.....	68
<b>Fotografía 42.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C3.....	68
<b>Fotografía 43.</b> Medición realizada en la Unidad Educativa Sagrada Familia.....	68

<b>Fotografía 44.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Unidad Educativa Sagrada Familia.....	68
<b>Fotografía 45.</b> Medición realizada en la Escuela Fiscal Mixta Ana Villamil Icaza. ...	69
<b>Fotografía 46.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Escuela Fiscal Mixta Ana Villamil Icaza.....	69
<b>Fotografía 47.</b> Medición realizada en la Unidad Educativa Particular Guillermo Rohde Arosemena.....	69
<b>Fotografía 48.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Unidad Educativa Guillermo Rohde Arosemena.....	69
<b>Fotografía 49.</b> Medición realizada en el Colegio Fiscal " José Alfredo Llerena" ...	69
<b>Fotografía 50.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Colegio Fiscal " José Alfredo Llerena" .....	69
<b>Fotografía 51.</b> Bloque 2 del Condominio Los Jardines.....	70
<b>Fotografía 52.</b> Llave de jardín del Bloque 2. ....	70
<b>Fotografía 53.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 2.....	70
<b>Fotografía 54.</b> Bloque 3 del Condominio Los Jardines.....	70
<b>Fotografía 55.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.....	70
<b>Fotografía 56.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al del Bloque 3.....	70
<b>Fotografía 57.</b> Bloque 8 del Condominio Los Jardines.....	71
<b>Fotografía 58.</b> Llave de jardín del Bloque 8. ....	71
<b>Fotografía 59.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 8.....	71
<b>Fotografía 60.</b> Bloque 6 del Condominio los Jardines.....	71
<b>Fotografía 61.</b> Llave de jardín del Bloque 6. ....	71
<b>Fotografía 62.</b> Cisterna del Bloque 6. ....	71
<b>Fotografía 63.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna Bloque 6.....	72
<b>Fotografía 64.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 6.....	72

<b>Fotografía 65.</b> Bloque 5 del Condominio Los Jardines.....	72
<b>Fotografía 66.</b> Llave de jardín del Bloque 5. ....	72
<b>Fotografía 67.</b> Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 5.....	72
<b>Fotografía 68.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 5.....	72
<b>Fotografía 69.</b> Medición realizada en la Escuela Fiscal N 70 Presidente Velasco Ibarra.....	73
<b>Fotografía 70.</b> Lugar de toma dentro de la Escuela Fiscal N 70 Presidente Velasco Ibarra.....	73
<b>Fotografía 71.</b> Cantidad de Cloro que llega a la Cisterna de la Escuela Fiscal N 70 Presidente Velasco Ibarra.....	73
<b>Fotografía 72.</b> Cantidad de Cloro que llega a la Escuela Fiscal N 70 Presidente Velasco Ibarra .....	73
<b>Fotografía 73.</b> Llave de jardín del Bloque B4-A .....	73
<b>Fotografía 74.</b> Cisterna del Bloque 4-A.....	73
<b>Fotografía 75.</b> Medición realizada en la Unidad Educativa José Joaquín Pino Ycaza .....	74
<b>Fotografía 76.</b> Cantidad que ingresa a la Cisterna de la Unidad Educativa José Joaquín Pino Ycaza.....	74
<b>Fotografía 77.</b> Cantidad que ingresa a la Unidad Educativa José Joaquín Pino Ycaza .....	74
<b>Fotografía 78.</b> Medición realizada en el Colegio Fiscal Dr. Francisco Campos Coello .....	74
<b>Fotografía 79.</b> Cantidad de Cloro que ingresa al Colegio Fiscal Dr. Francisco Campos Coello .....	74

## **RESUMEN**

En el siguiente trabajo de titulación se presenta un análisis cuantitativo de cloro, realizado en 5 sectores de la ciudad de Guayaquil, con el objetivo principal de determinar si el uso de la cisterna afecta a los niveles de cloro. Para esto se tomaron muestras del agua que llega a las cisternas y del agua que llega a las viviendas, con el fin de tener un entorno más globalizado del cloro que se consume en dichos sectores. Estas muestras fueron utilizadas en el ensayo del método DPD para determinar el cloro libre residual existente. Los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108.

En el primer capítulo se describe el entorno que tiene Guayaquil en cuanto a los procesos de potabilización que se realizan, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de investigación. En el segundo capítulo se establece el marco teórico en el que se definen todos los diferentes términos relacionados con el tema de investigación. El tercer Capítulo encierra la metodología empleada durante la realización de los ensayos del método DPD. Cuarto Capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados para de cada sector, comparándolos con los límites establecidos en norma INEN 1108. Además, se presentan, la información obtenida de las encuestas realizadas sobre la satisfacción de los moradores acerca del servicio de agua potable que reciben. Quinto Capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron con la investigación.

Palabras Claves: Análisis Cuantitativo, Cloro Libre Residual, Cisterna, Reactivos, DPD, NTE INEN 1108

## **ASBTRACT**

In the following titration work, a quantitative analysis of chlorine is presented, carried out in 5 sectors of the city of Guayaquil, with the main objective of determining if the use of the cistern affects chlorine levels. For this, samples were taken of the water that arrives in the cisterns and the water that reaches the homes, in order to have a more globalized environment of the chlorine consumed in these sectors. The samples were used in the DPD method test to determine the existing residual free chlorine. The results obtained were compared with the Ecuadorian Technical Standard INEN 1108.

The first chapter describes the environment that Guayaquil has in terms of the purification processes that are carried out, the general objective and the specific objectives of this research work are presented. The second chapter establishes the theoretical framework in which all the different terms related to the research topic are defined. The third chapter contains the methodology used during the performance of the DPD method tests. Fourth Chapter presents an analysis of the results obtained from the tests carried out for each sector, comparing them with the limits established in norm INEN 1108. In addition, the information obtained from the surveys were about the satisfaction of the residents about the service is presented of drinking water they receive. Fifth Chapter exposes the conclusions and recommendations that were reached with the investigation.

Key Words: Quantitative Analysis, Chlorine, Tank, Reagents, DPD, NTE INEN 1108

## Introducción

La ciudad de Guayaquil cuenta con una planta potabilizadora denominada La Toma, y es desde donde se distribuye el agua potable a toda la ciudad, durante el proceso de potabilización se agrega una cantidad de cloro gas al agua, la cual debe mantener un valor de cloro residual desde el punto de salida de la planta de tratamiento hasta el punto más alejado de la red de distribución. Los niveles de cloro residual en el agua varían de acuerdo al contraste que exista entre, el tiempo en que el cloro permanece en las redes o al momento, en que contrarreste algún organismo que contamine el agua, además, la efectividad del cloro también se ve afectada por la acidez del agua (PH) y los rayos ultravioletas.

Las cisternas en la ciudad, son utilizadas para recolectar y almacenar el agua en las viviendas, en las que la presión, no es suficiente para abastecer el consumo diario de los usuarios.

Para medir la cantidad de cloro residual en el agua, existen diferentes métodos. Con la finalidad de obtener un mayor grado de eficacia, en la medición de la cantidad de cloro residual, se optó por utilizar el método colorimétrico DPD, en el que se utiliza el Pocket Colorimeter II que a través de un reactivo permite la medición del cloro por medio de una escala de colores.

Este trabajo de titulación busca determinar si el uso y estado de las cisternas perjudican o alteran de alguna forma a la cantidad de cloro residual que llega a las redes de abastecimiento de las viviendas.

# Capítulo I

## 1. Generalidades

### 1.1. Antecedentes

En la ciudad de Guayaquil, el sistema de agua potable ha sufrido modificaciones a lo largo de los últimos años, por lo que, en un principio, las viviendas contaban con cisternas como medio principal para su abastecimiento en el diario vivir. En la actualidad, el uso de la cisterna en las viviendas es más por factores fortuitos, excepto en los bloques residenciales y en los colegios, en donde aún su uso es diario, debido a que la presión del agua que necesitan es mayor. La empresa INTERAGUA, maneja tanto la planta potabilizadora “La Toma” como la red de distribución, por lo que es la encargada de controlar que todos los procesos se cumplan con lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de calidad de Agua Potable INEN 1108. Sabiendo que la calidad del agua que se consume en la ciudad, es un proceso, en el que, no solo interviene la potabilización, sino también el estado de las redes de distribución, es necesario, que los monitoreos y las evaluaciones del servicio, sean considerados como una actividad periódica, para comprobar que la calidad del agua que se consume esté dentro de la norma.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo General

Determinar en 5 sectores de la ciudad de Guayaquil, si el uso de la cisterna afecta a la calidad del agua potable en el parámetro de cloro residual, a través del análisis, en base a métodos determinísticos de este parámetro y por consiguiente verificar que estos valores se encuentren dentro de la Norma Ecuatoriana de calidad de Agua Potable (INEN 1108).

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el estado de las cisternas de los 5 sectores en los que se va a determinar si son una fuente directa de contaminación y si altera de alguna manera la cantidad de cloro residual que llega a las viviendas.



- Realizar encuestas de calidad de servicio del agua potable para determinar el nivel de satisfacción de usuarios.
- Determinar la cantidad de cloro residual en base al Método Colorimétrico, analizar los resultados y compararlos con los límites establecidos en la Norma técnica INEN 1108.

### **1.3. Alcance**

El presente trabajo plantea determinar el método a utilizarse para el análisis cuantitativo del cloro de las muestras obtenidas en los 5 sectores ubicados en la ciudad de Guayaquil, comparar y evaluar dicha cantidad con respecto a los valores dados por la norma ecuatoriana de calidad de Agua potable, analizar la disminución del cloro si llegase a existir. Además de presentar el resultado de las encuestas realizadas a los habitantes de dicho sector sobre la calidad de agua. Dar recomendaciones en los casos en los que no se cumplió con la norma.

## **Capítulo II**

### **2. Marco Teórico**

#### **2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable**

Según Jiménez (2013) un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como objetivo entregar agua en cantidad y calidad a los habitantes de una población, para satisfacer sus necesidades. Para ello, el agua pasa por diferentes procesos físicos, químicos o biológicos que sean necesarios para eliminar o reducir todos los contaminantes y microorganismos patógenos existentes en el agua cruda derivada de ríos u otras captaciones, hasta llevarlos a límites estipulados por las normas que consideran que dicha agua es apta para el consumo humano.

#### **2.2. Partes de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable**

##### **Captación**

Jiménez (2013) señala que un sistema de abastecimiento de agua potable inicia con las obras de captación, que consiste en el conjunto de estructuras por medio del cual, el agua ingresa en estado natural para poder abastecer la cantidad requerida por una población. Las características de las estructuras de captación están en función de la topografía de la fuente de abastecimiento, de su localización y la abundancia de agua que exista en ella, ya que, dependiendo de esto, el agua puede estar disponible de diferentes formas, ya sea como aguas superficiales o aguas subterráneas. La calidad del agua de la fuente ayuda a determinar también si los procesos de potabilización serán mayores o menores.

##### **Línea de Conducción**

Jiménez (2013) refiere que las líneas de conducción son aquellas que consisten en el conjunto de tuberías, válvulas, estructuras y dispositivos de control, que se encargan de conducir el agua desde las obras de captación hasta un punto que puede ser un reservorio o una planta de tratamiento. Los

funcionamientos hidráulicos de las líneas de conducción pueden ser a gravedad o a bombeo y por lo general siguen el perfil del terreno y se ubican de manera que sea fácil realizar inspecciones. Cabe recalcar que, dependiendo de la distancia de la zona de captación, hasta el punto de consumo, hay mayor dificultad en que el agua llegue con características idóneas para el consumo humano.

## **Planta de tratamiento**

Jiménez (2013) afirma, que una planta de tratamiento, se refiere al conjunto de estructuras destinadas a la purificación y clarificación del agua que llega desde la captación, mediante diferentes procesos, físicos, mecánicos y químicos, para que así, adquiera las características necesarias para el consumo humano, reduciendo o eliminando todas las bacterias o microorganismos patógenos existentes, además, es importante conocer las características físicas del agua, como el color, olor y sabor para determinar el proceso idóneo para su tratamiento.

## **Reservorio**

Un reservorio es un tanque destinado a almacenar una cierta cantidad de agua que servirá para diferentes propósitos como el de abastecer un sistema por un tiempo determinado (APRISABAC, 2013). El uso principal que se le da en una ciudad o comunidad es el de almacenar agua potable, y así cuando exista la necesidad de consumo de agua se satisfaga, o en los casos en el que exista una presión inadecuada de agua en una residencia o edificio, ayuda a resolver dichos problemas de abastecimiento. El agua que llega a la cisterna, proviene de fuentes de red pública o agua pluvial filtrada de un sistema de captación. La necesidad de mantenimiento de una cisterna depende de la utilización que se le dé, si es para agua no potable, no necesita de un gran mantenimiento.

Un reservorio puede ser construido de diversas maneras dependiendo de la captación del sistema, pueden ser apoyados o elevados, y deben de mantener una presión apropiada en las redes. Para el control de este tipo de

estructuras suelen tener una caseta de válvulas en el que regulan la entrada y salida del agua. (Mejía, Castillo y Vera, 2016)

### **Línea de Aducción**

“Conjunto de tuberías que conducen el agua apta para el consumo desde el reservorio hasta la red o centro de distribución para la población. Estas tuberías pueden ser por gravedad, bombeo o mixtas.” (Mejía, et al. 2016, p.389).

### **Red de Distribución**

Se conoce así al conjunto formado por tuberías, accesorios y estructuras que tienen la función de transportar y suministrar el agua potable durante las 24 horas del día, en cantidades adecuadas y en condiciones aptas para todos los diferentes tipos de residentes que tengan una localidad en el que se pretenda abastecer de agua. Este sistema incluirá válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores además de equipos de bombeo de ser necesario. (Jiménez, 2013)

### **Conexiones Domiciliarias**

Son todas las diferentes instalaciones de tuberías y accesorios que se realizan desde las redes de distribución hasta las viviendas. Según Mejía, et al. (2016) afirma:

Tiene como fin regular el ingreso de agua potable o agua entubada a una vivienda. Pueden estar ubicada fuera de la vivienda (un punto de agua al exterior de la vivienda) o dentro de la vivienda (conexión con módulos sanitarios). Las piletas públicas constituyen un nivel de servicio comunitario para proveer agua potable a la comunidad cuando existe baja disponibilidad de agua o las viviendas tienen un alto grado de dispersión. (p.389)

SENASBA (2008) explique que:

Es el conjunto de tuberías y accesorios que interconectados conforman la instalación domiciliaria, que está compuesta de dos

partes: La primera al exterior del domicilio de la red principal hasta la caja del micro medidor. La segunda al interior del domicilio, del micro medidor a los artefactos del baño como al inodoro, lavamanos y ducha; en la cocina al lavaplatos; y en el patio al lavarropas. (p.5)

### **2.3. Potabilización del Agua**

Consiste en someter al agua natural o bruta a una serie de operaciones o procesos encaminados a eliminar las sustancias que puedan resultar nocivas para el consumo humano, estos procesos se realizan en las plantas de tratamiento, y por lo general son los siguientes:

#### **2.3.1. Coagulación - floculación**

Según Vera (2007) se conoce así al proceso de adición de compuestos químicos al agua para reducir las fuerzas que mantienen estable a la materia suspendida, coloidal y disuelta, a fin de fomentar aglomerados que serán removidos del agua por medio de la sedimentación.

Se lleva a cabo mediante 2 procesos:

- ❖ El primero conocido como coagulación que sirve para remover las partículas suspendidas del agua, materia orgánica natural y algunos constituyentes inorgánicos disueltos, mediante la adición de reactivos apropiados llamados coagulantes, que desestabilizan o anulan las fuerzas interparticulares, responsables de la estabilidad de los coloides. La efectividad de un agente coagulante está relacionada con su carga eléctrica ya que tienen mayor capacidad de neutralización de la carga opuesta de las partículas. Esta etapa se realiza mediante un mezclado rápido para dispersar el coagulante y favorecer su contacto con las partículas en suspensión (Crittenden, Trussell, Hand, Howe y Tchobanoglous, 2012).
- ❖ El segundo proceso conocido como floculación, que es el proceso mediante el cual una vez que las cargas de los coloides se han neutralizado, se propicia el contacto entre partículas mediante un mezclado suave que incrementa la tasa de encuentros o colisiones entre ellas, aglomerándose para formar flóculos y de esta manera

facilitar su precipitación. Se efectúa en mezcla lenta, con el fin de promover la formación y el aumento de tamaño o densidad de los flóculos formados. Estos últimos son eliminados finalmente del agua por medios físicos como la sedimentación, flotación o filtración (Vera 2007).

### **2.3.2. Sedimentación**

La sedimentación es la remoción de partículas, flóculos químicos y precipitados de una suspensión en un tanque que actúa por gravedad. “La sedimentación se emplea para eliminar la fracción de sólidos sedimentables de los sólidos en suspensión (60 por ciento de los sólidos que son perceptibles a simple vista en el agua).” (MAPAS, 2015).

Se consideran sólidos sedimentables a las partículas que por su tamaño y peso sedimentan en una hora. La cantidad de sólidos sedimentables se expresa en mililitros de sólidos por litro de agua, pero también se da en partes por millón, en peso. Se le da el nombre de sedimentador a la estructura que sirve para reducir la velocidad del agua de tal forma que puedan sedimentar los sólidos sedimentables. (MAPAS, 2015, p. 16, 86)

### **2.3.3. Filtración**

Puede definirse como el proceso de tratamiento para remover partículas sólidas en suspensión mediante el paso del agua a través de un medio poroso, haciendo que las partículas y materia coloidal no sedimentada sea removida. Este proceso es uno de los más frecuentemente empleados para potabilizar aguas superficiales. Se lo realiza una vez acabado los procesos coagulación-floculación-sedimentación, o después del proceso coagulación-floculación para eliminar los sólidos presentes originalmente en el agua, o los precipitados mediante la aplicación de compuestos químicos. (MAPAS, 2015, p. 94)

Es un proceso de tratamiento que consiste en hacer pasar el agua bruta a través de un medio poroso para eliminar la materia en suspensión.

Además, constituye una de las principales barreras para los agentes infecciosos ya que contribuye a reducir la carga microbiana en el proceso de desinfección. (Nuñez, 2013, p. 90)

#### **2.3.4. Desinfección**

Según lo explicado por Nuñez (2013) la desinfección es considerada la etapa o proceso más importante dentro de la potabilización del agua, ya que con ella se garantiza que los microorganismos patógenos presentes en el agua se eliminen o se inactiven, logrando así que se eviten riesgos de enfermedades para la población. Para que la eliminación de estos microorganismos sea eficaz, se debió de reducir al máximo las partículas en suspensión y la turbidez del agua, durante el proceso de filtración, ya que estas partículas protegen a los microorganismos frente a la acción de los desinfectantes.

La desinfección se lo realiza mediante la adición de productos químicos reactivos, los cuales generan subproductos que ocasionan riesgos extremadamente pequeños para la salud en comparación con los asociados con una mala desinfección, por lo cual no se debe limitar la eficacia de la desinfección al intentar controlar dichos subproductos. (OMS, 2016)

Existen diversos sistemas de desinfección del agua como son los siguientes:

#### **Ozonización**

El ozono es una sustancia formada por tres átomos de oxígenos, lo que lo hace inestable y pueda descomponerse con facilidad en oxígeno normal y oxígeno nascente, que es un oxidante muy potente, y puede poseer varias funciones dentro de un tratamiento de agua potable, como la oxidación de sustancias orgánicas. El principal objetivo de la ozonización es lograr una concentración deseada en un tiempo de contacto determinado para que actúe como oxidante, se lo aplica en una concentración residual de 0,5 mg/l tras un tiempo de contacto de hasta 20 minutos. Las dosis varían en función del tipo de agua, pero suelen ser de 2 a 5 mg/l, su principal inconveniente es su alto costo y que no tiene efecto residual. (OMS, 2006)

El ozono al ser un método de desinfección de alto costo se aplica con otros desinfectantes y en la mayoría de los casos en los que ha sido usado, es para el control de olor, color sabor, la oxidación de los Trihalometanos y la desestabilización de coloides (Vera, 2007).

## **Radiación UV**

El proceso de desinfección de este método consiste en la eliminación selectiva de microorganismos por medio de la exposición a rayos ultravioletas, que provocan daños a la molécula del ADN impidiendo así, la división celular y causando así su inactivación. Cualquier elemento que intervenga durante la exposición a los rayos ultravioleta disminuirá la eficacia de la desinfección. No puede ser usado en aguas con alta DBO, y es un método difícil de medir su eficacia, además que no deja desinfectante residual (Nuñez, 2013).

Vera (2007) afirma que: La desinfección con luz UV fue utilizada en agua de suministros a principios de 1900 pero se abandonó por sus altos costos de operación, los problemas de mantenimiento y la falta disponibilidad del equipo. Sin embargo, la razón más importante fue que la cloración resulto ser más eficiente y rentable. (p.85)

## **Permanganato Potásico**

Según Álvarez (2016), este compuesto se obtiene a partir del dióxido de manganeso ( $MnO_2$ ), es un oxidante energético, que se utiliza para eliminar el hierro y manganeso, además de ayudar en el control de olor y sabor en una ETAP. Puede utilizarse para controlar los Trihalometanos y otros subproductos antes de la aplicación de otros desinfectantes.

El permanganato potásico inhibe el crecimiento de bacterias y virus, pero no es efectivo con todos los microorganismos, por lo que es necesario aplicar este producto junto con otro tipo de desinfección. (Álvarez, 2016, p.52)



## Peróxido de Hidrógeno

Puede ser utilizado como oxidante durante el pretratamiento, y como desinfectante en el tratamiento de agua potable, se lo debe combinar con otro sistema por su baja eficacia de biocida. La combinación más usada con otro compuesto es la de peróxido de hidrógeno y ozono, que combina la oxidación selectiva del ozono con la reacción rápida del peróxido de hidrógeno. También se lo puede utilizar con los rayos UV, que es más accesible y puede almacenarse. Su principal inconveniente es que es un compuesto difícil de manejar ya que puede causar irritación o dificultad para respirar (Álvarez, 2016).

## Cloración

Es el método de desinfección que se realiza en nuestro país, y es el más utilizado en los sistemas de agua potable, consiste en la aplicación de cloro con generadores in situ o suministrando sus compuestos derivados, ya sea como cloro gas licuado ( $\text{Cl}_2$ ), hipoclorito de sodio ( $\text{NaOCl}$ ), gránulos de hipoclorito cálcico ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ), dióxido de cloro y cloraminas. Existen diversas técnicas de cloración, éstas pueden ser:

- ❖ Cloración a la dosis crítica (Breakpoint), que consiste en la aplicación de una dosis de cloro que oxide de manera rápida todo el nitrógeno amónico presente en el agua y así dejar una concentración de cloro libre residual que proteja al agua hasta el punto de consumo. (OMS, 2016)
- ❖ Cloración marginal, se utiliza en los sistemas de abastecimiento de agua de calidad alta y consiste simplemente en añadir una dosis de cloro que genere la concentración deseada de cloro libre residual. (OMS, 2016)
- ❖ Supercloración – Descloración, consiste en “añadir una dosis grande de cloro para lograr una reacción química y desinfección rápida, seguida de una reducción del exceso de cloro libre residual.” (OMS, 2016, p. 147)

El objetivo principal de la cloración es la eliminación de las bacterias o microorganismo patógenos mediante la acción germicida del cloro. Se debe tener en cuenta que la cloración ayuda en la oxidación de compuestos que producen olores y sabores, así también como pueden a eliminar sustancias químicas; por lo que en algunas plantas de tratamiento se realizan procesos de precloración antes de la sedimentación, para que oxiden la materia orgánica del agua y disminuyan su concentración. También se suele realizar una postcloración para garantizar que la presencia del cloro esté en las redes de distribución (Álvarez, 2016).

### **Mecanismo de acción del Cloro**

La acción desinfectante del cloro ocurre cuando éste se combina con el agua y como producto forman el ion de hipoclorito (OCL) y el ácido hipocloroso (HClO), siendo este último el desinfectante primario en el agua, estos productos reaccionan con las estructuras moleculares de las bacterias y virus, e inactivan la patogenicidad de organismos y agentes infecciosos. La desinfección se vuelve más eficiente cuando los niveles de pH son bajos (menor a 7,5) debido a que favorece la formación de ácido hipocloroso. El cloro causa dos tipos de daños a las células de estos microorganismos, el primero afecta a la membrana y cierra su permeabilidad, y el segundo afecta las funciones celulares dañando enzimas y ácidos nucleicos ocasionando así la muerte de dichos microorganismos. (MAPAS, 2015)

Montesdeoca (2012) y MAPAS (2015) afirman que el cloro desarrolla una serie de procesos y combinaciones químicas al reaccionar con los materiales orgánicos y metales presentes en el agua formando compuestos químicos que, como tales, no aportan a la desinfección, estos compuestos se los conoce como “demanda de cloro”, consecuentemente la cantidad de cloro remanente, después de que la demanda de cloro fue satisfecha, se contabiliza como “cloro total”. El cual se subdivide en:

- ❖ **Cloro Combinado:** Cantidad de cloro que va a reaccionar con iones nitratos y que, por lo tanto, no representa propiamente una cantidad disponible para desinfección; es el cloro que permanece después de la reacción asociado con derivados de amoníaco y de materia orgánica.

- ❖ Cloro residual o “Cloro libre” que representa la concentración de cloro disponible para inactivar, como se ha dicho, microorganismos causantes de enfermedades. Según el INEN 1108, quinta revisión, es el “Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto”.

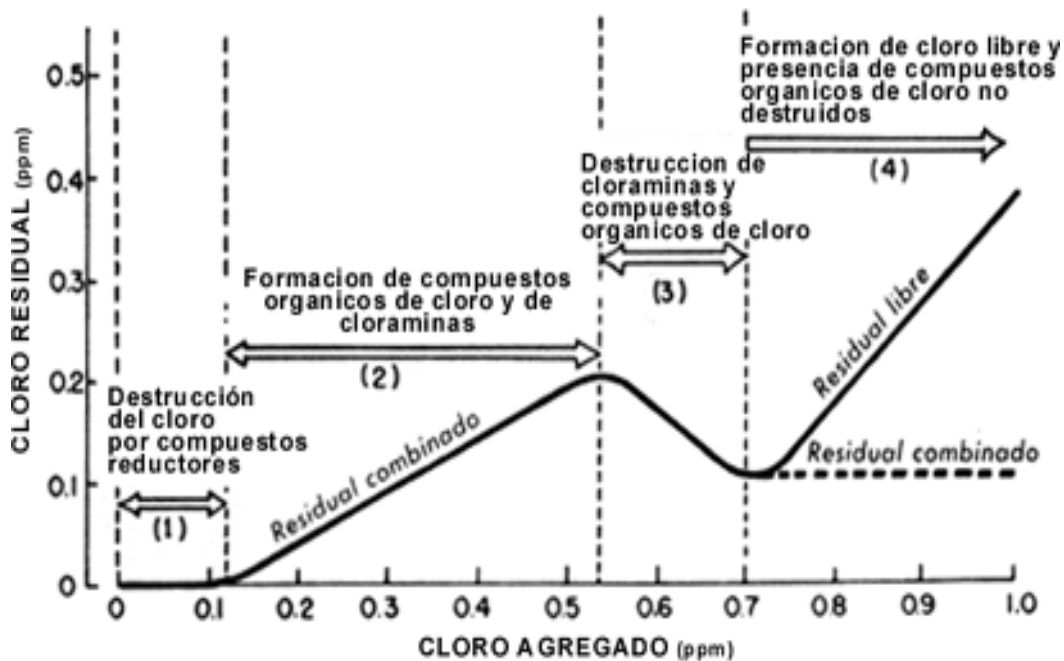
Algunos de los compuestos formados al reaccionar el cloro con la materia orgánica del agua, pueden resultar perjudiciales para la salud, ya que pueden ser de carácter cancerígeno. Los más perjudiciales de todos ellos son los Trihalometanos (THMs) o Cloroformo, que se utilizaba como analgésico hasta que se descubrió la toxicidad de este compuesto. Traen asociados riesgos de cáncer de colon, vejiga, daños en el riñón y en el hígado. Además, pueden formar otros subproductos perjudiciales como compuestos orgánicos volátiles, cloritos, ácidos cloroacéticos o cloruro de cianógeno. (Nuñez, 2013, p. 100)

## **Dosificación de Cloro**

La OMS (2009) considera que una concentración de 0.5 mg/l de cloro libre residual en el agua, después de un tiempo de contacto de 30 minutos garantiza una desinfección satisfactoria.

La dosificación del cloro depende de la forma en que se lo adicione, ya sea como cloro gaseoso, dióxido de cloro, hipoclorito de sodio o de calcio, además también está correlacionada con la calidad del agua a tratar y las normas de calidad de agua potable que exista en el país. En nuestro país la adición de cloro es en estado gaseoso, existe una regla no escrita que limita el uso de cloro gas solo para poblaciones mayores de 5000 habitantes (PUMAGUA, 2009)

La dosis debe de ser la necesaria para que el cloro residual esté entre los límites establecidos en la norma, ya sea a la salida de la planta de tratamiento como en todos los puntos de la red de distribución. Para calcular la dosis se debe sumar dos factores, la demanda de cloro y el cloro libre residual exigido (Álvarez, 2016).



**Ilustración 1.** Evolución de la cantidad de cloro residual en función de la cantidad de cloro introducido. **Fuente:** Hernández, 2001

Cuando no es posible encontrar la concentración del cloro necesaria para desinfectar el agua, se puede determinar la solución del cloro ya sea que esté, en estado sólido o líquido, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Peso de cloro} = \frac{\text{Volumen de agua} * \text{Dosis de cloro}}{\text{Concentración del cloro} * 10}$$

**Fuente:** Aquaquimi

## 2.4. Métodos de determinación del cloro residual

Crehuet, Moreno y López (2001) refieren que cualquier procedimiento que se emplee para la medición del cloro debe tener la capacidad de distinguir entre las diferentes combinaciones químicas que presenta el cloro, tanto como el cloro residual libre (CRL) y cloro residual combinado (CRC). En la actualidad existe una gran variedad de métodos para la determinación del cloro, por lo tanto, debe de existir un control en los límites de detección y las interferencias y precauciones que cada uno conlleva.

Los métodos más usados para su determinación son los siguientes:

### **2.4.1. Método O-tolidina**

Pérez y Espigares (1995) afirman que: “la ortotolidina reacciona con el cloro residual apareciendo una coloración amarilla proporcional a la cantidad de cloro presente”. Se producen tres reacciones:

- ❖ Una reacción instantánea con coloración en 15 segundos con el cloro residual libre (CRL)
- ❖ Una reacción tardía con el cloro residual combinado en casi 5 minutos.
- ❖ Diversas reacciones con sustancias como nitritos o manganeso que puede provocar que exista una reacción positiva que no sea la correcta

Se realiza de forma sencilla, pero tiene el inconveniente de no presentar una buena diferenciación entre Cloro residual libre (CRL) y Cloro residual combinado (CRC) como se explicó anteriormente. El tiempo en que reacciona con las diversas sustancias como nitritos o manganeso, provoca que no se pueda identificar el Cloro residual libre, ya que es casi imposible comparar con una escala de color en tan corto tiempo. También puede ocurrir el error de que, en un agua mal clorada, pueda confundir el cloro residual libre con el cloro residual combinado (Crehuet, et al. 2001).

### **2.4.2. Método Yodométrico**

El método yodométrico consiste en la adición de yoduro de potasio a una muestra de agua para que reaccione con el cloro disponible para formar yodo. El yodo libre que es generado se lo correlaciona con la cantidad de cloro libre residual presente. Uno de los principales problemas de este método radica en que no permite distinguir entre el cloro libre y el combinado. (MAPAS, 2015)

### **2.4.3. Electroodos amperométricos**

Según MAPAS (2015), este método mide de forma amperométricamente el cloro residual, pH y temperatura por medio de dos combinaciones de sondas que usan un cátodo de platino y un ánodo de plata. Debe de generarse una corriente por medio de una reacción electroquímica entre los electrodos que será proporcional a la concentración de cloro libre residual en el agua.

### **2.4.4. Método Colorimétrico (DPD)**

Según Crehuet et al. (2001) este método permite determinar de manera individual la cantidad de cloro residual libre del agua, del contenido en Cloro residual combinado. El DPD, al estar en contacto con agua de un pH de entre 6.2 - 6.5 dará una coloración roja, que será proporcional a la concentración de Cloro residual libre, que puede valorarse volumétricamente por comparación con una escala de color. En este método se realizan dos valoraciones, en la primera de ellas se determina el Cloro residual libre, mientras que, si se adiciona yoduro potásico en exceso, ayudará a liberar el contenido de las cloraminas y así se puede determinar el Cloro residual combinado.

El DPD de las siglas: N,N Dietil Parafenileno Diamina, es una mezcla sólida homogénea que viene presentado en sachets de un material tr laminado que evita el contacto con los rayos ultravioletas, la humedad o algún contaminante. Es la sal principal que reacciona con el cloro que se encuentra en el agua, haciendo que tome un color rosado a fucsia y consecuentemente da una señal colorimétrica positiva. Esta prueba se la realiza en unos cuantos segundos y sirve para tener una idea de lo que puede ser un agua de buena calidad en cuanto al parámetro del cloro (Quijandría, 2011).

Según el MAPAS (2015), el método colorimétrico DPD se basa en el método estandarizado de la sociedad americana para pruebas y materiales. Que consiste en la oxidación del DPD por parte del cloro, formando así una concentración de color que es proporcional a la cantidad de cloro libre

residual de la muestra. Para medir dicha intensidad, se utilizan colorímetros portátiles o se los compara con una escala de colores, la mayoría de los colorímetros portantes requieren la utilización de reactivos de manera manual y dependiendo de la frecuencia requerida de análisis, necesitarán técnicos que cambien los reactivos diaria o semanalmente.

## Equipo de Medición a usar



**Ilustración 2.** Pocket Colorimeter II. **Fuente:** Hach

Clorímetro portátil programado de la empresa Hach para la determinación del cloro libre y cloro total utilizando el método de DPD.

### 2.5. Límites permitidos de Cloro Residual

En nuestro país existe un requisito de calidad del agua potable con el fin de determinar si es apta para el consumo humano, establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 Quinta revisión que van desde 0.3 mg/l a 1.5 mg/l.

Estos valores se deben de determinar en los siguientes puntos:

- ❖ Inmediatamente después de que se ha añadido el cloro al agua para revisar que el proceso de cloración esté funcionando.
- ❖ En el sitio de entrega al público más cercano al punto de cloración, para verificar que los niveles de cloro residual estén dentro de los límites.
- ❖ En un punto más lejano de la red de distribución, en el que se espera que el nivel de cloro residual esté en los más bajos establecidos.

Si el cloro residual se encuentra por debajo de los límites establecidos, se considera que no es apta para el consumo, ya que significa que el agua no le quedo cloro para combatir futuras contaminaciones, por lo que se necesitaría aumentar su dosificación. En cuanto que si se encuentra por encima de los límites, la OMS (2009), indica que no se han encontrado ningún efecto de riesgo para la salud en el caso de concentraciones de cloro residual que lleguen hasta 5 mg/l, pero en ningún caso se debe alcanzar dicho valor.

### **Relación del Cloro residual en la red de distribución**

El consumo de cloro residual del agua en una red de distribución se debe a dos factores, el primero corresponde al consumo del cloro por parte del agua debido principalmente por la temperatura y por el contenido de materia orgánica o inorgánica que pueden ser oxidada, la segunda se debe al consumo que se produce por la interfase con las paredes de las redes de distribución, que se produce por la interacción de productos de corrosión o por depósitos de biomasa que pueda existir en las paredes. (Ramírez Quiroz, 2015)

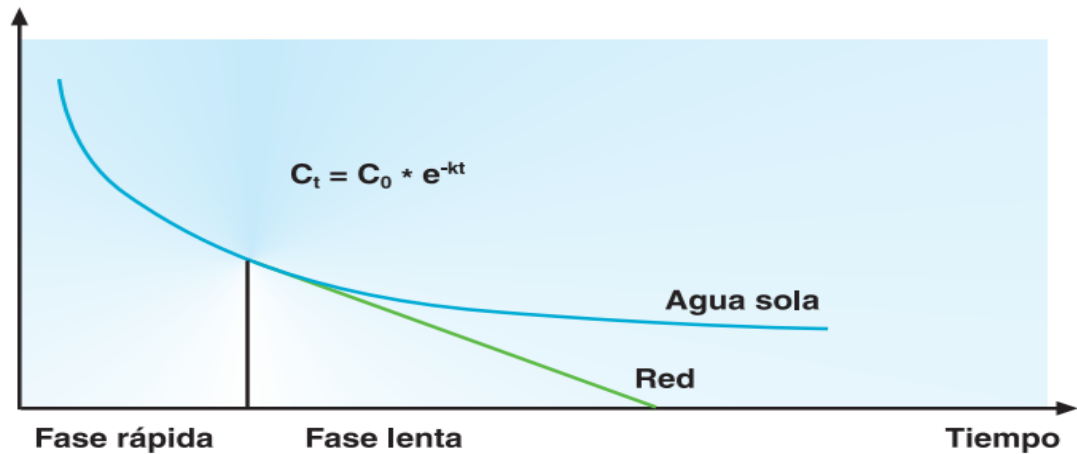
Según Ramírez (2015), la disminución del cloro residual en el agua es de manera exponencial y puede ser expresada por la siguiente ecuación:

$$C(t) = C_0 * e^{-kt}$$

En donde:

- C(t) es la concentración de cloro en mg/l en un tiempo t
- C0 es la concentración inicial de cloro en mg/l
- T es el tiempo de reacción





**Ilustración 3.** Disminución del cloro en el agua en un recipiente y en una red de distribución. **Fuente:** Ramírez, 2015

### Datos históricos de cloro residual en la red de distribución en la ciudad de Guayaquil

**Tabla 1**

*Registro Histórico de la cantidad de cloro año 2017 de la ciudad de Guayaquil.*

Fecha	Lugar	Cloro Libre Residual (mg/l)
03-ene-17	CDLA. VERNAZA NORTE	0,8
	CDLA. SIMÓN BOLIVAR	0,8
	CDLA. LA GARZOTA I	0,8
17-ene-17	CDLA. ALBORADA X	0,7
	CDLA. ALBORADA XI	0,7
	CDLA. URDENOR	0,6
07-feb-17	COOP. PASTOR VERA	0,5
	COOP. ESTRELLA DE BELÉN	0,5
	COOP. CARLOS MAGNO ANDRADE	0,6
23-feb-17	COOP. ESMERALDAS CHIQUITO	0,4
	COOP. DIGNIDAD POPULAR	0,4
	COOP. LUZ DEL GUAYAS	0,3
13-jun-17	COOP. SANTIAGO DE GUAYAQUIL	1,0
	COOP. LA FRAGATA	1,2
	COOP. GUAYAQUIL INDEPENDIENTE	1,2

26-jun-17	COOP. VIERNES SANTO	0,9
	COOP. SANTIAGO ROLDOS	1,1
	COOP. SANTIAGUITO DE ROLDOS	1,0
13-jul-17	COOP. JAIME NEBOT	1,0
	COOP. CARLOS GUEVERA MORENO II	0,9
	COOP. 09 DE OCTUBRE	1,1
27-jul-17	CDLA. PRADERA 2	0,6
	CDLA. PRADERA 3	0,4
	CDLA. URBASUR	0,8
15-ago-17	COOP. FLOR DEL GUASMO	0,8
	GUASMO CENTRAL- ECUADOR	0,8
	GUASMO CENTRAL- COOP. 27 DE JUNIO	0,7
30-ago-17	GUASMO SUR - COOP. GUAYAQUIL POR GUAYAQUIL	0,6
	GUASMO SUR - COOP. FRANCISCO DE ORELLANA	0,7
	GUASMO SUR - COOP. DERECHO DE LOS POBRES	0,7
07-sep-17	CALLEJON PEDRO MENENDEZ Y LA 46AVA	0,6
	CALLEJON PARRA E/ CALLES 44 Y 45	0,7
	ROSENDO AVILES Y LA 38 AVA	0,4
21-sep-17	COOP. GUAYAS Y QUIL	0,4
	COOP. SAN FELIPE 1	0,4
	COOP. FLORIDA	0,7
11-oct-17	CALICUCHIMA #4616 Y LA 22 AVA	0,7
	AYACUCHO #4907 E/ 21 Y 22 AVA	0,8
	FEBRES CORDERO E/ 33 Y 34 AVA #5611	0,6
24-oct-17	CALLE 25 AVA Y CALLEJON COLOMBIA	0,6
	BOLIVIA E/ 22 Y 23 AVA	0,4
	COLOMBIA Y LA 16 AVA	0,4
09-nov-17	CHEMBERS #821 Y GALLEGOS LARA	0,4
	LA 13 AVA # 2618 E/ DOMINGO SAVIO Y CRISTOBAL COLON	0,3
	ROBLES CHEMBERS E/ 16 Y 18 AVA	0,3
23-nov-17	AZUAY #1018 E/ ESMERALDAS Y JOSE MASCOTE	0,8
	AV. DEL EJERCITO #3907 Y MARACAIBO	0,7
	NICOLAS AUGUSTO GONZALES #1405 Y JOSE DE ANTEPARA	0,7

Fuente: EMAPAG-EP

## 2.6. Presión de Agua

### Presión Mínima

Interagua (2001) define como presión mínima aquella presión de servicio disponible en el 95% del tiempo sobre la cota de nivel del piso en las

conexiones de los inmuebles servidos luego de la llave de paso (medidor), la cual está ubicada a 0,5 m fuera de la línea de propiedad del terreno.

### **2.6.1. Límite de Presión mínima del agua**

En nuestro país según Interagua (2001), debe mantener una presión mínima de 8 mca en las zonas noreste y noroeste de la ciudad, y, una presión mínima de 5 mca en zonas centro y sur y en las zonas más alejadas de la ciudad. En áreas urbanas debe haber una presión mínima de 15 mca. Con este nivel se pretende mantener el suministro seguro a un edificio de hasta 15 metros de altura que no cuenta con bombas elevadoras. Para áreas urbano- marginales el valor de la presión mínima deberá ser de 10 mca.

## **2.7. Agua Potable**

“ Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.” (INEN 1108, 2014)

Según Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), se denomina así al agua apta para el consumo humano, es un tipo de agua que puede ser consumida sin restricción debido a que ha pasado por un proceso de purificación. No ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida y es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

### **2.7.1. Muestreo del Agua**

Para que un análisis de agua sea exitoso, dependerá de las precauciones que se tengan en la toma de la muestra y la conservación adecuada para los diferentes parámetros que se vayan a obtener (Giraldo, 1995).

Las muestras deben representar el conjunto que va a ser caracterizado en el estudio, por lo tanto, deberán tomarse las precauciones que sean posibles para conservarlas, de tal manera que no exista ninguna modificación desde el momento de su toma hasta su análisis (Ramírez, 2007).

Dependiendo del tipo de análisis a realizar se utilizará el envase para recolectar la muestra, el que debe haber sido previamente sometido a un tratamiento de limpieza, esterilización, etc. (Londoño, Giraldo y Gutiérrez, 2010)

### **Muestra Puntual**

Este tipo de muestras se utiliza cuando se conoce que la fuente es constante en cuanto a su composición durante un periodo de tiempo considerable, lo cual ayuda a que la muestra será representativa. En cambio, si se conoce o sospecha que la fuente varía a lo largo del tiempo, se deberá tomar varias muestras con más frecuencias en el mismo lugar. Si lo que varía es la composición del agua en el espacio, se deberá realizar varias tomas hasta abarcar los lugares más adecuados (Ramírez, 2007).

### **Muestras compuestas**

“Son aquellas formadas por muestras individuales tomadas en diferentes momentos. La cantidad de cada muestra individual que se añade a la mezcla compuesta, debe ser proporcional al flujo de caudal en el momento de su recolección” (Londoño, et. al. 2010, p.24).

Si se va a determinar características que no son conservables o que están sujetas a cambios importantes durante la conservación, no se debe utilizar muestras compuestas. El análisis de este tipo de se realiza en muestras individuales lo más rápidamente posible después de su recolección (Londoño, et al. 2010).

### **Muestra integrada**

“Son mezclas de muestras individuales que se recogen en distintos puntos al mismo tiempo. Muestras de este tipo son las que hay que recoger en lagos, embalses, ríos o corrientes en los cuales la composición puede variar tanto en anchura como en profundidad” (Ramírez, 2007, p.4).

## **Procedimiento de toma de muestras**

Según lo explicado por Londoño, et al. (2010) Se pueden realizar las muestras por alguno de los siguientes métodos:

- ❖ Directamente en recipientes: Este procedimiento se lo utiliza para las determinaciones “in situ”, es recomendado cuando la muestra se la realiza en grifos de redes de distribución, fuentes, canales de riego, arroyos con poca profundidad. Se debe dejar fluir el agua durante cierto tiempo para conseguir que la muestra sea representativa.
- ❖ Mediante equipos automáticos de toma de muestra: Se utilizan en ríos, embalses, depósitos de almacenamiento, entre otros. Para este método se debe considerar diferentes factores como profundidad, flujo de corriente.

## **Consideraciones para tomar la muestra correctamente**

Según Londoño, et al. (2010), para la medición del cloro residual se debe tomar en consideración lo siguiente:

- ❖ Es necesario analizar la muestra inmediatamente la recolección, ya que el cloro libre residual que se encuentra, es considerado como un agente oxidante e inestable que reacciona con diferentes compuestos.
- ❖ Hay que considerar que Luz solar, pH, temperatura y salinidad influyen en la descomposición del cloro libre residual en el agua.
- ❖ Se debe evitar el uso de recipientes de plásticos para tomar la muestra, ya que generalmente presentan una gran demanda de cloro.
- ❖ Si la muestra se la realiza en un sistema de abastecimiento urbano, se debe dejar que el agua fluya durante como mínimo 5 minutos para asegurar que la muestra sea representativa.
- ❖ Se debe evitar que, entre aire a la muestra, por lo tanto, se debe la debe tapar inmediatamente.

- ❖ Si el muestreo se realiza con una celda de muestra, previamente enjuague la celda varias veces con el agua de la que se va tomar la muestra y luego llene cuidadosamente hasta la marca de 10-ml.
- ❖ Si el muestreo se realiza con una celda de muestra, enjuague la celda varias veces con la muestra y luego llene cuidadosamente hasta la marca de 10-ml.

## Capítulo III

### 3. Metodología

#### 3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló siguiendo los parámetros establecidos para una investigación de carácter cualitativo, cuantitativo y de campo.

Para proceder con el análisis cuantitativo de este trabajo de investigación, se identificó previamente, en la ciudad de Guayaquil, una muestra de los diferentes sectores en los que, el uso de la cisterna sea continuo. La elección de la muestra se definió, mediante la realización de visitas a diferentes lugares de la ciudad, en donde fueron encuestados los moradores del sector establecido, en razón de definir variables idóneas para la prospección de la investigación de campo, luego se buscó determinar una correlación entre el uso de la cisterna, con la cantidad de cloro que ingresa a ella y la cantidad de cloro que llega a los usuarios de las zonas aplicando la prueba del método DPD.

##### 3.1.1. Cualitativo

De acuerdo a Pita y Pértegas (2002) la investigación cualitativa es aquella en la que se “hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas” (p.1). Para el presente estudio y obtención de la muestra se identificó a través del método de observación de las variables y características relevantes para la investigación de campo. Se definió el perfil del sector más adecuado y se procedió a la investigación cuantitativa.

La elección de variables estuvo ligada esencialmente al grado de uso de las cisternas, la calidad del agua, la presión y el servicio que reciben los habitantes de la zona, además de, la facilidad de la toma de muestras para el estudio. Estas variables permitieron la elaboración de la encuesta utilizada, para escoger los sectores en los que se realizaría la investigación de campo.

### 3.1.2. Cuantitativo

Por la naturaleza de la investigación, según Pita y Pértegas (2002) es aquella que “trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra” (p.1). Con este tipo de investigación se busca tener un mayor control, en cuanto, a la inferencia de los resultados, además de obtener confiabilidad al encontrar explicaciones contrastadas de los ensayos realizados. En este estudio se cuantifica la información obtenida en los resultados de campo, se procesa la información y se genera conclusiones objetivas, que permitirán determinar la validez del estudio.

### 3.1.3. De campo

Santa Palella y Feliberto Martins (2010) afirman que la investigación de campo es aquella que “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables” (p.88). La investigación se realizó en los sectores Norte y Sur de la ciudad de Guayaquil, en los siguientes lugares:

**Tabla 2.**

*Lugares seleccionados para la investigación de campo.*

Sector	Lugar
Sur	Bloques de Las Acacias Bloques de La Saiba Bloques de La Primavera Colegio Francisco de Orellana Escuela Modesto Chávez Franco Unidad Educativa Sagrada Familia Escuela Fiscal Ana Villamil Icaza Unidad Educativa Particular Guillermo Rohde Arosemena Colegio Fiscal "José Alfredo Llerena" Condominio Los Jardines
Norte	Bloques de la Atarazana Unidad Educativa "José Joaquín Pino Ycaza" Colegio Fiscal Dr. Francisco Campos Coello Escuela Fiscal N 70 Presidente Velasco Ibarra



El sistema de abastecimiento de agua que utilizan estos sectores, están conformados por cisterna y tanques elevados que abastecen a la red de distribución de los bloques residenciales y colegios.

### 3.2. Proceso de recolección de muestras

El proceso de recolección de muestras se realizó en los distintos lugares seleccionados de acuerdo a la investigación cualitativa, una vez seleccionadas las variables, se visitó el sector y se realizó la obtención de las pequeñas muestras de agua antes de su paso por la cisterna (50 muestras) y una vez dentro de las viviendas (50 muestras). Se realizó en días laborables de 11:00 am a 5:00 pm.

**Tabla 3.**

*Etapas de recolección de muestras.*


Toma de muestras	
Antes	Grifo de patio – jardín; Dentro de las Cisternas
Después	Grifos dentro de las viviendas

Elaborado por: Oliver Soria.

#### 3.2.1. Instrumentos utilizados para la recolección de muestras

**Tabla 4.**

*Instrumento para la recolección de muestra.*

Instrumentos	
	CELDAS PARA MUESTRAS: 25X60MM 10ML

Mascarilla
Mandil

**Elaborado por:** Oliver Soria

Los pasos que se emplearon para recolectar las muestras fueron los siguientes:

- 1.- Limpiar el grifo de donde se va a extraer la muestra con un paño limpio.
- 2.- Dejar abierto el grifo como mínimo un minuto, para asegurar que el agua que llegue contenga cloro.
- 3.- Enjuagar las celdas en las que se recogerán las muestras con la misma agua del grifo.
- 4.- Se procede a tomar 2 muestras en las celdas: la primera, servirá para encerar el equipo con el que se medirá el cloro, es decir, el Pocket Colorimeter 2, y la segunda muestra debe ser de 10 ML, con la que se realizará el ensayo del método de DPD.

### **3.3. Ensayo**

Una vez realizado la recolección de las muestras se procede a llevar a cabo inmediatamente el ensayo del método DPD utilizando el Pocket Colorimeter 2, que consiste en:

- La primera muestra se la coloca, en el Pocket Colorimeter 2 y se presiona el botón azul (marcado con un 0), lo que dará como resultado que se encere el equipo.
- Diluir el reactivo DPD en la segunda muestra de 10ML.
- Sacudir la muestra durante 20 segundos, para que el reactivo actúe.
- Dejar la muestra en reposo por un minuto, antes de colocarla en el Pocket Colorimeter 2.
- Activar el botón verde (marcado con un visto), e inmediatamente se obtendrá la lectura de la cantidad de cloro que posee la muestra.

Previo a la realización de la toma de muestras y ensayos, se realizaron encuestas para determinar el grado de satisfacción que los usuarios de estos sectores, tienen con respecto al servicio de agua potable, que llega sus domicilios y el mantenimiento que ellos, dan a sus cisternas y tanques de almacenamiento. Así como también, las características físicas, en cuanto, al olor, sabor, color y grado de turbidez del agua, que reciben en sus hogares y que almacenan en sus cisternas.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, estos se compararon con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 Quinta revisión, que establece los límites idóneos, para considerar que el agua es apta para el consumo humano.

**Tabla 5.**

*Límites del Cloro Libre residual.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite Máximo permitido</b>
Cloro Libre Residual *	mg/l	0.3 a 1.5

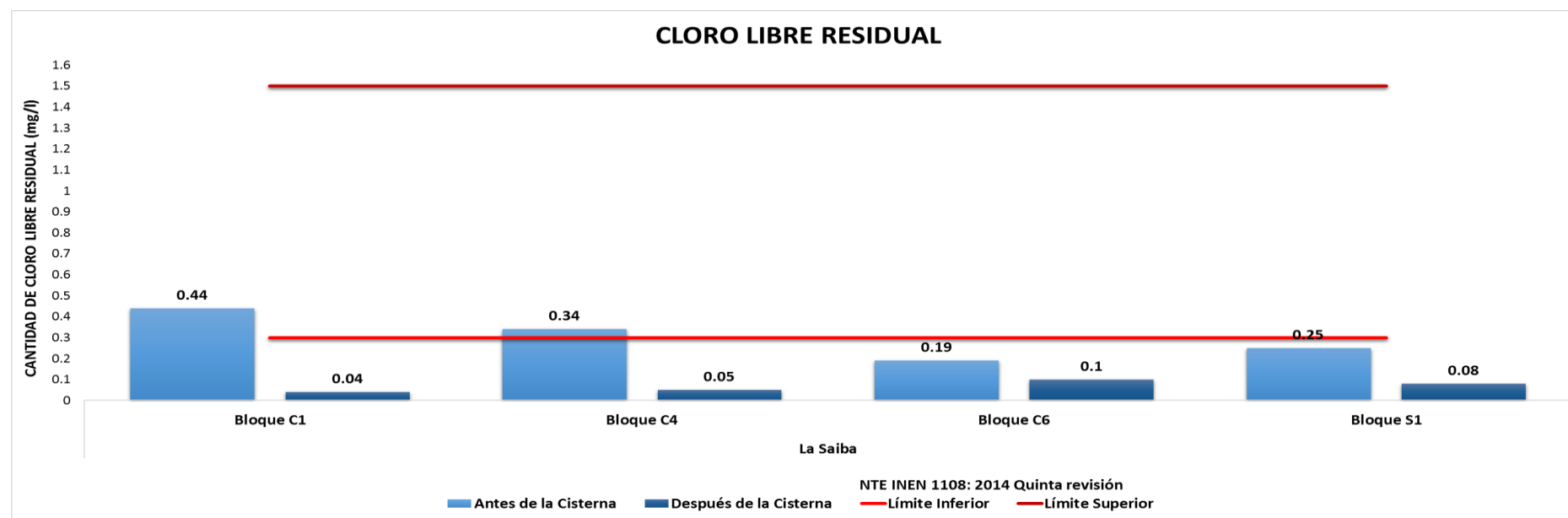
**Fuente:** NTE INEN 1108

## Capítulo IV

### 4. Análisis de resultados

Para el correcto discernimiento de los resultados obtenidos, se elaboraron gráficas de barras, de acuerdo a los sectores tomados en cuenta, para una mejor interpretación. El análisis de resultados se lo realizó, correlacionando las variables obtenidas en las encuestas, con la información recopilada en los ensayos. Se hizo énfasis en las respuestas obtenidas, en cuanto al uso y mantenimiento de las cisternas y tanques de almacenamiento.

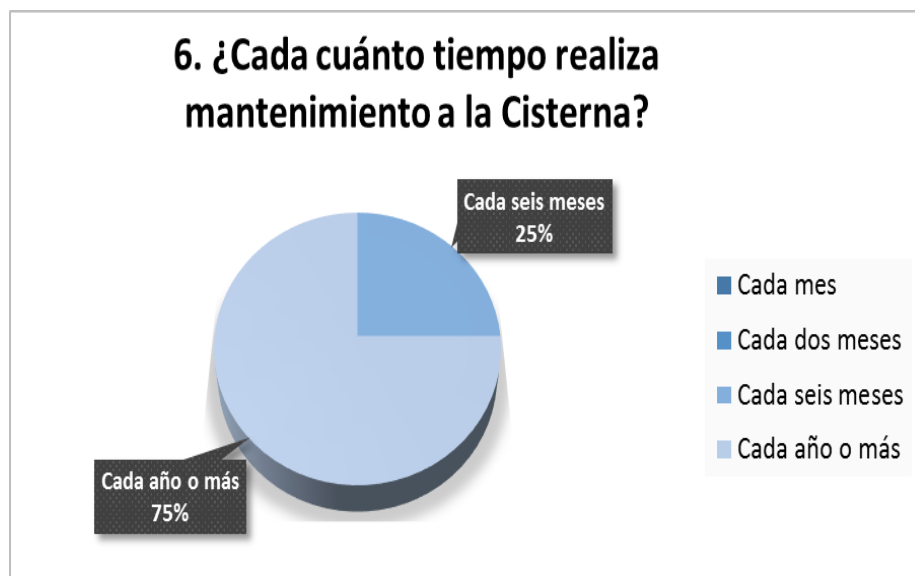
#### 4.1. La Saiba



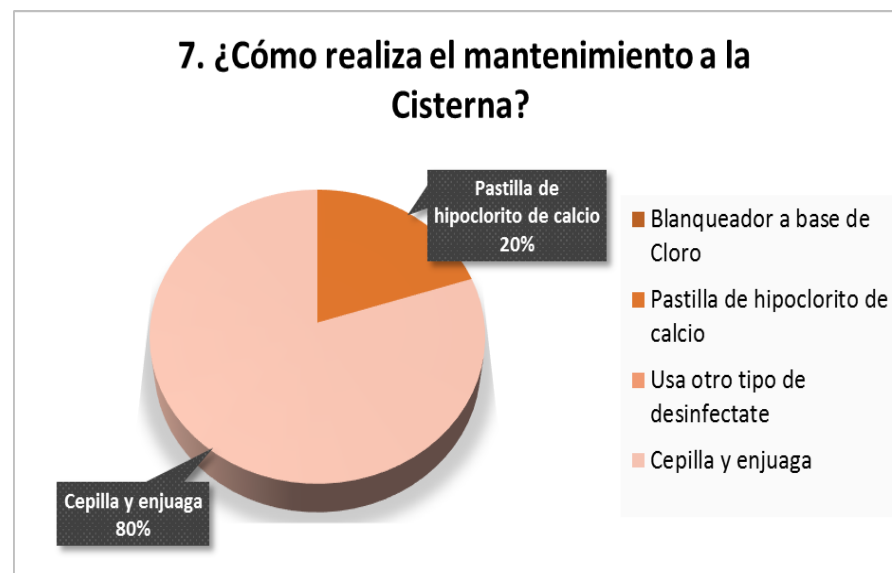
**Gráfico 1.** Cuadro de resultados del ensayo del método DPD del sector La Saiba. **Elaborado por:** Oliver Soria.

Como se observa en el cuadro de resultados, en el sector de La Saiba, la cantidad de Cloro que ingresa a los bloques está entre el límite inferior establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 en su Quinta revisión, en cambio la cantidad de Cloro que llega a las viviendas, está muy por debajo del límite inferior. Comparando la información de los resultados de las preguntas 6, 7, 9 y 10 de las encuestas, los usuarios residentes de estos bloques, realizan el mantenimiento de sus cisternas y de sus tanques de almacenamiento con muy poca frecuencia (75% - 80% realizan cada año o más), además, el 80% de los usuarios no usan ningún tipo de desinfectante para realizar dicho mantenimiento.

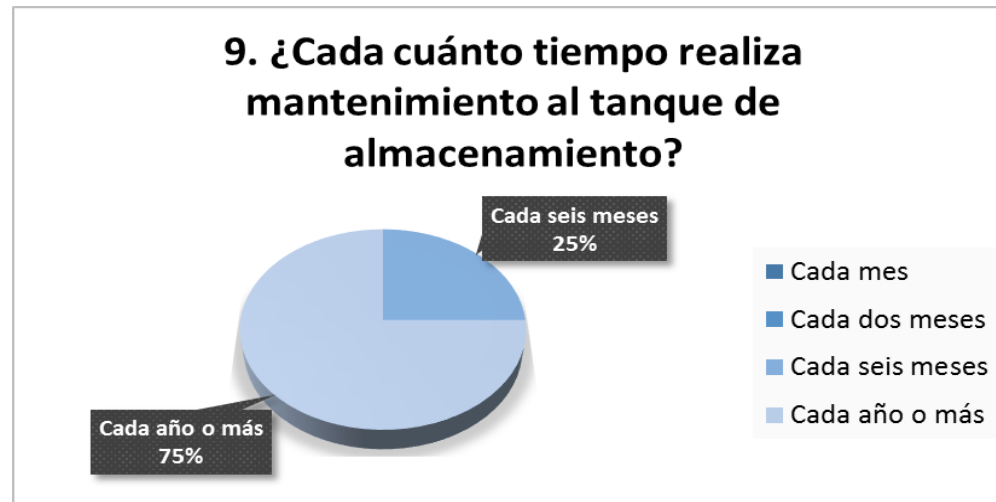
### Resultados de las preguntas 6, 7, 9 y 10



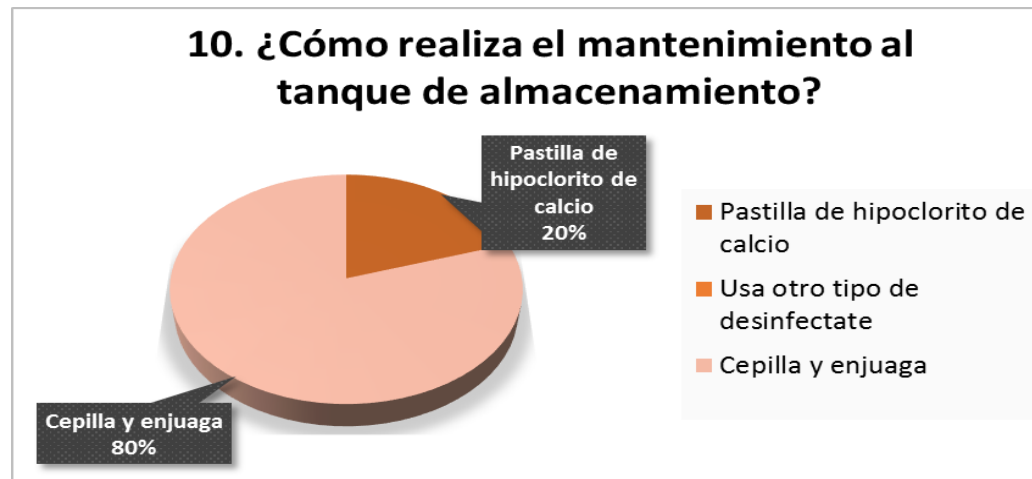
**Gráfico 2.** Resultados de la pregunta 6. Sector La Saiba. **Elaborado por:** Oliver Soria



**Gráfico 3.** Resultados de la pregunta 7. Sector La Saiba. **Elaborado por:** Oliver Soria.



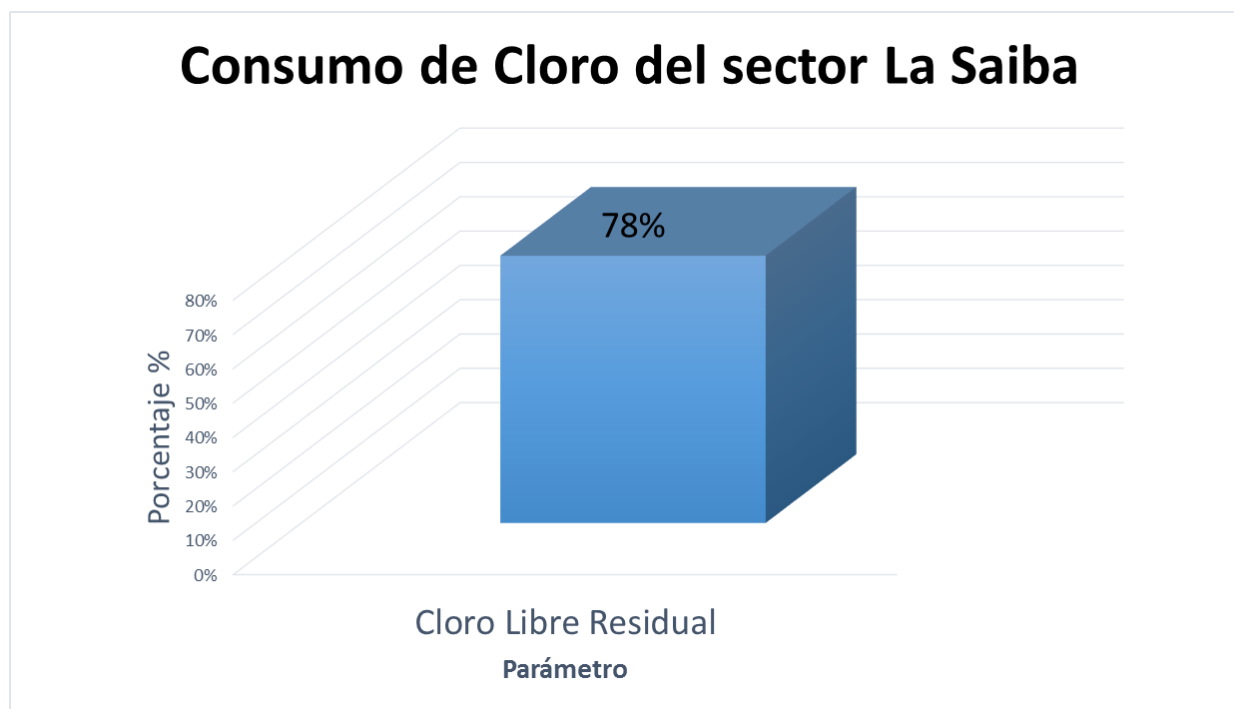
**Gráfico 4.** Resultado de la pregunta 9. Sector La Saiba. **Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 5.** Resultados de la pregunta 10. Sector La Saiba. **Elaborado por:** Oliver Soria.

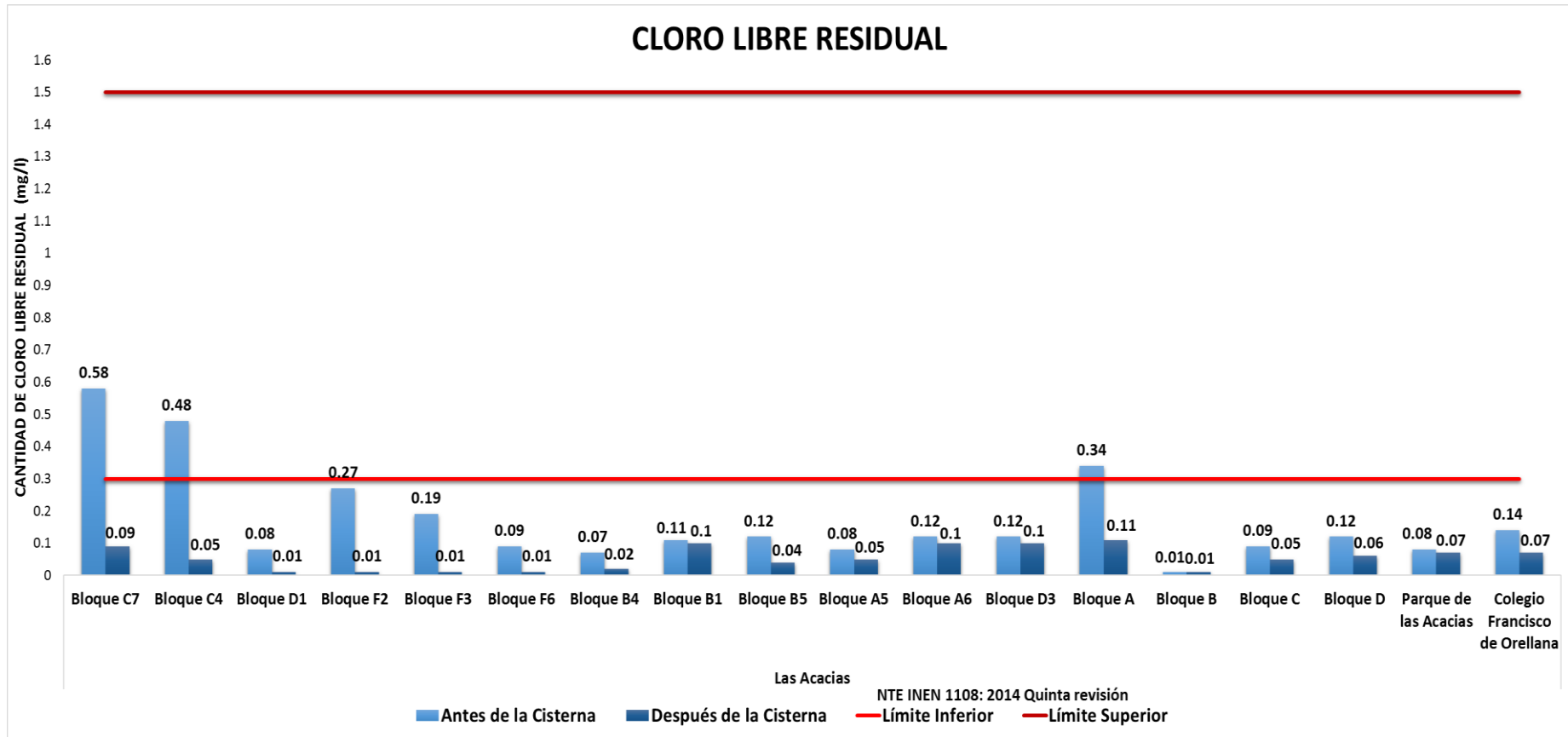
## Consumo del Cloro Libre Residual

En el presente gráfico, se aprecia, que el consumo de Cloro que existe en el sector de La Saiba es del 78%, lo que indica, que el promedio de cloro ha disminuido, entre las redes que abastecen las cisternas y las que abastecen a las viviendas.



**Gráfico 6.** Consumo de Cloro Libre Residual. Sector al Saiba, **Elaborado por:** Oliver Soria.

## 4.2. Las Acacias

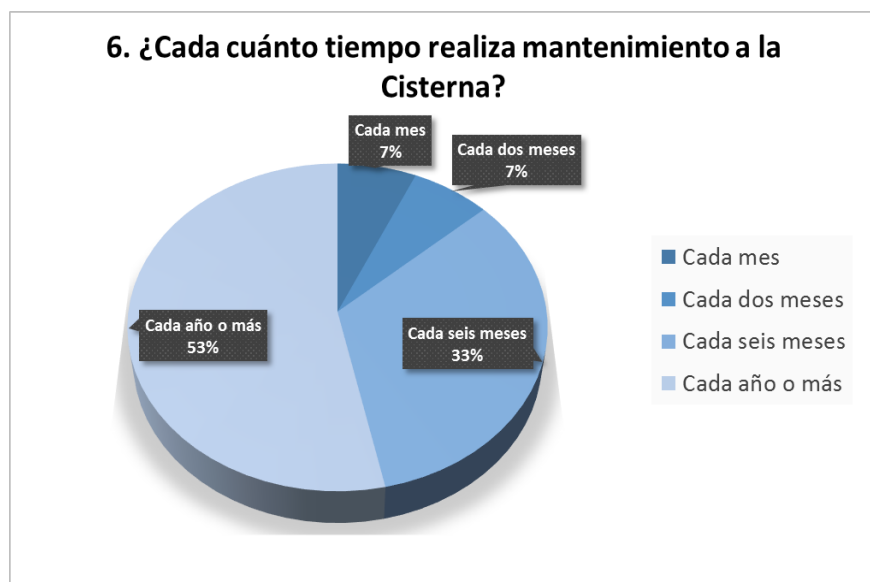


**Gráfico 7.** Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD. Sector Las Acacias. **Elaborado por:** Oliver Soria.

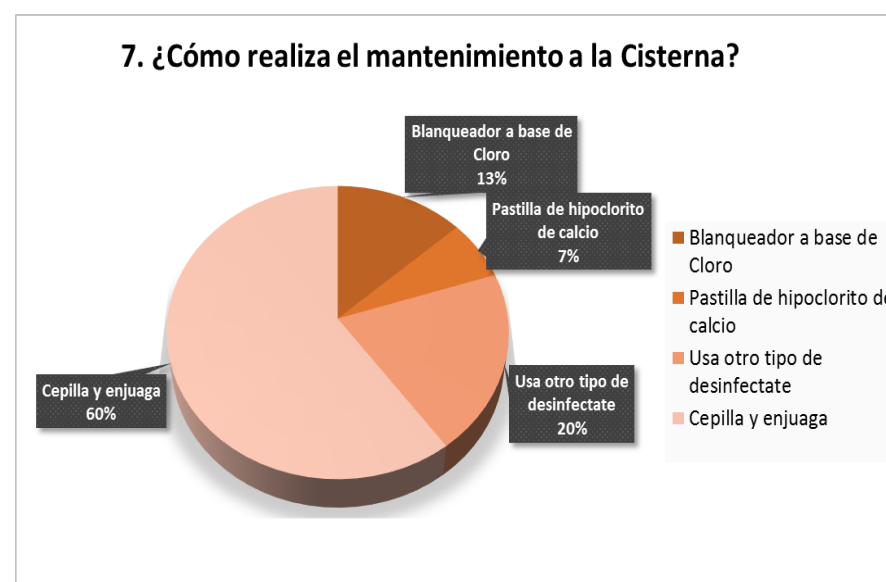


En el cuadro de resultados del sector de Las Acacias, se puede observar, que la cantidad de Cloro contenida en el agua que ingresa a las cisternas, está por debajo del límite inferior y solo en 3 bloques, se encontró que está dentro de lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 en su Quinta revisión. En cuanto al Cloro, que se encuentra en el agua que ingresa a las viviendas del sector, se aprecia que está por debajo, del límite inferior. Comparando con la información obtenida en las respuestas a las preguntas 6, 7, 9 y 10 de las encuestas realizadas, más de la mitad de los usuarios residentes de este sector, efectúan el mantenimiento de sus cisternas y de sus tanques de almacenamiento, con muy poca frecuencia (53% realiza cada año o más), mientras que el resto de los usuarios lo hace con más frecuencia. Además, la mayoría de ellos solo cepilla y enjuaga las cisternas (60%), mientras que el 40% utilizan productos que contienen Cloro para realizar el mantenimiento.

### Resultados de las preguntas 6, 7, 9 y 10



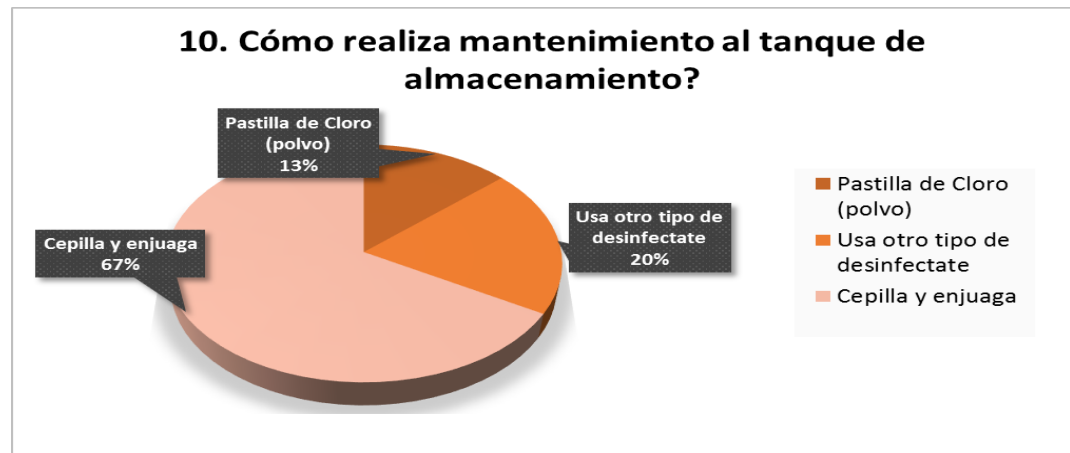
**Gráfico 8.** Resultados de la pregunta 6. Sector Las Acacias.  
**Elaborador por:** Oliver Soria



**Gráfico 9.** Resultados de la pregunta 7. Sector Las Acacias.  
**Elaborado por:** Oliver Soria.



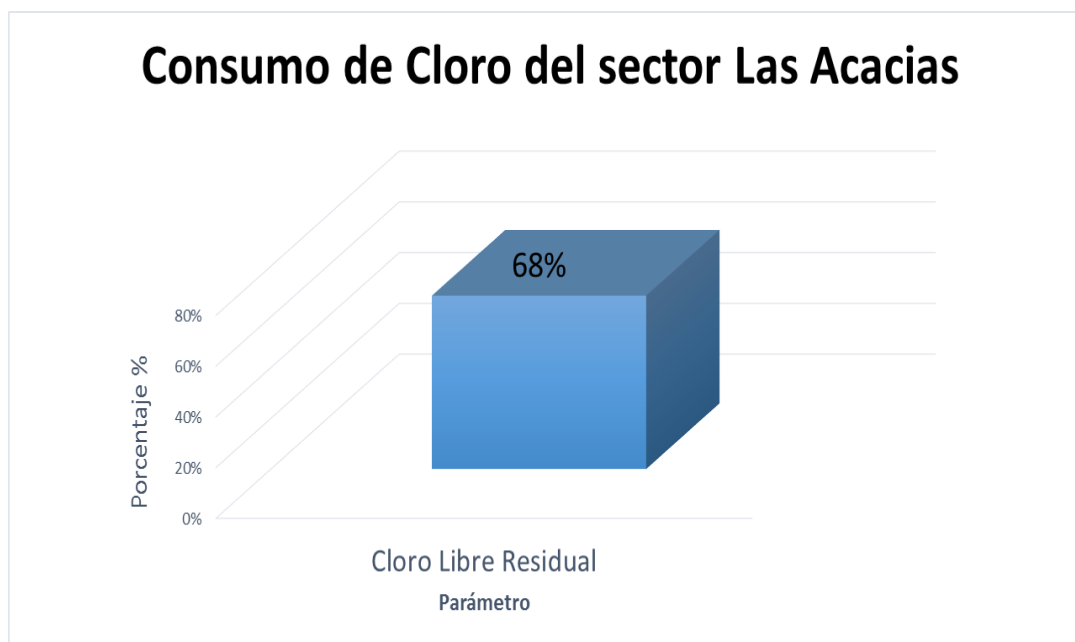
**Gráfico 10.** Resultados de la pregunta 9. Sector Las Acacias. **Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 11.** Resultados de la pregunta 10. Sector Las Acacias. **Elaborado por:** Oliver Soria.

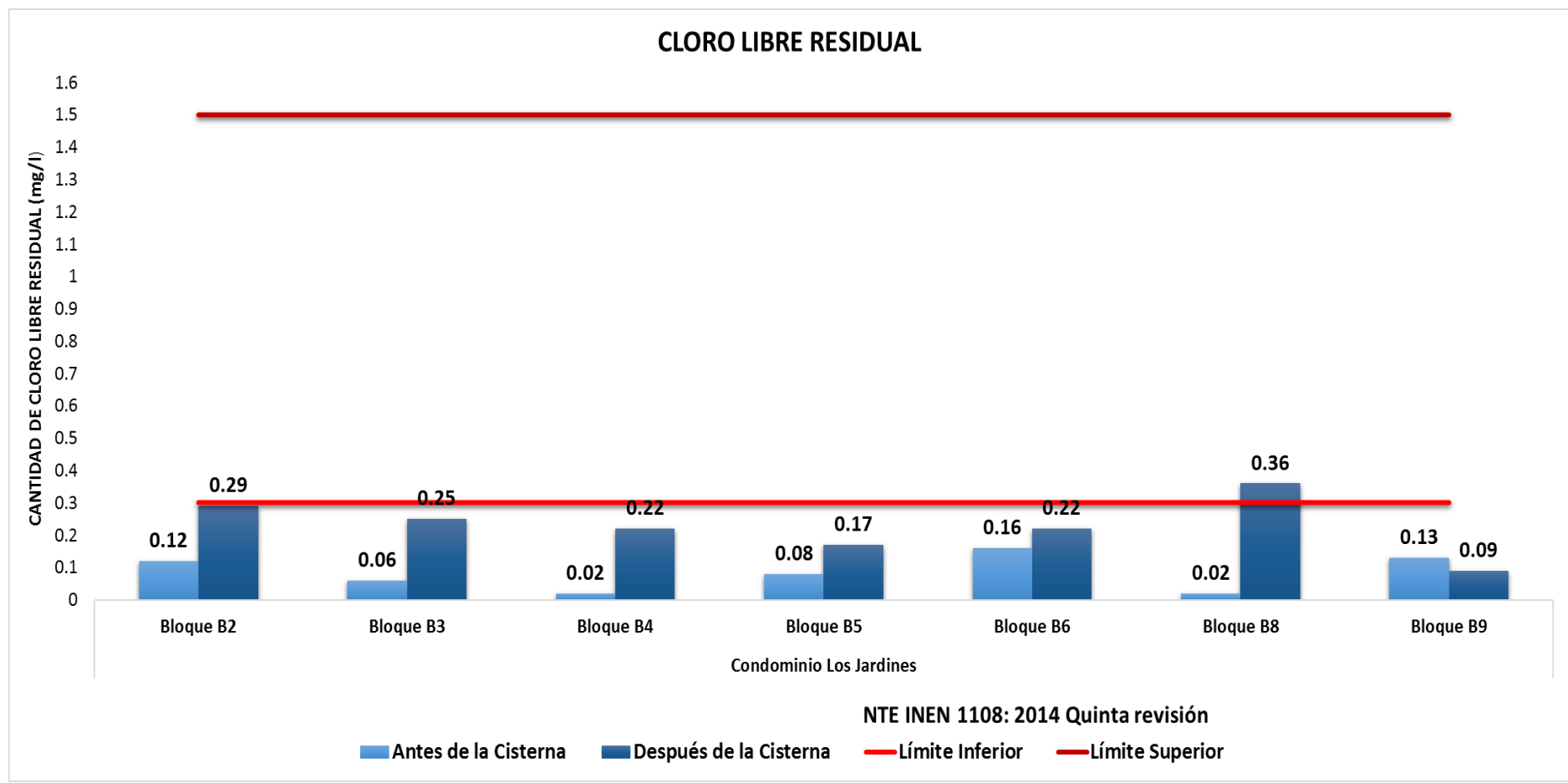
## Consumo de Cloro Libre Residual

En el gráfico 12, se observa, que el consumo de Cloro en el sector de Las Acacias es del 68%, que representa, un promedio de la cantidad de Cloro que ha disminuido, entre las redes que abastecen las cisternas y las que abastecen a las viviendas existentes en el sector.



**Gráfico 12.** Consumo del Cloro Libre Residual del sector Las Acacias. **Elaborado por:** Oliver Soria

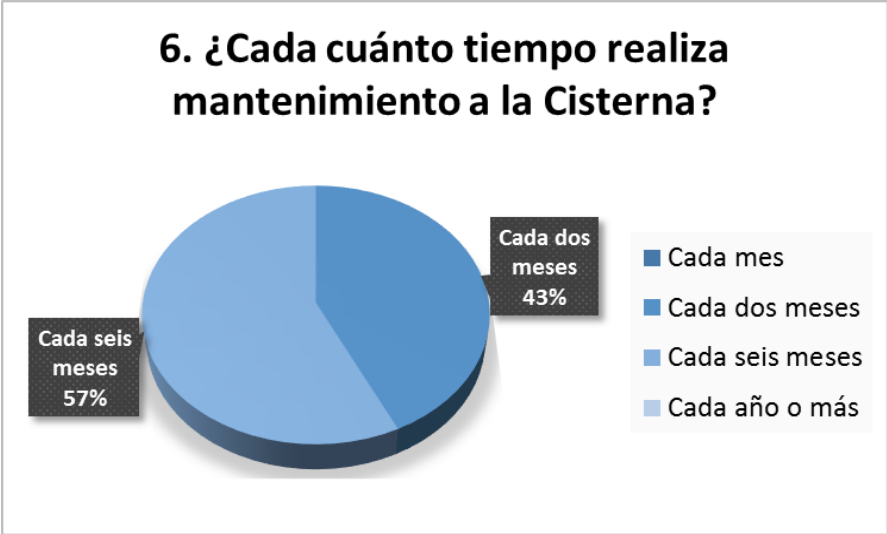
### 4.3. Condominio Los Jardines



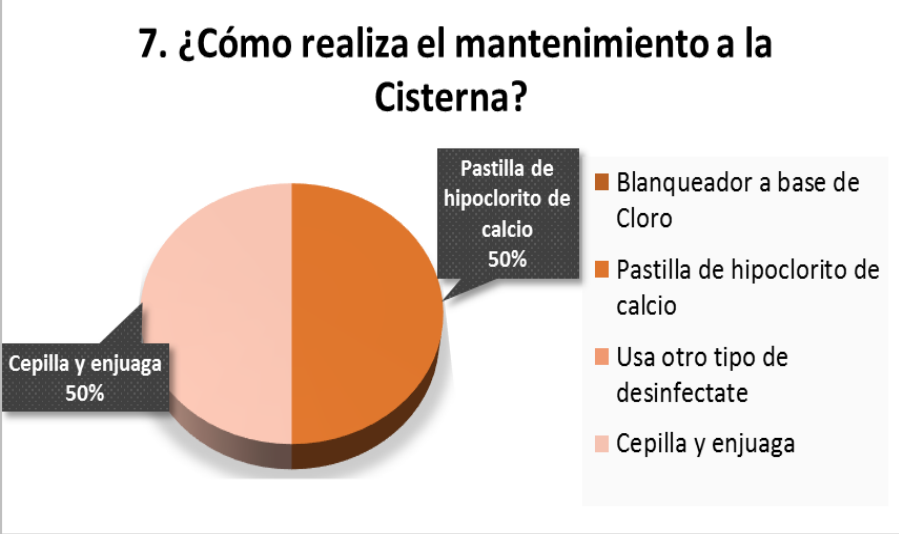
**Gráfico 13.** Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del Condominio Los Jardines. **Elaborado por:** Oliver Soria.

En el presente cuadro de resultados del condominio Los Jardines, se puede observar que la cantidad de Cloro, contenida en el agua que ingresa, para abastecer la cisterna, está por debajo del límite inferior establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 en su Quinta revisión, sin embargo, la cantidad de cloro que llega a las viviendas, en un gran porcentaje de ellas se encuentran dentro del límite inferior, debido a que se realiza el proceso de Cloración por parte de los habitantes del sector, por lo que no existe un consumo de Cloro. Comparando la información obtenidas de las respuestas a las preguntas 6, 7, 9 y 10 de las encuestas realizadas previamente, más del 50% de los usuarios residentes de este condominio, efectúan el mantenimiento de sus cisternas y de sus tanques de almacenamiento con una frecuencia de cada 6 meses, mientras que el resto de los usuarios lo hacen cada 2 meses, y en cuanto a la manera en que realizan dicho mantenimiento, todos los encuestados, aparte de cepillar y enjuagar, usaron blanqueador a base de Cloro para la cisterna y pastillas de Cloro para el tanque de almacenamiento.

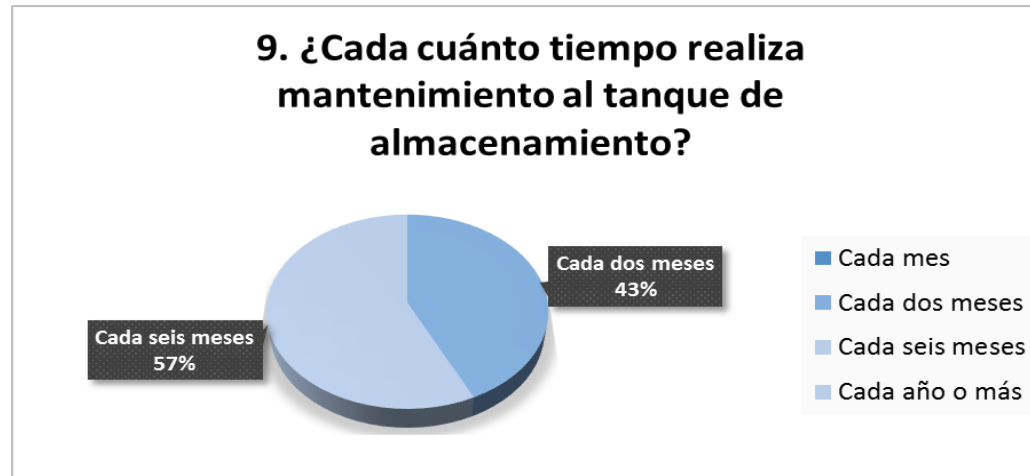
**Resultados de las preguntas 6, 7, 9 y 10**



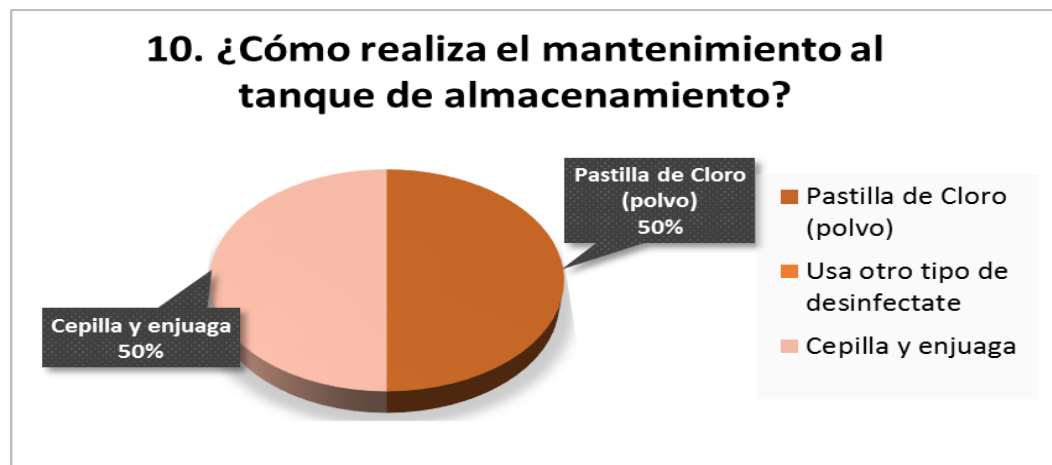
**Gráfico 15.** Resultados de la pregunta 6. Condominio Los Jardines.  
**Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 14.** Resultados de la pregunta 7. Condominio Los Jardines.  
**Elaborado por:** Oliver Soria

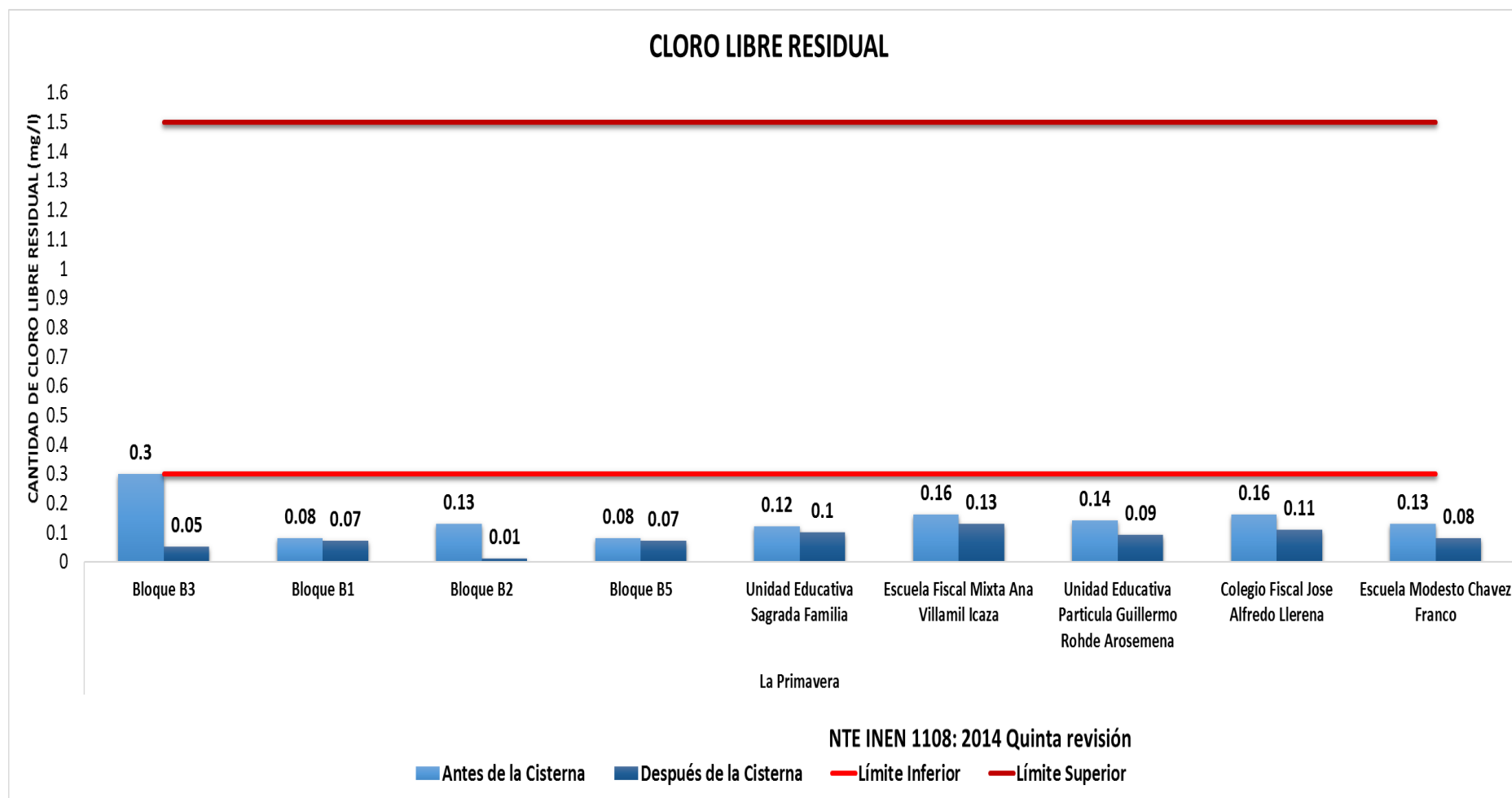


**Gráfico 16.** Resultados de la pregunta 9. Condominio Los Jardines. **Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 17.** Resultados de la pregunta 10. Condominio Los Jardines. **Elaborado por:** Oliver Soria

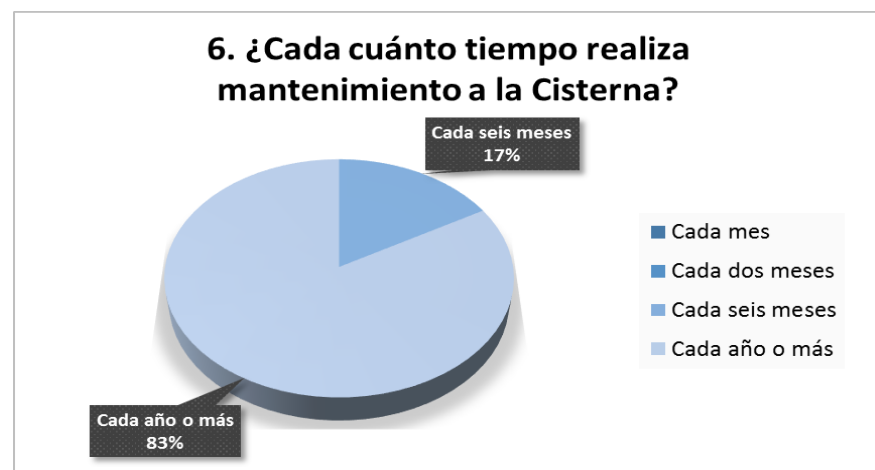
#### 4.4. La Primavera



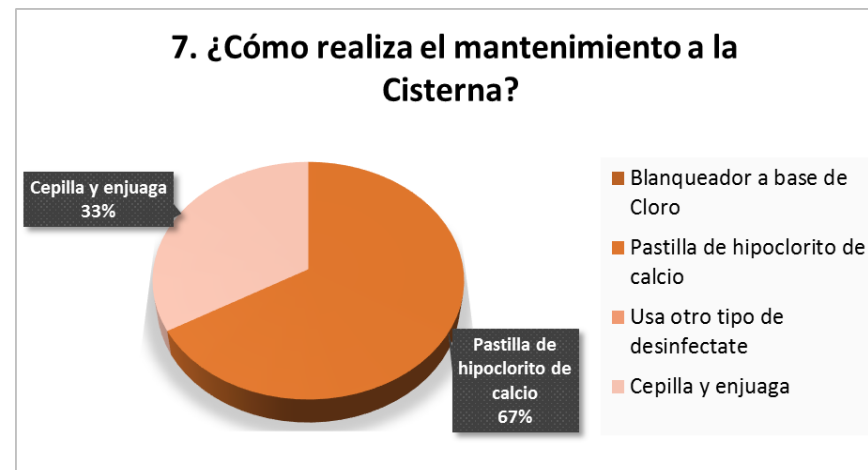
**Gráfico 18.** Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del sector La Primavera. **Elaborado por:** Oliver Soria.

En el cuadro de resultados del sector La Primavera, se aprecia que la cantidad de Cloro contenida en el agua, que ingresa a la cisterna, está por debajo del límite inferior establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 en su Quinta revisión, pero sólo en un bloque, se observa que la cantidad de Cloro, está dentro de la norma. También se aprecia que la cantidad de Cloro medida dentro de las viviendas, se encuentra por debajo de los límites establecidos. Además, comparando con las respuestas a las preguntas 6, 7, 9 y 10 realizadas en las encuestas previas, se aprecia que el 80% de los usuarios del sector realizan mantenimiento de sus cisternas y tanques de almacenamiento cada año o más, y el resto lo realiza cada seis meses, mientras que la forma en que se hace dicho mantenimiento, es empleando pastillas de hipoclorito de Calcio en caso de las cisternas y en cuanto que, en los tanques de almacenamiento el 80% solo lo cepilla y enjuaga, y un 20% restante del sector, utiliza pastillas de Cloro.

### Respuestas des las preguntas 6, 7, 9 y 10



**Gráfico 20.** Resultados de la pregunta 6. Sector La Primavera.  
Elaborado por: Oliver Soria.

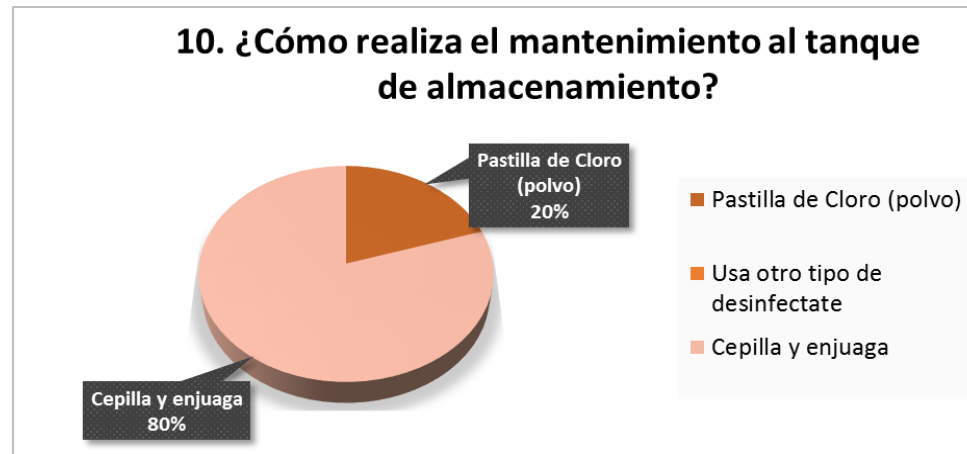


**Gráfico 19.** Resultados de la pregunta 7. Sector La Primavera.  
Elaborado por: Oliver Soria.





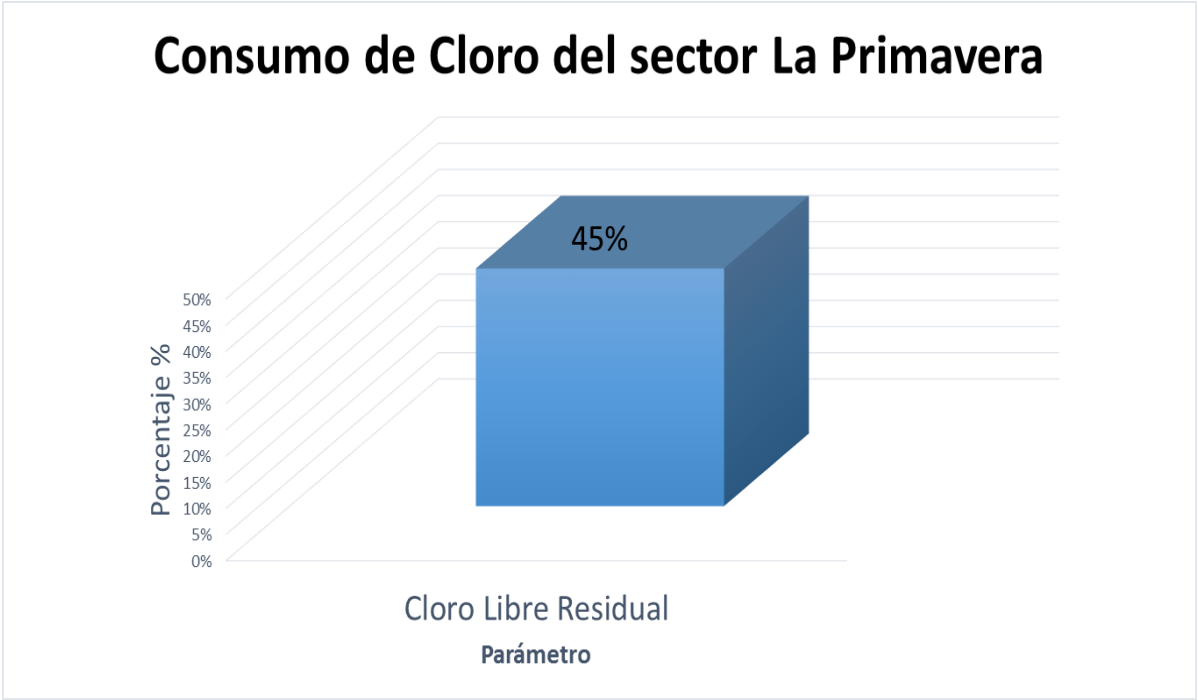
**Gráfico 21.** Resultados de la pregunta 9. Sector La Primavera. **Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 22.** Resultados de la pregunta 10. Sector La Primavera. **Elaborado por:** Oliver Soria.

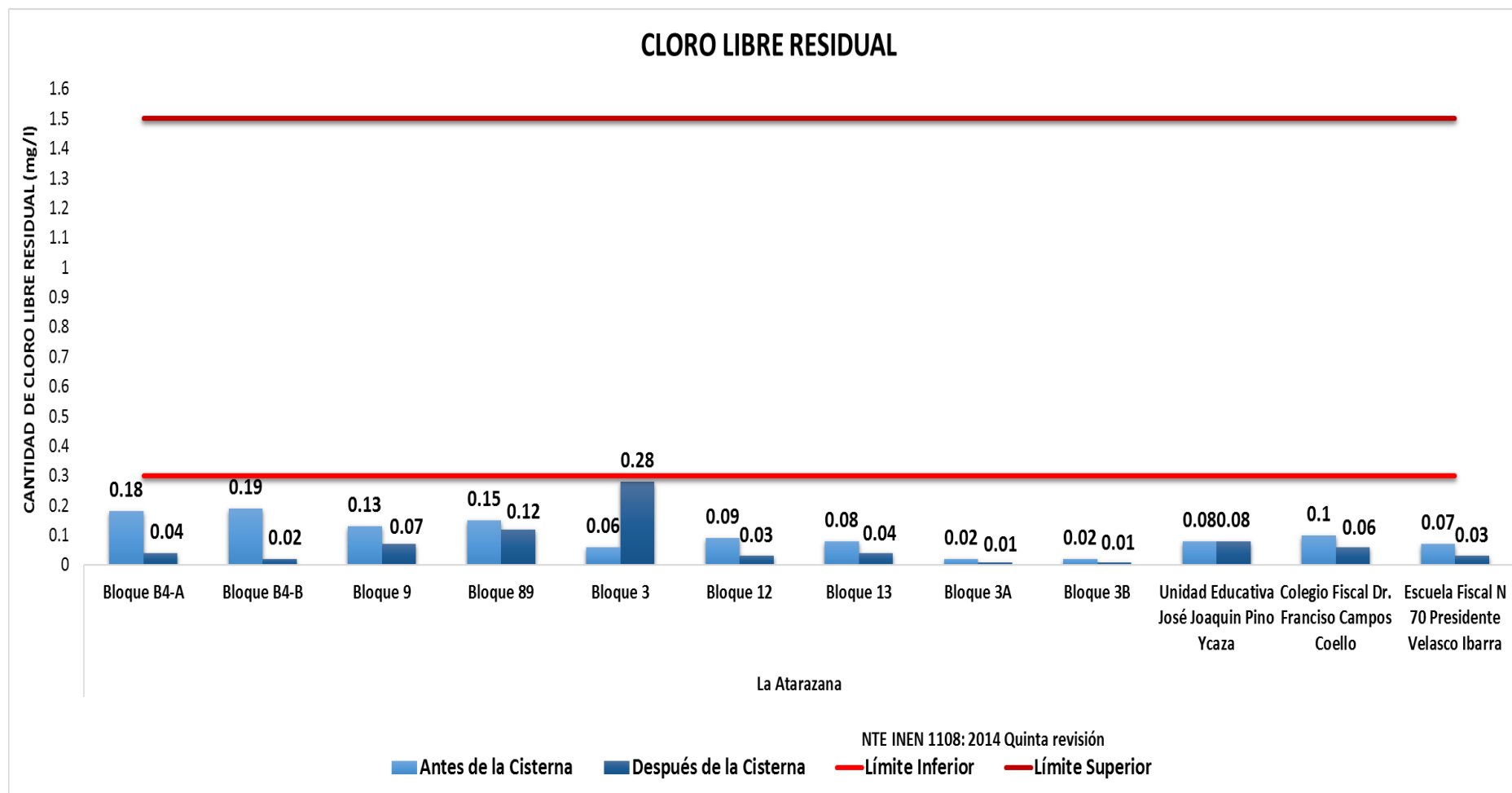
### Consumo de Cloro Libre Residual

En el gráfico siguiente, se aprecia que la cantidad de consumo de Cloro en el sector La Primavera es del 45%, lo que indica un promedio de la cantidad de Cloro que se ha disminuido entre todas las redes que abastecen las cisternas y las que abastecen a las viviendas y colegios del sector.



**Gráfico 23.** Consumo del Cloro Libre Residual del sector La Primavera. **Elaborado por:** Oliver Soria.

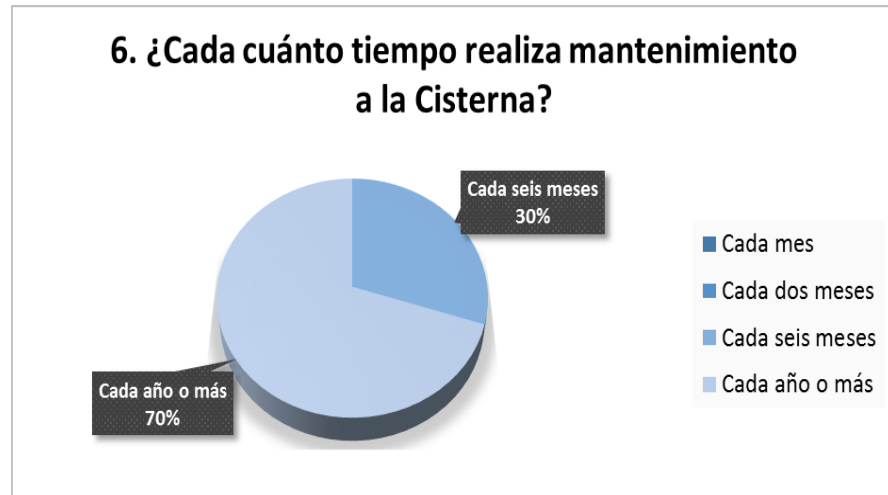
#### 4.5. La Atarazana



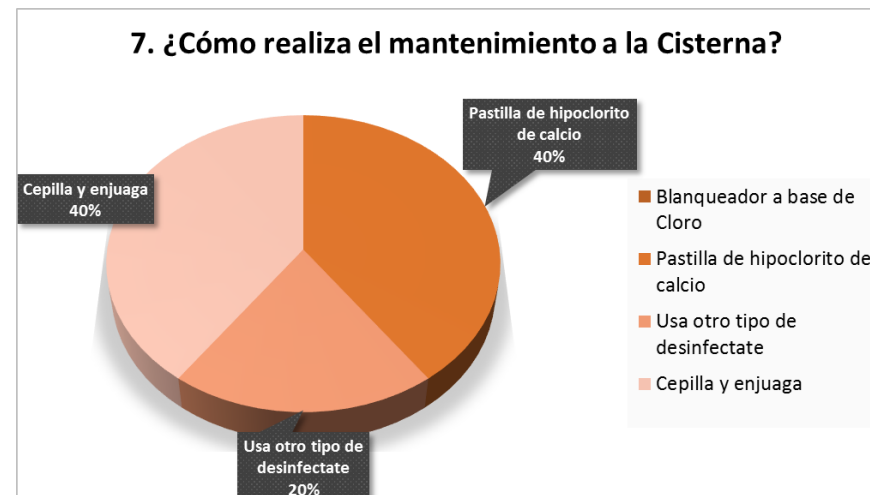
**Gráfico 24.** Cuadro de resultados del ensayo del Método DPD del sector La Atarazana. **Elaborado por:** Oliver Soria.

Como se observa en el cuadro de resultados del sector La Atarazana, la cantidad de Cloro presente en el agua de las redes que abastecen a la cisterna, se encuentran por debajo del límite establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108: 2014 en su Quinta revisión. En cuanto que, a la cantidad de Cloro que se encuentra en el agua que llega a las viviendas, solo en el Bloque 3, se aprecia que está cerca del límite inferior y el resto de los resultados están por debajo de dicho límite. Comparando los resultados obtenidos en las respuestas de las preguntas 6, 7, 9 y 10, se observa que el 70% de los usuarios del sector, efectúan el mantenimiento de la cisterna y del tanque de almacenamiento con muy poca frecuencia (cada año o más), y un 30% realiza cada seis meses. Además, un 40% de los encuestados, utiliza blanqueador a base de cloro para realiza el mantenimiento, un 20% utiliza otro tipo de desinfectante y el otro 40% sólo cepilla y enjuaga para realiza el mantenimiento de la cisterna. Para el mantenimiento del tanque de almacenamiento el 80% de los encuestados solo lo cepillan y lo enjuagan, un 20% utilizan pastillas de cloro en polvo.

### Respuestas de las preguntas 6, 7, 9 y 10.



**Gráfico 26.** Resultados de la pregunta 6. Sector La Atarazana.  
Elaborado por: Oliver Soria.



**Gráfico 25.** Resultados de la pregunta 7. Sector La Atarazana.  
Elaborado por: Oliver Soria.



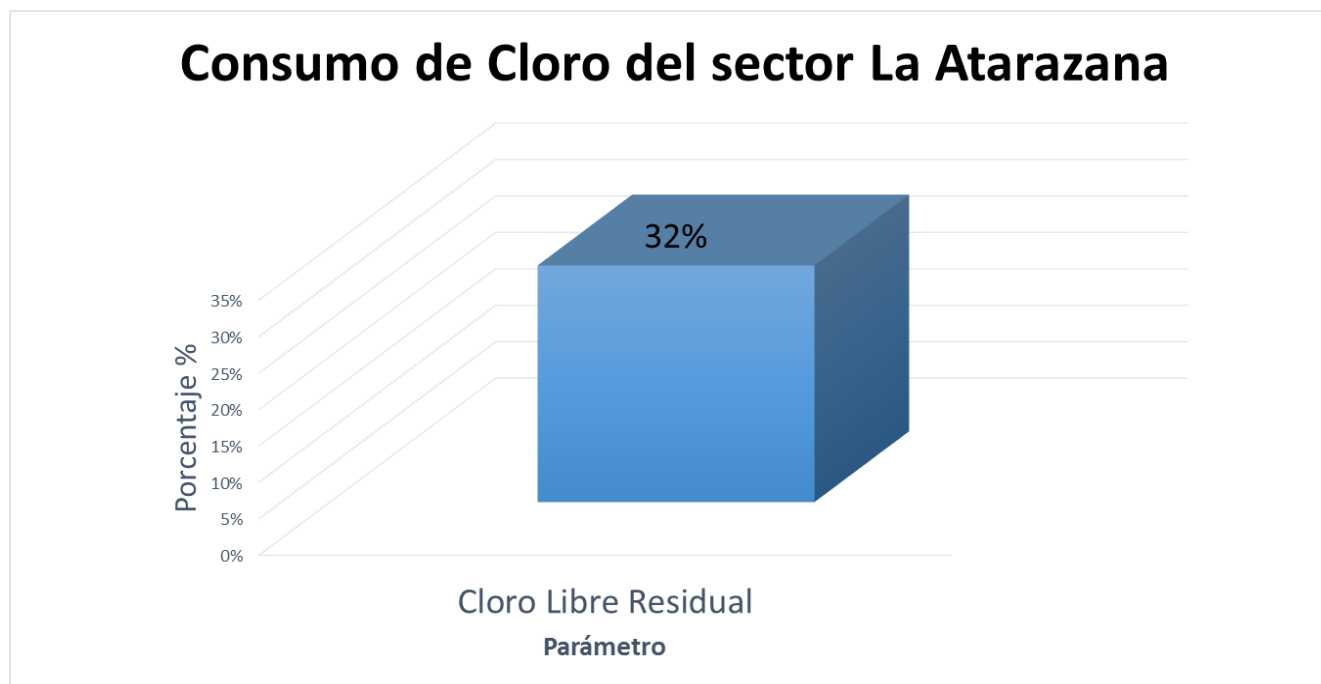
**Gráfico 27.** Resultados de la pregunta 9. Sector La Atarazana. **Elaborado por:** Oliver Soria.



**Gráfico 28.** Resultados de la pregunta 10. Sector La Atarazana. **Elaborado por:** Oliver Soria.

## Consumo de Cloro Libre Residual

En el presente gráfico, se aprecia, que la cantidad de consumo de Cloro en el sector La Atarazana es del 32%, esto indica una disminución entre la cantidad de Cloro que se encuentra en el agua de las redes que abastece a las cisternas y las que abastecen a los bloques y colegios del sector.



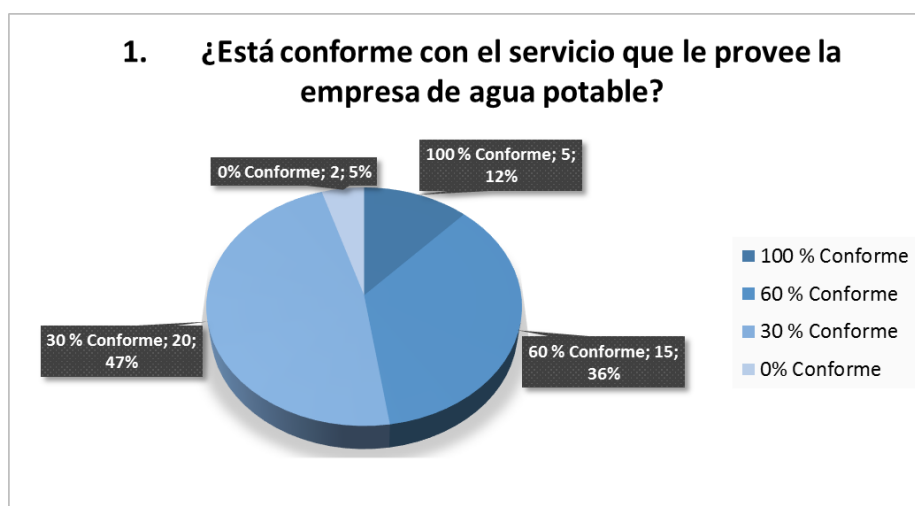
**Gráfico 29.** Consumo del Cloro Libre Residual del sector La Atarazana. **Elaborado por:** Oliver Soria.

## 4.6. Resultados de las encuestas

Se presenta a continuación los resultados de las encuestas realizadas, previo a la toma de muestras y ensayos, que tienen relación con el grado de satisfacción de los usuarios del sector, con el servicio que reciben.

### Respuestas de la pregunta 1

Como se observa en el presente gráfico, el 5% de los encuestados, no está conforme con la calidad de agua, el 47% de los encuestados (20 bloques) está 30% conforme con el servicio, el 36% de los encuestados está 60% conforme y sólo un 12% está conforme.



**Gráfico 30.** Resultados de la pregunta 1. **Elaborado por:** Oliver Soria.

### Respuestas de la pregunta 2

En el gráfico 31, se aprecia que un 12% de los encuestados no está conforme debido a la presión del agua, un 28% no lo está, debido a que no han tenido mantenimiento en las tuberías o redes que llegan a su vivienda, un 35% de los encuestados no está conforme por la calidad del agua y el 25% restante no está conforme debido al costo del servicio.

## 2. ¿Por qué no está conforme?

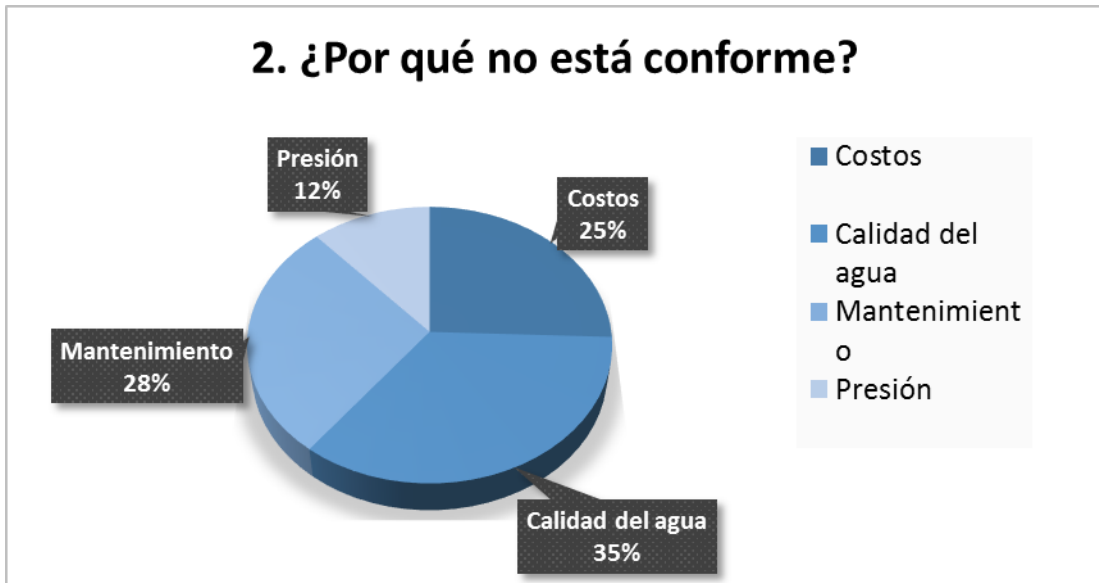


Gráfico 31. Resultados de la pregunta 2. Elaborado por: Oliver Soria.

### Respuestas de la pregunta 3

En el gráfico 32, se detalla que el 33% de los encuestados no ha percibido cloro en sus viviendas, un 43% ha percibido pocas veces y un 24% ha percibido cloro varias veces en sus viviendas.

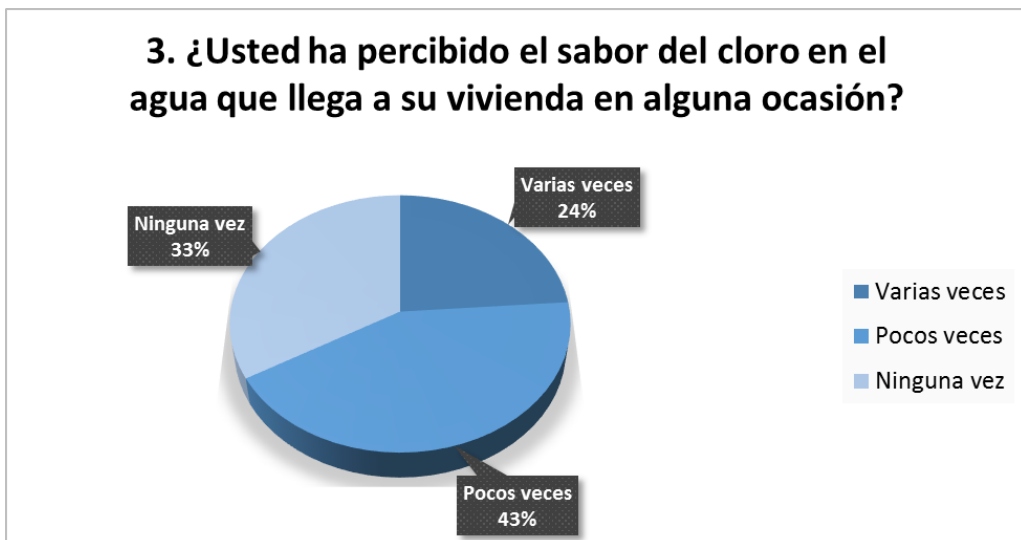
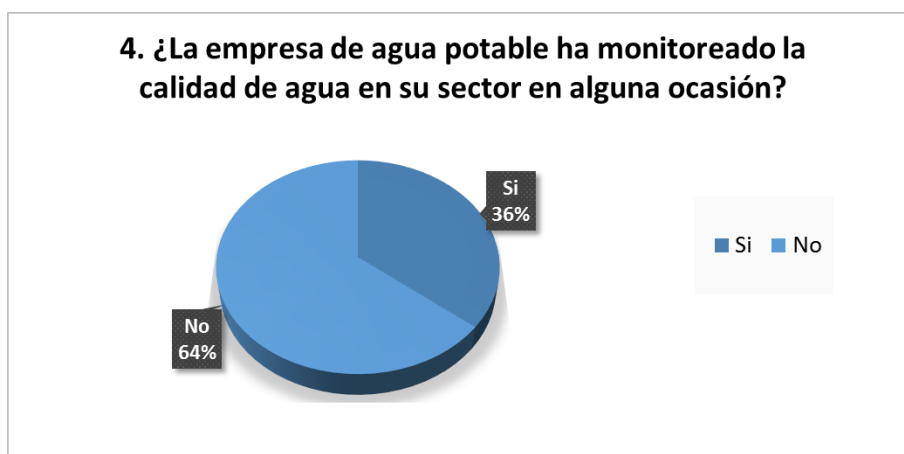


Gráfico 32. Resultados de la pregunta 3. Elaborado por: Oliver Soria.



#### Respuestas de la pregunta 4

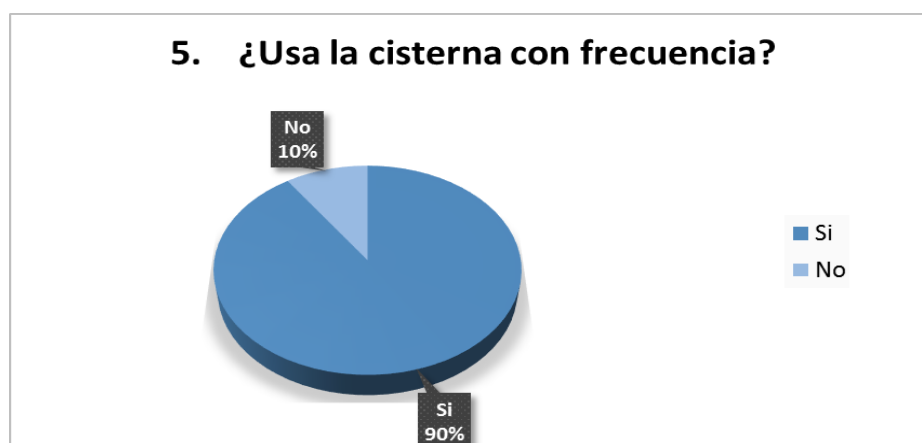
En el gráfico 33, se aprecia que un 64% de los encuestados no han recibido monitoreo por parte de la empresa de agua potable en su sector y un 36% si han recibido monitoreo en alguna ocasión.



**Gráfico 33.** Resultados de la pregunta 4. **Elaborado por:** Oliver Soria.

#### Respuestas de la pregunta 5

En la presente gráfica, se especifica que el 90% de los encuestados usa con frecuencia la cisterna, mientras que un 10% de las personas no la utiliza con frecuencia.



**Gráfico 34.** Resultados de la pregunta 5. **Elaborado por:** Oliver Soria.

### Respuestas de la pregunta 8

En gráfica 35, se especifica que un 90% de los encuestados utiliza tanque de almacenamiento para proveer agua a la red de distribución de sus viviendas, mientras que un 10 % no utiliza.

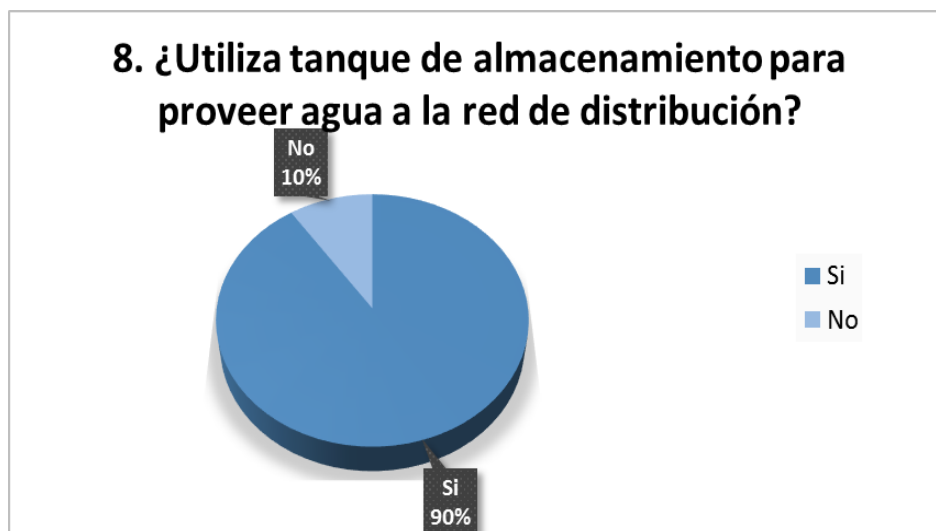


Gráfico 35. Resultados de la pregunta 8. Elaborado por: Oliver Soria.

### Respuestas de la pregunta 11

En la presente gráfica, se detalla el porcentaje de personas que han percatado que el aspecto del agua, haya variado, un 86% si lo ha percatado, mientras que un 14% no se ha percatado.

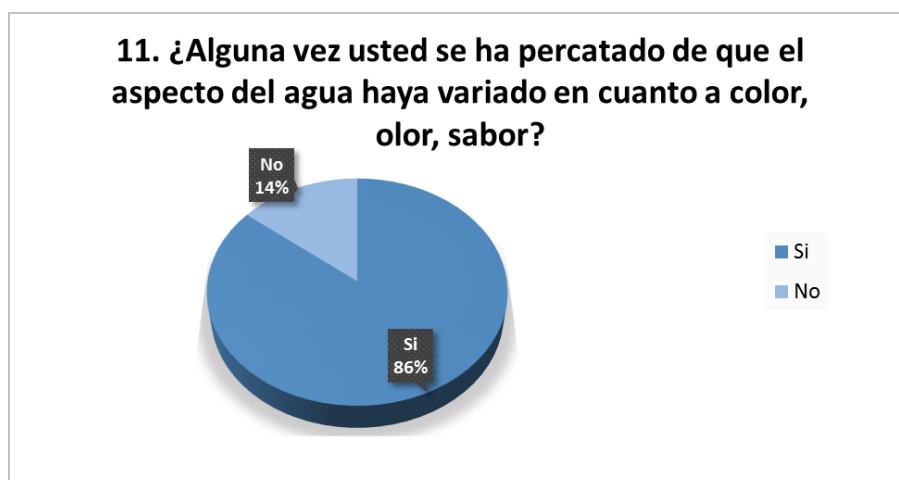
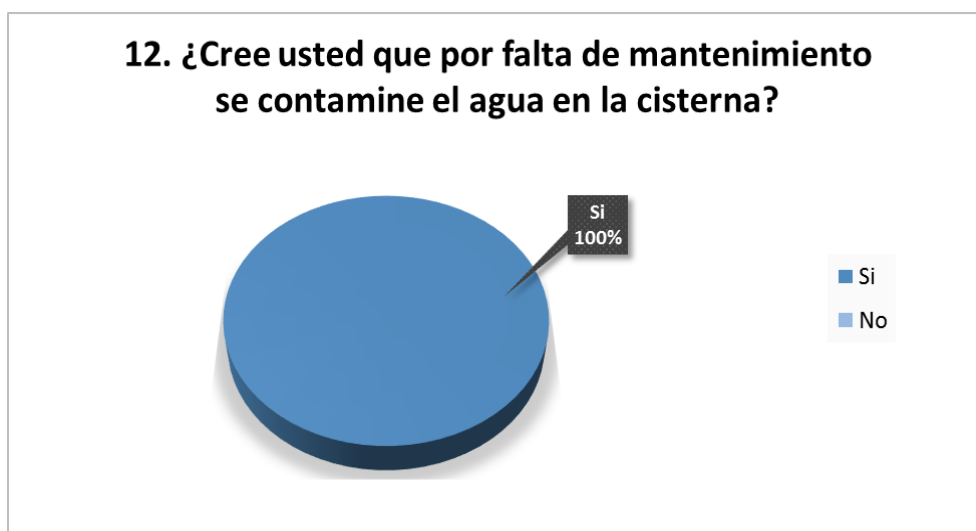


Gráfico 36. Resultados de la pregunta 11. Elaborado por: Oliver Soria.

## Respuestas de la pregunta 12

En la gráfica 37, se aprecia que el 100% de las personas encuestadas, cree que, por falta de mantenimiento a la cisterna, el agua se contamine.



**Gráfico 37.** Resultados de la pregunta 12. **Elaborado por:** Oliver Soria.

## **Capítulo V**

### **5. Conclusiones y Recomendaciones**

#### **5.1. Conclusiones**

El método colorimétrico DPD es uno de los sistemas más usados que permite la determinación de la cantidad de cloro libre residual en el agua, se basa en la adición de un reactivo y la identificación de la intensidad de color que determina la concentración de cloro libre residual. Luego de la aplicación de este método, los resultados obtenidos arrojaron un grado de dispersión entre el límite inferior y límite superior aceptado de la cantidad de Cloro en el agua de acuerdo a la norma NTE INEN 1108.

Los sectores que fueron parte del estudio de campo, permitieron tener una idea representativa del nivel de Cloro que llega a estas zonas. De acuerdo a los resultados obtenidos en los sectores de Las Acacias, La Saiba, La Primavera y La Atarazana se puede concluir, que existe insatisfacción en cuanto, al servicio proporcionado por la empresa INTERAGUA, debido a los parámetros de limpieza, y calidad del agua. El estudio refleja que el uso de la cisterna y su mantenimiento afecta, en cuanto, a la calidad del agua en su parámetro Cloro Libre residual, que ingresa a los sectores que formaron parte de este estudio.

Existió un caso en el condominio Los Jardines ubicado al Sur de la ciudad de Guayaquil, que ayudo a comprender, la importancia del mantenimiento de las cisternas debido a que, los moradores realizaban procesos de cloración que optimizaba la calidad del agua.

Existe también un grado de desinformación, en cuanto, al mantenimiento y limpieza que se le debe dar a las cisternas, es por esto, que se encuentra en muchos sectores de la ciudad, cisternas descuidadas, además de la desorganización por parte de los moradores, de los bloques residenciales, que trae como consecuencia este problema.

## 5.2. Recomendaciones

Debido a los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- ❖ Realizar un mantenimiento adecuado a las cisternas con una frecuencia de cada 6 meses, ya sea con cloro o algún otro desinfectante recomendado. Este mantenimiento debería consistir en cepillar las paredes y esquinas en el interior de la cisterna, asegurándose de que no queden residuos orgánicos impregnados.
- ❖ Observar que no existan fisuras de ningún tipo en las cisternas, en caso de presentarse realizar su pronta reparación.
- ❖ Inspeccionar el estado de las tapas, es decir, no deben presentar roturas importantes, ni desgaste por el tiempo de uso, esto ayudará a que ningún organismo ni presencia de óxido ingrese a la cisterna.
- ❖ En el caso de los colegios, en donde se observó descuido en cuanto al mantenimiento de cisternas, es necesario, tomar medidas más drásticas debido a que, el nivel de afectación es grave y sus consecuencias pueden ser perjudiciales para la salud de los estudiantes que utilizan dichos servicios.
- ❖ Se recomienda que los responsables de cada bloque de vivienda, pida a la empresa de servicio de agua, información concreta en cuanto al mantenimiento que se le debe realizar a las cisternas, de esta forma se evitarán casos dispersos en cuanto a la cantidad de cloro residual en el agua. Además, deberían exigir un monitoreo constante, para tener la seguridad de que el agua potable que llegue a sus viviendas se encuentre dentro del margen correcto establecido en la norma INEN 1108.

## REFERENCIAS

- Álvarez, J. (2016). *Manual de tratamientos del agua de consumo humano*. Recuperado a partir de <http://www.saludcastillayleon.es/sanidad/cm/profesionales/images?idMmedia=111473>
- APRISABAC (Ed.). (2013). *Manual de Procedimientos Técnicos en Saneamiento*. Cajamarca. Recuperado a partir de <http://www.minsa.gob.pe/publicaciones/aprisabac/44.pdf>
- Aquaquimi. (s. f.). Desinfección del Agua Potable [Laboratorio Químico]. Recuperado a partir de [http://www.aquaquimi.com/Paginas/Trat\\_agua\\_pot/Desinfeccion%20agua/agua%20potable%20cloro.html](http://www.aquaquimi.com/Paginas/Trat_agua_pot/Desinfeccion%20agua/agua%20potable%20cloro.html)
- Crehuet, F., Moreno, O., & López, J. (2001). Determinación de cloro residual. Método del DPD. Recuperado a partir de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand13.pdf>
- Crittenden, J., Trussell, R., Hand, D., Howe, K., & Tchobanoglous, G. (2012). *MWH's Water Treatment: Principles and Design, 3rd Edition*.
- ECAPAG. (2001). Parámetros de calidad de Servicio a controlar por Ecapag y metas a alcanzar por el prestador de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Guayaquil. Recuperado a partir de [https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/anexo\\_2.pdf](https://www.interagua.com.ec/sites/default/files/portal-de-transparencia/anexo_2.pdf)
- Giraldo, G. (1995). *Manual de análisis de aguas*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/50540/1/manualdeanalisisdeaguas.pdf>
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Universidad Veracruzana. Recuperado a partir de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

- Londoño, A., Giraldo, G., & Gutiérrez, Á. (2010). *Métodos Analíticos para la Evaluación de la calidad Fisicoquímica del agua*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. (2015). Mexico. Recuperado a partir de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro24.pdf>
- Mejía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. CAF. Recuperado a partir de <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/918/Agua%20y%20saneamiento%20en%20la%20nueva%20ruralidad.pdf>
- Nuñez, J. (2013). *Agua y Saneamiento a nivel Nacional*. Argentina. Recuperado a partir de <http://www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=1737>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad de Agua Potable* (Vol. 1). Recuperado a partir de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Pérez, J. A., & Espigares, M. (1995). Estudio Sanitario del agua. En *Desinfección del Agua. Cloración* (p. 18). Universidad de Granada. Recuperado a partir de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/CLORACION.pdf>
- PUMAGUA. (2009). *ANEXO. Calidad de Agua*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Recuperado a partir de [http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/informes/05\\_calidaddelagua2009.pdf](http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/informes/05_calidaddelagua2009.pdf)
- Quijandría, Q. (2011, octubre 26). Control de Calidad de Agua – Determinación de Cloro Residual con DPD [R-Chemical]. Recuperado a partir de <http://www.r-chemical.com/control-de-calidad-de-agua-determinacion-de-cloro-residual-con-dpd/>

- Ramírez. (2015). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. Canal Educa. Recuperado a partir de <https://www.canaleduca.com/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.pdf>
- Ramirez, F. (2007). *EL MUESTREO DEL AGUA. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Recuperado a partir de <http://www.elaguapotable.com/EI%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>
- SENASBA. (2008). *Conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado sanitario*. Recuperado a partir de <http://bibliotecadelagua.sirh.gob.bo/docs/pdf/185.pdf>
- Vera, N. (2007). *Alternativas de potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del aeropuerto internacional de la ciudad de México*. Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F. Recuperado a partir de <http://www.elaguapotable.com/ALTERNATPOTAB.pdf>
- Vieira, M. (2013). *Captación y almacenamiento de agua lluvia* (Maval Ltda). Santiago de Chile: FAO. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>



## ANEXOS

### ANEXO 1: Norma INEN 1108

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra		

**Ilustración 4.** Tabla 1 Características físicas, sustancias inorgánicas. Agua potable Requisitos.

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 Quinta Revisión 2014-01

## ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRÁFICOS

### Sector Las Acacias



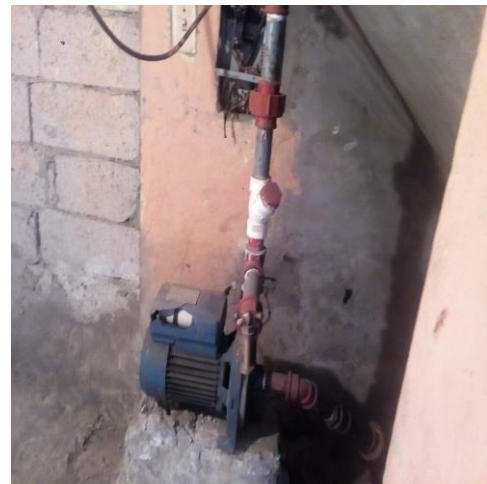
**Fotografía 1.** Cantidad de Cloro antes de la cisterna del Bloque C7.



**Fotografía 2.** Grifo de jardín del Bloque C7.



**Fotografía 3.** Estado de la Cisterna del Bloque C7.



**Fotografía 4.** Bomba del Bloque C7.



**Fotografía 5.** Cantidad de Cloro del Bloque C7, después de la Cisterna.



**Fotografía 6.** Grifo de jardín del Bloque F3.



**Fotografía 7.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque F3



**Fotografía 8.** Toma de muestras del Bloque F2.



**Fotografía 9.** Disolución del reactivo DPD en la muestra del Bloque F2



**Fotografía 10.** Coloración del agua al reactivo DPD.





**Fotografía 11.** Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque C4.



**Fotografía 12.** Cantidad de Cloro antes de la Cisterna del Bloque D1.



**Fotografía 13.** Llave de jardín del Colegio Francisco de Orellana.



**Fotografía 14.** Cantidad de Cloro antes de la Cisterna del Colegio Francisco de Orellana.



**Fotografía 15.** Cantidad de Cloro después de la Cisterna Colegio Francisco de Orellana.



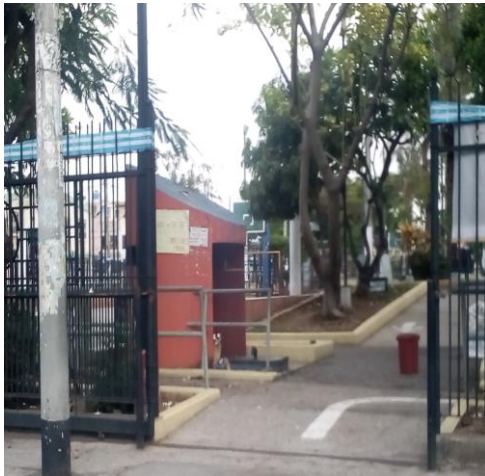
**Fotografía 16.** Cisterna del Bloque A5.



**Fotografía 17.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque A5.



**Fotografía 18.** Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque A5.



**Fotografía 19.** Cisterna del Parque de las Acacias.



**Fotografía 20.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del parque de las Acacias.



**Fotografía 21** Cantidad de Cloro después de la Cisterna del parque de las Acacias



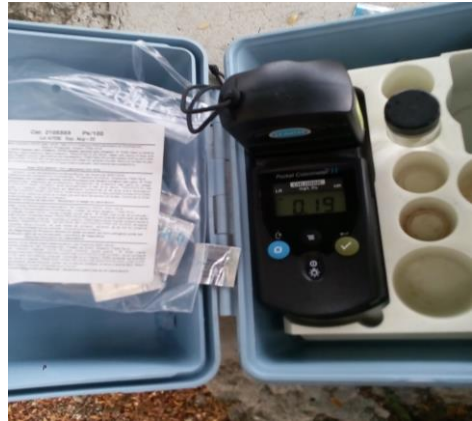
**Fotografía 22** Bloque de las Acacias



## Sector La Saiba



**Fotografía 23.** Llave de jardín del Bloque C6.



**Fotografía 24.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C6.



**Fotografía 25.** Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque C6.



**Fotografía 26.** Cisterna del Bloque S1.



**Fotografía 27.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque S1



**Fotografía 28.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque S1.



**Fotografía 29.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C1.



**Fotografía 30.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C1.



**Fotografía 31** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C4.



**Fotografía 32** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque C4.

## Sector La Primavera



**Fotografía 33.** Bloque 3 del sector La Primavera.



**Fotografía 34.** Llave de jardín del Bloque 3.



**Fotografía 35.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.



**Fotografía 36.** Cantidad de Cloro después de la Cisterna del Bloque 3.



**Fotografía 37.** Cantidad de Cloro que ingresa a la cisterna del Bloque 1.



**Fotografía 38.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 1.





**Fotografía 39.** Bloque 2 del sector La Primavera.



**Fotografía 40.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 2.



**Fotografía 41.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.



**Fotografía 42.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque C3



**Fotografía 43.** Medición realizada en la Unidad Educativa Sagrada Familia.



**Fotografía 44.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Unidad Educativa Sagrada Familia.



**Fotografía 45.** Medición realizada en la Escuela Fiscal Mixta Ana Villamil Icaza.



**Fotografía 46.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Escuela Fiscal Mixta Ana Villamil Icaza.



**Fotografía 47.** Medición realizada en la Unidad Educativa Particular Guillermo Rohde Arosemena.



**Fotografía 48.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Unidad Educativa Guillermo Rohde Arosemena.



**Fotografía 49.** Medición realizada en el Colegio Fiscal " José Alfredo Llerena"



**Fotografía 50.** Cantidad de Cloro que ingresa al Colegio Fiscal " José Alfredo Llerena".



## Condominio Los Jardines



**Fotografía 51.** Bloque 3 del Condominio Los Jardines.



**Fotografía 52.** Llave de jardín del Bloque 2



**Fotografía 53.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 2.



**Fotografía 54.** Bloque 2 Condominio Los Jardines



**Fotografía 55.** Cantidad de Cloro que ingresa al del Bloque 3.



**Fotografía 56.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna del Bloque 3.



**Fotografía 57.** Bloque 8 del Condominio Los Jardines.



**Fotografía 58.** Llave de jardín del Bloque 8.



**Fotografía 59.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 8.



**Fotografía 60.** Bloque 6 del Condominio los Jardines.



**Fotografía 61.** Llave de jardín del Bloque 6.



**Fotografía 62.** Cisterna del Bloque 6.





**Fotografía 63.** Cantidad de Cloro que ingresa a la Cisterna Bloque 6.



**Fotografía 64.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 6.



**Fotografía 65.** Bloque 5 del Condominio Los Jardines.



**Fotografía 66.** Llave de jardín del Bloque 5.



**Fotografía 67.** Cantidad de Cloro que ingresa a la cisterna del Bloque 5.



**Fotografía 68.** Cantidad de Cloro que ingresa al Bloque 5.

## Sector La Atarazana



**Fotografía 69.** Escuela Fiscal Presidente Velasco Ibarra.



**Fotografía 70.** Lugar de toma dentro de la Escuela Fiscal Presidente Velasco



**Fotografía 71.** Cloro en Cisterna Escuela Fiscal N70 Presidente Velasco.



**Fotografía 72.** Cantidad de Cloro en la Escuela Fiscal Presidente Velasco



**Fotografía 73.** Cisterna del Bloque 4-A.



**Fotografía 74.** Llave de jardín del Bloque B4-A.



**Fotografía 75.** Medición realizada en la Unidad Educativa José Joaquín Pino Ycaza.



**Fotografía 76.** Cantidad que ingresa a la Cisterna de la Unidad Educativa José Joaquín Pino Ycaza.



**Fotografía 77.** Cantidad de cloro que ingresa a la Unidad Educativa José Joaquín Coello.



**Fotografía 78.** Medición realizada en el Colegio Fiscal Dr. Francisco Campos Pino Ycaza.



**Fotografía 79.** Cantidad de Cloro que ingresa al Colegio Fiscal Dr. Francisco Campos Coello.

## **ANEXO 3: FORMATO DE ENCUESTAS**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

### **SECTOR:**

**1. ¿Está conforme con la calidad de agua potable que le provee la empresa de agua?**

- 100 % Conforme
- 60 % Conforme
- 30 % Conforme
- 0% Conforme

**2. ¿Por qué no está conforme?**

- Costos
- Calidad de Agua
- Mantenimiento
- Presión

**3. ¿Usted ha percibido el sabor del cloro en el agua que llega a su vivienda en alguna ocasión?**

- Varias veces
- Pocas veces
- Ninguna vez

**4. ¿La empresa de agua ha monitoreado la calidad de agua en su sector en alguna ocasión?**

- Si
- No

**5. ¿Usa la cisterna con frecuencia?**

- Si
- No



**6. ¿Cada cuánto tiempo realiza mantenimiento a la Cisterna?**

- Cada mes
- cada dos meses
- cada seis meses
- cada año o más

**7. ¿Cómo realiza el mantenimiento a la cisterna?**

- Blanqueador a base de Cloro
- Pastilla de hipoclorito de calcio
- Usan otro tipo de desinfectante
- Cepilla y enjuaga

**8. ¿Utiliza tanque de almacenamiento para proveer agua a la red de distribución?**

- Si
- No

**9. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza del tanque?**

- Cada mes
- cada dos meses
- cada seis meses
- cada año o más

**10.¿Cómo realizan el mantenimiento de tanque?**

- Usa otro tipo de desinfectante
- Cepilla y enjuaga
- Pastilla de Cloro o Cloro disuelto

**11.¿Alguna vez usted se ha percatado de que el aspecto del agua haya variado en cuanto a color, olor, sabor?**

- Si
- No

**12.¿Cree usted que por falta de mantenimiento se contamine el agua en la cisterna?**

- Si
- No

# **ANEXO 4**

## **SECTORES DE MUESTREO**

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Soria Sánchez Oliver André**, con C.C: 0930332002 autor/a del trabajo de titulación: **Análisis cuantitativo de la cantidad de cloro antes y después de la cisterna en un sector de la ciudad de Guayaquil** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de marzo de 2018**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Soria Sánchez, Oliver André**

C.C: # **0930332002**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Análisis Cuantitativo de la cantidad de cloro antes y después de la cisterna en 5 sectores de la ciudad de Guayaquil.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Soria Sánchez, Oliver André		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	16 de marzo de 2018	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	100
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental e Ingeniería Sanitaria		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Análisis Cuantitativo, Cloro Libre Residual, Cisterna, Reactivos, DPD, INEN 1108		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>En el siguiente trabajo de titulación se presenta un análisis cuantitativo de cloro, realizado en diferentes sectores en la ciudad de Guayaquil, con el objetivo principal de determinar si el uso de cisterna afecta a los niveles de cloro. Para esto se tomaron muestras del agua que a la cisterna y del agua que ingresa a las viviendas, con el fin de tener un entorno más globalizado del cloro que se consume en dichos sectores. En el primer capítulo se describe el entorno que tiene Guayaquil en cuanto a los procesos de potabilización que se realizan, se plantea el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo de investigación. En el segundo capítulo se establece el marco teórico en el que se definen todos los diferentes términos y procesos que se utilizan en dicho trabajo. El tercer Capítulo encierra la metodología empleada en el ensayo con el reactivo DPD que es uno de los más utilizados para determinar la cantidad de Cloro. Cuarto Capítulo se presenta un análisis de los resultados obtenidos de los ensayos realizados para de cada sector, comparándolos con los límites establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108. Además, se presentan, la información obtenida de las encuestas realizadas sobre la satisfacción de los moradores acerca del servicio de agua potable que reciben. Quinto Capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron con la investigación.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0968216624	<b>E-mail:</b> <b>soria@hotmail.com</b>	<b>oliver-</b>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b>		
	<b>Teléfono: +593-4 -2206956</b>		
	<b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			