



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA  
DEL AGUA POTABLE Y SU VIABILIDAD  
DE USO EN EL CONCRETO  
HIDRÁULICO.**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA:

**ENRIQUE MARTÍNEZ NICOLÁS**

DIRECTOR DE TESIS:

**Q.F.B. ERIK ABEL DE LOS SANTOS MATA**

México, CDMX.2019





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

En todo el tiempo que estuve en la facultad, me rodee de todo tipo de personas y tuve demasiadas experiencias tanto buenas como malas, agradezco mucho de la facultad el poder haberme brindado la posibilidad de llegar a tener un título de ingeniero.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por aceptarme y brindarme una gran institución para estudiar.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por la gran formación que me permitió recibir dentro de sus instalaciones.

A todos los profesores que en algún momento tuvieron el tiempo para enseñarme y resolver toda tipo de dudas.

A mis sinodales que me aconsejaron en cualquier duda del trabajo y permitieron enriquecer más mi trabajo.

A mi asesor Erik Abel de los Santos Mata por permitirme realizar mi tesis con él y aconsejarme en todo momento de la realización así como apoyarme en los trámites del mismo.

A mis padres Enrique Martinez Trejo y Teresa Nicolas Guerrero que me apoyaron en todo momento de la carrera dándome consejo y permitiendo que me convierta en un profesionista y así concluir mi educación.

A mis suegros Maribel y Alejandro que en todo momento de la carrera me apoyaron de una u otra manera en el transcurso de mi escuela, convirtiéndose en una segunda familia para mí.

A todos mis amigos y kotas que hice en el tiempo de carrera, aprendí mucho de ustedes, gracias por haber compartido su valioso tiempo y experiencias conmigo, siempre estarán en mis recuerdos más felices.

Por ultimo al amor de mi vida Miriam Elizabeth Peña Hernández que me conoce más que nadie en este mundo, dándome los momentos más felices de mi vida y apoyándome en los más tristes, siempre sosteniendo mi mano, motivándome a hacer nuevas cosas y dándome la confianza para creer en mi aún más que cualquier persona, te agradezco por todo lo que me das, todo por un futuro siempre a tu lado.

**Gracias por todo.**

<b>1. Introducción</b> .....	5
<b>2. Objetivos</b> .....	6
<b>3. Marco teórico</b> .....	7
3.1. Agua .....	7
3.2. Propiedades físicas .....	8
3.3. Propiedades químicas .....	10
3.4. Clasificación de agua.....	14
3.5. Cemento Pórtland.....	17
3.6. Concreto hidráulico.....	20
3.7. Métodos experimentales.....	21
3.8. Características del agua y su impacto en el concreto.....	22
<b>4. Desarrollo experimental</b> .....	30
4.1. Impurezas o Sólidos Totales .....	31
4.2. Sulfatos.....	32
4.3. Cloruros .....	33
4.4. Carbonatos y bicarbonatos .....	34
4.5. DQO (Demanda Química de Oxígeno) .....	35
4.6. Álcalis totales.....	36
4.7. Sólidos en suspensión.....	37
4.8. Grasas y aceites .....	39
4.9. Magnesio .....	40
4.10. Dióxido de carbono.....	41
4.11. pH.....	42
<b>5. Análisis y resultados</b> .....	45
5.1. Impurezas o Sólidos Totales .....	45
5.2. Sulfatos.....	47
5.3. Cloruros .....	48
5.4. Carbonatos y bicarbonatos .....	50
5.5. DQO .....	52
5.6. Álcalis totales.....	53
5.7. Sólidos en suspensión.....	56
5.8. Grasas y aceites .....	58

5.9. Magnesio .....	60
5.10. Dióxido de carbono.....	62
5.11. pH.....	64
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>66</b>
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>69</b>
<b>8. Normas Consultadas.....</b>	<b>73</b>

## **1. Introducción**

El objetivo de este trabajo es caracterizar, identificar y determinar las características fisicoquímicas del agua que resultan perjudiciales para el concreto y que se encuentran por arriba de los límites permitidos por la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004, ya que cada uno de estos parámetros afectan de manera química y/o estructural.

El concreto es uno de los fluidos más utilizados en el mundo debido a sus diversas aplicaciones en las construcciones, por lo que a través del tiempo se han ido mejorando e investigando más afondo, las características tanto de este como de las materias primas, para maximizar su uso. El concreto está conformado por agregados pétreos, cemento y agua; cada uno de estos materiales influyen de distinta manera en la mezcla final.

Se realizó un estudio fisicoquímico del agua en cinco puntos de la alcaldía de Iztapalapa donde la calidad del agua es baja; este estudio tiene como finalidad determinar los parámetros que pueden estar excedentes con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004 referida al agua para concreto. El enfoque del trabajo está dirigido a construcciones domesticas en esta alcaldía, debido a que el agua que es utilizada en obras es proveniente del suministro municipal.

Los parámetros que resulten excedentes con respecto a la norma se analizarán de qué manera afectan las construcciones y que posibles alternativas se pueden dar, dependiendo del parámetro excedido.

## 2. Objetivos

Objetivo general:

Realizar una caracterización fisicoquímica del agua potable que es suministrada a la alcaldía de Iztapalapa de la Ciudad de México y así determinar la viabilidad de su uso en el concreto hidráulico mediante el uso de la norma la NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Objetivos particulares:

- Analizar la calidad de agua potable recepcionada en distintos puntos de la alcaldía de Iztapalapa en la ciudad de México con el fin de identificar los parámetros.
- Determinar experimentalmente: sólidos totales, sólidos en suspensión, grasas y aceites, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, DQO, álcalis totales, pH, magnesio, dióxido de carbono
- Comparar los parámetros analizados: sólidos totales, sólidos en suspensión, grasas y aceites, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos, DQO, álcalis totales, pH, magnesio, dióxido de carbono con los correspondientes en la NMX-C-122-ONNCCE-2004.
- Analizar las características de los tipos de cementos existentes para el uso en el concreto hidráulico.



### **3. Marco teórico**

#### **3.1. Agua**

El agua es la sustancia más abundante en el planeta tierra además de ser muy esencial para la supervivencia de todos los seres vivos en el planeta. El ser humano está demasiado ligado con la utilización del agua en diversas actividades como: domésticas, agrícolas, pesqueras e industriales (CONAGUA, 2011).

Las diversas funciones y su gran utilidad en el mundo se deben a las propiedades con las que cuenta esta sustancia a pesar de su bajo volumen de agua dulce en el planeta (2.5 %) (Auge, 2007). El cuidado del agua es de manera muy exigente en todos los niveles de la sociedad y en todas las actividades económicas. Actualmente, el sector de la construcción es responsable del 16% del consumo mundial de agua. (Valentín, 2014)

El agua de buena calidad es muy utilizada en las industrias por lo que el 22% del uso total de agua en el mundo es requerido para las industrias; una solución posible sería considerando dos elementos: oferta correctamente encaminada y gestión de la demanda, en el sector privado y en el público. (UNESCO, 2014)

Las industrias son los principales contaminantes, estos acumulan entre 300-500 millones de toneladas de metales pesados, solventes, sedimentos tóxicos entre otros, siendo la industria alimenticia la que mayor contamina de manera directa el agua. (UNESCO, 2014)

El agua en su estado puro es un líquido incoloro, inodoro e insípido siendo estas sus propiedades físicas más representativas de esta (Valentín, 2014). Químicamente está compuesta por dos átomos de hidrógeno unidos al átomo de oxígeno que corresponden a la fórmula química de H<sub>2</sub>O.

## **3.2. Propiedades físicas**

### **3.2.1. Color**

El color es una parte fundamental en las propiedades físicas del agua ya que es un punto fundamental en la parte estética de esta. El agua pura es incolora, aunque tiene un tinte azul verdoso para grandes volúmenes, este parámetro afecta estéticamente la potabilidad de las aguas y afecta en los productos que requieren uso de colorantes.

El color aparentemente es causado por sustancia no pertenecientes al agua que generan la refracción de la luz sobre estas partículas suspendidas, dando así un color intenso, dependiendo de las sustancias suspendidas es como genera un color distinto en el agua.

### **3.2.2. Sabor**

El sabor del agua pura es insípida debido a que no contiene ningún agente que altere el sabor de esta. El sabor está íntimamente relacionado al olor; además de que algunas sales de cobre, zinc o hierro, pueden modificar el sabor, sin alterar el color del agua. El sabor es una parte fundamental del agua potable ya que muestra que se tiene un exceso en algún componente del agua que altera el sabor natural.

### **3.2.3. Olor**

Generalmente los olores que se generan en el agua son por sustancias volátiles o gaseosas y por la materia orgánica en descomposición o productos en la industria o en el tratamiento de las aguas.

La presencia de olor en aguas naturales es señal de un proceso biológico alto, pero a la vez normal en aguas naturales. Temperaturas cálidas incrementa la cantidad de olor producida por las sustancias inmersas en el agua.

#### 3.2.4. Impurezas o sólidos totales

Las impurezas en el agua son todas las sustancias que pueden estar como sólidos disueltos (sales, metales, cationes, coloides, etc.) y/o como sólidos en suspensión (vegetales, hojas, limos, etc.) dependiendo de tamaño de partícula se clasifican dentro de estas.

El término de sólidos totales se aplica a las sustancias que después de la evaporación de una muestra de agua y su secado en un horno quedan en el recipiente, estas sustancias son el contenido total de la materia disuelta y suspendida.

#### 3.2.5. Sólidos en suspensión

Es la materia más grande que puede ser removida por un filtro convencional, los SS (sólidos en suspensión) es la suma de todos los compuestos que no pueden estar disueltos en el agua además de ser un buen indicador de calidad del agua. Estos residuos son la materia que no pasa a través de un filtro con un diámetro mínimo de 0.0015 *mm*.

#### 3.2.6. Densidad

Es uno de los factores físicos más importantes del agua ya que ayuda a la circulación de esta. La densidad del agua líquida es altamente estable, a una presión normal de 1 atmósfera y una temperatura de 100 °C toma un valor aproximado de 958 kg/m<sup>3</sup>, además de que el agua al bajar su temperatura esta alcanza una densidad mayor hasta un punto máximo, a la temperatura de 3.8 °C de 1000 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.7. Disolvente

Aunque no es una propiedad medible del agua es una característica muy importante de esta, ya que es conocida como el disolvente universal y afecta a distintas sustancias entre ellas las hidrofílicas e hidrófobas, las primeras se mezclan de buena manera con el agua como lo son las sales, azúcares, ácidos, álcalis y algunos gases, los segundos no se combinan bien con el agua como lo son los lípidos y las grasas.

## 3.3. Propiedades químicas

### 3.3.1. Demanda química de oxígeno

Es un parámetro químico que presenta toda la materia orgánica e inorgánica que se encuentra de manera suspendida o diluida, determina la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica en nuestra muestra.

La DQO es usada primordialmente como medida de que tan susceptible es la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en el agua, a pesar de todo la prueba de DQO no es específica, ya que no diferencia materiales orgánicos de los inorgánicos, debido a que algunos compuestos orgánicos no son oxidables y algunos inorgánicos si lo son.

### 3.3.2. Sulfatos

Los sulfatos están presente de forma natural en muchos minerales además de que se liberan al agua procedente de algunas industrias aunque su mayor concentración es en el agua subterránea o que su fuente es natural; los sulfatos en agua potable provocan sabores amargos dependiendo del catión asociado.

El sulfato es fácilmente soluble en el agua además de ser utilizados como fuente de oxígeno para las bacterias que hacen que se conviertan en sulfuro de hidrógeno generando un olor desagradable. Las aguas cercas de las descargas industriales o domesticas demuestran concentraciones más elevadas debido a la contaminación de estos sectores.

### 3.3.3. Cloruros

El ion cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en las aguas naturales. En el agua potable, el sabor salado es generado por este ion en conjunto con el catión de sodio, sin embargo cuando están presentes cationes de calcio y magnesio este sabor es imperceptible.

Este componente esta en las aguas por medio de rocas sedimentarias y de efluentes industriales; cuando se reportan concentraciones elevadas de este ion hace que las aguas sean inservibles para su uso en los distintos sectores.

### 3.3.4. Alcalinidad (Carbonatos y bicarbonatos)

La capacidad ácido neutralizante de una solución. La alcalinidad indica la cantidad de cambio que ocurrirá en el pH con la adición de cantidades moderadas de ácido. La alcalinidad es generada por el contenido de sales del ácido carbónico (bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos), la alcalinidad da un índice de la resistencia del agua a bajar su pH cuando se le añade ácido.

Las aguas con baja alcalinidad tienen poca capacidad reguladora y por tanto son susceptibles que su pH se altere por una sustancia ácida, siendo determinada la alcalinidad por una titulación directa, midiendo la cantidad de ácido necesario para disminuir el pH de la muestra.

### 3.3.5.Sodio y Potasio

El sodio es uno de los elementos más abundantes en el mundo ya que está presente en el agua natural además de ser asociado al ion cloruro por lo que es muy difícil de precipitar; por otro lado el potasio se encuentra en menor cantidad en el agua además de ser también de alta solubilidad y difícil de precipitar.

Estos elementos provienen de la disolución de rocas, suelos y también del mar, además de que estas son arrastradas por los ríos, así aumentando la concentración del agua y dependiendo principalmente de las condiciones geológicas ya que estos elementos son muy solubles en esta.

### 3.3.6.Dureza

Se entiende la dureza como la concentración de todos los cationes metálicos no alcalinos (calcio, estroncio, hierro, bario y magnesio) pero principalmente por los de calcio y magnesio además de expresarse en carbonatos de calcio.

Las sales de calcio y magnesio están presentes por la disolución de rocas y minerales, además de estar asociados a carbonatos y sulfatos; la dureza se determina por titulaciones complejométricas, empleando diferentes indicadores para determinar la dureza total o dureza cálcica.

### 3.3.7. Dióxido de carbono

La cantidad de dióxido de carbono disuelto en agua es un equilibrio que depende de la concentración que exista de este en la atmósfera. Cuanto más exista en la atmósfera más cantidad se disuelve en agua, además de que se genera por la presencia de carbonatos, respiración de organismos acuáticos y/o por descomposición de la materia orgánica, por otro lado al estar en contacto con el agua se transforma en ácido carbónico.

El dióxido de carbono disuelto en el agua está conformada por un sistema en equilibrio con los iones bicarbonato y carbonato, cuya concentración depende del pH.

### 3.3.8. pH

El pH es de las pruebas más comunes en los laboratorios para determinar la calidad del agua a evaluar. El pH indica la acidez o alcalinidad en términos generales, aunque siendo más específicos mide la concentración de iones hidrógeno en el agua, además de que el pH del agua depende del equilibrio carbónico (dióxido de carbono, bicarbonatos y carbonatos).

El pH como se mencionó mide la concentración de iones hidrógeno a una temperatura dada, indicando la intensidad del carácter tanto ácido como básico, siendo el intervalo de medición de 0 a 14, siendo 0 el valor para una sustancia ácida y el 14 para una sustancia básica.

### 3.3.9. Conductividad eléctrica

Es una medida de la capacidad de transportar la corriente eléctrica además de que permite conocer la concentración de los elementos iónicos presentes en el agua, este parámetro depende de la temperatura del agua y de los sólidos disueltos totales; la conductividad eléctrica se expresa en microsiemens por centímetro (*mS/cm*).

La conductividad eléctrica de las aguas superficiales se encuentra entre 10 – 1000 *mS/cm*, las aguas que llegan a exceder estos límites son por lo regular aguas superficiales que llegan a recibir contaminación de aguas residuales de industrias.

## 3.4. Clasificación de agua

### 3.4.1. Aguas ácidas naturales

Son aquellas que contienen una cantidad notable de CO<sub>2</sub> libre agresivo, ácido nítrico o ácidos húmicos cuyo pH es inferior a seis; por acción ácida pueden generar disolución rápida de los compuestos del cemento.

### 3.4.2. Aguas fuertemente salinas

Son aquellas que tienen alta concentración de una o varias sales; tienen su origen en el alto poder disolvente de las aguas ácidas y de las puras al atravesar diferentes suelos; este tipo de aguas interrumpen las reacciones de fraguado del cemento, en el curado disuelven los componentes cálcicos del concreto.



a) Aguas alcalinas

Son aquellas que han disuelto sales alcalinas de ácidos débiles y que tienen sales de potasio, litio u otros metales del tipo alcalino. Estas aguas provienen generalmente de los depósitos graníticos o porfíricos; principalmente estas aguas debido a los cationes alcalinos propician un ataque corrosivo y atacan a los aluminatos cálcicos y a los iones de calcio.

b) Aguas cloruradas

Son las que contienen en mayor proporción cloruros de elementos alcalinos y alcalinotérreos, se originan por la acción disolvente de las aguas puras o las ácidas que atraviesan yacimientos de sal gema o antiguos lechos marinos; producen una alta solubilidad de la cal y componentes del concreto.

c) Aguas de mar

Estas tienen gran cantidad de sales disueltas en comparación con las demás aguas predominando el cloruro de sodio, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio y sulfato de calcio

d) Aguas magnesianas

Son aquellas que contiene grandes cantidades de sales solubles de magnesio como lo son cloruros, sulfatos y generalmente más de bicarbonatos; estas son provenientes de terrenos dolomíticos; tienden a formar hidróxido de magnesio insoluble y yeso.

e) Aguas sulfatadas

Son las que contienen una gran cantidad de sulfatos de litio, sodio, potasio o magnesio; estos pueden estar en aguas freáticas en contacto directo con los suelos y son muy agresivos para todo tipo de cementos.

#### 3.4.3. Aguas industriales

Son aguas que fueron utilizadas en el proceso de alguna industria por lo que pueden ser ácidas o básicas. Por su gran variedad de sustancias contenidas en ella es necesario que esta sea analizada previamente para su uso.

#### 3.4.4. Aguas negras

Estas aguas son provenientes de los desagües de las poblaciones, además de que su composición es muy variada y compleja en comparativa con la de origen. Al tener diversos componentes y en grandes concentraciones esta agua solamente puede ser utilizada con un tratamiento previo y un análisis que avale la viabilidad de su uso.

#### 3.4.5. Aguas puras

Aquellas cuyo grado hidrotimétrico es menor a 6 y su pH se encuentra aproximado al 7. Son aguas que en su composición química no tienen sustancias ajenas o en están en muy mínimas cantidades de sustancias disueltas; su acción es mínima comparada con las aguas antes mencionadas pero de igual forma su efecto es disolvente en los compuestos cálcicos del concreto.

### **3.5. Cemento Pórtland**

El cemento Pórtland es un conjunto de materiales que al ser hidratado este se solidifica y se endurece. Al cemento Pórtland se le puede agregar otros materiales en su elaboración como (ONNCCE, 2004):

- **Puzolanas:** son materiales que contienen sílice o alúmina o una combinación de ambos, los cuales endurecen solo en presencia de agua e hidróxido de calcio, generando mejoras en el cemento como: mayor durabilidad, mejor resistencia ante el agua de mar, disminución del calor de hidratación.
- **Escoria granulada de alto horno:** Es el residuo que se obtiene en el alto horno por la fusión de minerales de hierro, enfriado bruscamente con agua, están conformados principalmente por silicatos o aluminosilicatos, generando diversas mejoras como: gran resistencia durante largo tiempo, menor permeabilidad y reduce la reacción álcali- agregado esto debido a su fase vítrea y cristalinidad de sus partículas y su bajo contenido de álcalis
- **Humo de sílice:** Es una puzolana que está compuesta principalmente por sílice amorfa, proveniente de la fabricación de silicio. El humo de sílice es utilizado mayormente para mejorar la resistencia a la compresión, a la adherencia y a la abrasión; además de reducir la permeabilidad y reducir el sangrado del concreto.

### 3.5.1. Clasificación por composición

Dependiendo de los materiales que llegan a componer al cemento se clasifican como:

- CPO (Cemento Pórtland ordinario)  
Está compuesto por clinker Portland de la molienda y sulfato de calcio, además de ser usado cuando el proyecto no especifica el tipo de cemento a usar. Este tipo de cemento es adecuado para las construcciones en general cuando no hay exposición a sulfatos en suelos.
- CPP (Cemento Pórtland puzolanico)  
Está compuesto de una mezcla de clinker Pórtland, puzolanas y sulfato de calcio. Este tipo de cemento es adecuado para suelos salinos u obras con ambientes agresivos.
- CPEG (Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno)  
Está compuesto de una mezcla de clinker Pórtland, escoria granulada de alto horno y sulfato de calcio. Este tipo de cemento es adecuado para estructuras armadas que estén en ambientes agresivos.
- CPC (Cemento Pórtland compuesto)  
Está compuesto de una mezcla de clinker Pórtland, puzolanas, escoria de alto horno, caliza y sulfato de calcio. Este tipo de cemento es adecuado para prefabricado y alcantarillados por su resistencia química.

- CPS (Cemento Pórtland con humo de sílice)  
Está compuesto de una mezcla de clinker Pórtland, humo de sílice y sulfato de calcio. Este tipo de cemento es adecuado para cuando se requiere bajas cantidades de agua.
- CEG (Cemento con escoria granulada de alto horno)  
Está compuesto de una mezcla de clinker Pórtland, sulfato de calcio y mayoritariamente escoria granulada de alto horno. Este tipo de cemento es adecuado para los casos en que el calor de hidratación sea muy bajo.

### 3.5.2. Clasificación por resistencia a la compresión

En la tabla 1 representa la resistencia inicial (3 días) y normal (28 días) del cemento en megapascales; los cementos con la letra R es para cementos con una resistencia mínima inicial.

Tabla 1. Clasificación por resistencia a compresión

Clase	Resistencia a la compresión (MPa)		
	A 3 días	A 28 días	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
20	-	20	40
30	-	30	50
30R	20	30	50
40	-	40	-
40R	30	40	-

### 3.5.3. Clasificación por características especiales

En la tabla 2 representa la nomenclatura utilizada para los distintos tipos de cementos especiales.

Tabla 2. Clasificación por especificación

<b>Característica</b>	<b>Nomenclatura</b>
Resistente a los sulfatos	RS
Baja reactividad álcali-agregado	BRA
Bajo calor de hidratación	BCH
Blanco	B

### 3.6. Concreto hidráulico

El concreto hidráulico por definición es una combinación de cemento Pórtland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, todo esto para formar una mezcla manejable que al fraguar es un elemento resistente rígido. (ONNCCE, 2004)

#### 3.6.1. Clasificación

Su clasificación por las funciones:

- Concreto Hidráulico clase 1  
Es el que la masa volumétrica está comprendida entre 2200 Kg/m<sup>3</sup> y 2400 Kg/m<sup>3</sup> además de alcanzar una resistencia mayor o igual a 250 Kg/ cm<sup>2</sup>.
- Concreto Hidráulico clase 2  
Es el que la masa volumétrica está comprendida entre 1800 Kg/m<sup>3</sup> y 2200 Kg/m<sup>3</sup> además de alcanzar una resistencia menor a 250 Kg/ cm<sup>2</sup>.

Además de que el concreto puede ser hecho en obra o ser premezclado en alguna planta concretara

### 3.7. Métodos experimentales

En el desarrollo del trabajo experimental se hace uso de métodos de química analítica como:

- **Gravimetría:** Consiste en determinar la cantidad en masa de un producto deseado eliminando toda sustancia fuera de estudio. Los métodos gravimétricos se suelen clasificar por el procedimiento empleado para la separación, en el que nos enfocaremos será el de volatilización, donde los compuestos volátiles se eliminan y obteniendo por diferencia de peso la masa del componente deseado (métodos indirectos), aunque este método de volatilización genera problemas en términos de selectividad debido a que se puede llegar a perder sustancias deseadas.
- **Volumetría:** Consiste en determinar la concentración de cierta sustancia a partir de una valoración a una sustancia con concentración conocida; dentro la volumetría se ven conocidas distintos tipos de titulaciones en las cuales solamente nos inmiscuiremos en 2 principales:
  - **Titulación Directa:** Este tipo de titulación implica la valoración de la solución con un agente valorante en el cual este se va adicionando gradualmente hasta que la reacción sea completa, su punto final de las titulaciones puede ser determinada mediante un potenciómetro de manera visual con un indicador (FEUM, 2014).

- **Titulaciones Complejométricas:** La formación de complejos es usada como base para la titulación de iones metálicos en los que el agente titulante es un agente complejante, se logra una mejor selección de los iones mediante el control del pH, debido a que los agentes complejantes en su mayoría son ácidos o bases débiles (FEUM, 2014).
- **Espectrofotometría visible:** Consiste en determinar la concentración de cierto compuesto en particular de una sustancia a través de la incidencia de luz en la muestra a medir. Esta metodología se basa en la medida de la absorbancia por las diferentes sustancias, de una radiación electromagnética de longitudes (FEUM, 2014).
- **Espectroscopia atómica:** Este método se basa en la medición de la intensidad de radiación absorbida o emitida a longitudes de onda característica por los átomos de un elemento metálico, en su estado gaseoso que absorbe o emite energía. En este método se mide la absorción específica de la radiación electromagnética por átomos en fase de vapor, esto debido a la radiación que emiten los átomos al pasar a otro nivel de menor energía (FEUM, 2014).

### **3.8. Características del agua y su impacto en el concreto**

El agua empleada para concreto y mortero debe de cumplir con las especificaciones mostradas en la tabla 3, además de evitar todas sustancias que se crean perjudiciales para la mezcla; en caso de que el agua no cumpla con alguno de los parámetros se debe someter a pruebas directas con los materiales para analizar que tan perjudiciales son.



La tabla 3 muestra las especificaciones para cada parámetro analizado en el agua para uso en el concreto con respecto la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004

Tabla 3. Especificaciones del agua por la norma NMX-C-122

<b>Sales e Impurezas</b>	<b>Cementos ricos en calcio (ppm)</b>	<b>Cementos Sulforesistentes (ppm)</b>
Sólidos en suspensión		
Aguas naturales (limos y arcillas)	2 000	2 000
Aguas recicladas (finos de cemento y agregados)	50 000	35 000
Cloruros como Cl <sup>-</sup>		
Para concretos con acero de preesfuerzo	400	600
Para otros concretos reforzados en ambientes húmedos o en contacto con el aluminio, fierro galvanizado y otros similares	700	1 000
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3 000	3 500
Magnesio como Mg <sup>+2</sup>	100	150
Carbonatos como CO <sub>3</sub> <sup>+2</sup>	600	600
Dióxido de carbono disuelto	5	3
Álcalis Totales como Na <sup>+</sup>	300	450
Total de impurezas en solución	3 500	4 000
Grasas o Aceites	0	0
Materia orgánica (Oxígeno consumido en medio ácido)	150	150
pH	>6	>6

Cada uno de estos parámetros afecta de manera distinta al concreto, por ello se realizan los análisis para tener un panorama más completo de las materias primas.

### **1. Sólidos en suspensión:**

Las sustancias orgánicas contenidas en aguas como lo son algas, limos, arcillas o que estas tengan un olor, color o estén visibles lamas de algas, son sujetas a estudios.

Los sólidos suspendidos pueden afectar al fraguado inicial del cemento y la resistencia del concreto mismo. Cabe señalar que la presencia de algas en el agua de mezclado da por resultado la inclusión de aire, con una pérdida de resistencia.

### **2. Cloruros (Cl<sup>-</sup>):**

Los iones de cloruro pueden afectar en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del pres fuerza. El acero ahogado en la pasta de cemento en hidratación forma rápidamente una capa de pasividad delgada de óxido que se adhiere fuertemente al acero subyacente y le da protección completa contra la reacción con oxígeno y agua, esto es, contra la formación de herrumbre o corrosión. Este estado del acero se conoce como pasivación.

El mantenimiento de la pasivación depende de un pH adecuadamente alto del agua; los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora. El agua que contiene grandes cantidades de cloruros (por ejemplo, agua de mar) tiende a causar humedad persistente y eflorescencia superficial.

### **3. Sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ):**

Los sulfatos atacan principalmente por sulfatos de sodio, calcio y magnesio generando distintos compuestos que afectan el concreto. Las consecuencias del ataque de sulfatos incluyen no sólo expansión y agrietamiento destructivos, sino también una pérdida de resistencia del concreto debido a la pérdida de cohesión en la pasta de cemento hidratado y de adhesión entre ésta y las partículas de agregado. El concreto atacado por sulfatos tiene una apariencia blanquecina.

El daño comienza usualmente en las orillas y esquinas, y es seguido por agrietamiento y desmoronamiento progresivo, los cuales reducen el concreto a un estado frágil y hasta blando.

Puede haber posibles reacciones expansivas debido al ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Las sales más presentes son de sulfato de magnesio y sulfato de sodio. El ataque de sulfatos se acelera en forma importante si es acompañado por humedecimiento y secados alternos.

### **4. Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ):**

Ion magnesio de todas las sales de magnesio atacan al hormigón siendo muy agresivas pues pueden reaccionar no solo con el hidróxido de calcio sino con las restantes sales cálcicas provocando el cambio progresivo del silicato de calcio hidratado por el silicato de magnesio hidratado siendo que este compuesto no tiene propiedades cohesivas. Todo el calcio del conglomerante existente en el hormigón puede ser sustituido progresivamente por el magnesio lo cual produce la ruina del hormigón.

Además a medida que aumenta la concentración de  $MgCl_2$  que genera de igual forma hidróxido de magnesio, la resistencia a la compresión aumenta y la resistencia a la tracción disminuye, ya que el hidróxido de magnesio es insoluble en el agua no incrementa la porosidad ni la permeabilidad. El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final se retardan con el aumento de  $MgCl_2$ .

Como se nota, el anión principal este asociado al magnesio determina en parte la afectación que este llegue a tener en el concreto principalmente.

### **5. Carbonatos y Bicarbonatos ( $CO_3^{2-}$ ):**

El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto y reducir la permeabilidad, esto debido a que los bicarbonatos reaccionan con el hidróxido de calcio generando carbonato de calcio que es insoluble tapando los poros y generando huecos en la estructura interna debido a su baja solubilidad.

También ciertas aguas minerales naturales contienen cantidades de carbonatos y bicarbonatos alcalinos que podrían contribuir a la reacción álcali- sílice y álcali-carbonato. La presencia de una cantidad pequeña de cloruros en el concreto con carbonato aumenta la rapidez de corrosión inducida por la alcalinidad baja del concreto con carbonato.

## **6. Dióxido de carbono disuelto:**

Una concentración de CO<sub>2</sub> de 30 a 60 ppm da por resultado un ataque severo, y superior de 60 ppm da por resultado un ataque muy severo. El concreto es también atacado por agua que contiene CO<sub>2</sub> libre, tal como agua de pantano o aguas minerales, las cuales pueden también contener sulfuro de hidrógeno (Adam,1995).La carbonatación se produce cuando el dióxido de carbono del aire penetra el concreto y reacciona con hidróxidos, como el hidróxido calcio, para formar carbonatos. En la reacción con hidróxido de calcio, el carbonato de calcio es el resultante.

Esta reacción reduce el pH de la solución de poros a un nivel tan bajo como 8.5, y el nivel de la película pasiva sobre el acero no es estable. La carbonatación es generalmente un proceso lento En lo que corresponde a la difusión de gases, el dióxido de carbono y el oxígeno son de interés principal: el primero conduce a carbonatación de pasta de cemento hidratado, y el último hace que sea posible el progreso de corrosión del acero ahogado, además de que la carbonatación reduce la permeabilidad y porosidad del concreto.

## **7. Álcalis totales:**

Los óxidos de sodio y potasio, Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O, conocidos como álcalis (aunque en el cemento existen también otros álcalis). Se ha encontrado que el óxido de potasio reemplaza la molécula de óxido de calcio o del silicato dicalcico teniendo así una mayor cantidad de silicato tricálcico; sin embargo los álcalis aumentan el desarrollo de la resistencia temprana y el decrecimiento de la resistencia final debido a su gran solubilidad en el agua. La cantidad de álcalis y de Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> puede determinarse rápidamente utilizando un espectrofotómetro.

Los iones alcalinos están presentes en el cemento portland y en los agregados por lo cual en un agua con altos contenidos de álcalis pueden reaccionar de distintas maneras dependiendo del anión con el que se encuentren enlazados como cloruros, sulfatos, carbonatos y/o bicarbonatos; además que los álcalis dan paso a reacciones como álcalis-sílice y álcalis-carbonato.

#### **8. Total de impurezas en solución:**

Las impurezas en general afectan de distintas maneras el concreto dependiendo de cuales este contenga, en términos generales es un estándar que engloba las materias que afectan al concreto de una u otra manera como por ejemplo: Retardan o aceleran el fraguado, disminuyen la resistencia, manchan al concreto, propician la corrosión del acero de refuerzo.

#### **9. Grasas o aceites:**

Los aceites y grasas de origen vegetal y animal atacan al concreto debido a que los ácidos grasos que contienen reaccionan con el hidróxido de calcio del cemento generando sales de calcio (jabón de cal); los aceites minerales ligeros pueden reducir su resistencia debido a que actúan como lubricante y reducir la resistencia del concreto.

Las grasas y aceites son de carácter importante ya que es el único parámetro que queda fuera de límite, pues podría causar efectos negativos en la adherencia entre el concreto y el acero, así como efectos de retardo en el fraguado.

### **10.Materia orgánica (Demanda química de oxígeno):**

La materia orgánica en el concreto ha demostrado diversos comportamientos, estudios demuestran que no se puede tener una correlación totalmente de las afectaciones que esta tenga en el concreto sin embargo el parámetro establecido es un aseguramiento de que esta no influirá en el concreto.

La materia orgánica llega a causar manchas en el concreto debido a que el agua se llega a evaporar y quedar de residuos en este; la presencia de materia orgánica no permite una buena hidratación y generar una reducción en la resistencia a la compresión debido a los organismos presentes.

### **11.pH:**

Cualquier agua con pH por debajo de 12.5 puede ser agresiva para el concreto debido a la reducción de la alcalinidad del fluido, llevando a la eliminación del materia cementante; cuando el pH del agua está por arriba de 6 la tasa de ataque químico es más lenta que cuando está por debajo de este valor. Ya que al estar de este valor se presentan efectos físicos como: porosidad, disminución de la fuerza, agrietamiento y rompimiento en pedazos.

#### 4. Desarrollo experimental

La experimentación se realizó en instalaciones de carácter privado y bajo los estándares de la normatividad vigente NMX-283-ONNCCE-1982, los reactivos que se especifican como comerciales fueron suministrados por una dependencia privada además de que estas pruebas fueron realizadas dentro de estas instalaciones.

Se realizó el muestreo a cinco zonas distintas de la alcaldía de Iztapalapa para tener un panorama más amplio de cómo se encuentra la calidad de agua en toda la alcaldía, siendo el muestreo en puntos donde se tiene registro de la peor calidad de agua en esta alcaldía, estos muestreos fueron realizados a finales del mes de enero y todo el mes de febrero. Las muestras fueron tomadas y almacenadas tal como lo maneja la norma NMX-277-ONNCCE-2010 para evitar alguna afectación en algún parámetro, se realizaron los estudios a cada muestra en un transcurso de 4 días por muestra conservando las mismas condiciones del laboratorio y almacenaje siempre.

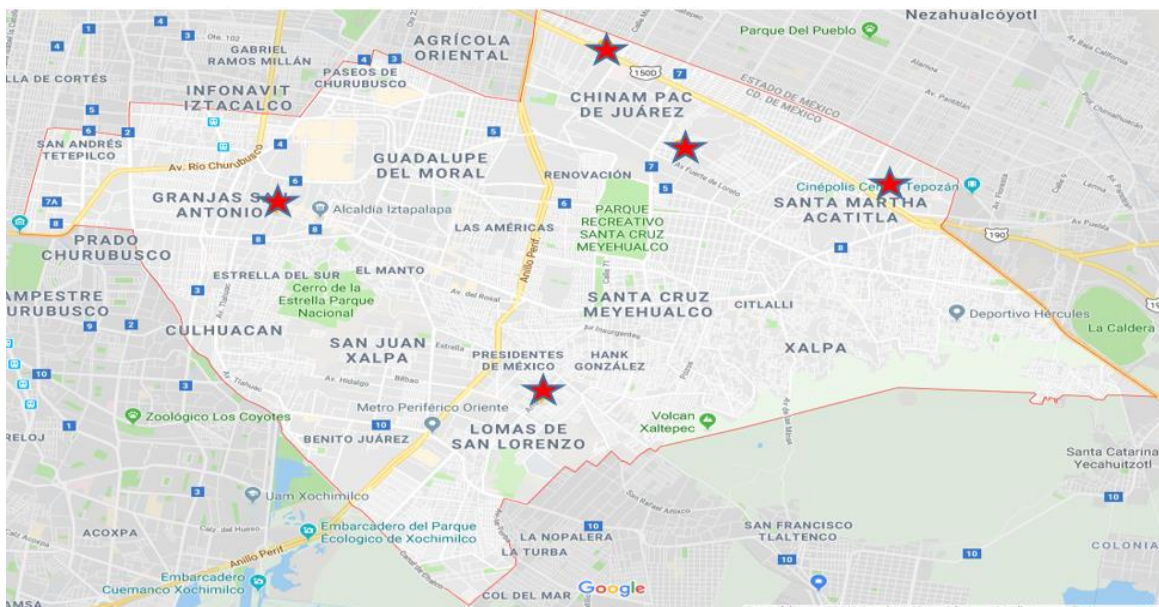


Figura 1. Localización de las muestras, Utilizando la herramienta de google maps.



#### 4.1. Impurezas o Sólidos Totales

Los sólidos totales son una suma de masa entre los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos en el agua.

Los sólidos totales serán los que permanezcan en el vaso después de evaporar y secar la muestra a una temperatura de  $208\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

##### 4.1.1. Materiales y equipos

- a) Horno de secado o parrilla capaz de mantener una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b) Balanza analítica calibrada, con una resolución de  $0,1\text{ mg}$ .
- c) Desecador, provisto con un desecante o con control de humedad.
- d) Vasos de precipitado de  $100\text{ mL}$ .
- e) Parrilla de calentamiento capaz de calentar hasta una temperatura de  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$

##### 4.1.2. Procedimiento

- a) Introducir los vasos al horno a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 24 h.
- b) Trasladar el vaso al desecador y dejar enfriar por 20 min como mínimo.
- c) Pesar los vasos hasta obtener un peso constante en gramos. Registrar como  $M_1$ .
- d) Para la preparación de la muestra. Se debe de agitar las muestras para asegurar la homogeneización.
- e) Transferir  $50\text{ mL}$  de la muestra al vaso previamente pesado.

- f) Dejar evaporar en la parrilla a 280 °C hasta la sequedad total.
- g) Llevar al desecador y dejar enfriar por al menos 20 minutos.
- h) Pesar en la balanza analítica y registrar como M<sub>2</sub>.

## **4.2. Sulfatos**

Los sulfatos son determinados por medio de un espectrofotómetro, esta metodología tiene un rango de aplicación para sustancias que contengan de 25 a 300 *ppm* de sulfatos, para sustancias mayores es necesario tener una dilución para la obtención del valor; el método usado es mediante el uso de test comerciales para la determinación de sulfatos de manera rápida.

### 4.2.1. Materiales y equipos

- a) Pipeta graduada de 5 *mL*.
- b) Filtros redondos sin cenizas y sulfatos, diámetro de 5 cm aproximadamente.
- c) Tubos de ensaye.
- d) Espectrofotómetro (Marca Nova®).
- e) Embudo de 2 cm de diámetro.
- f) Baño de agua capaz de mantener la temperatura a 40 °C.
- g) Test comercial para la determinación de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>. (Marca Merck®)

#### 4.2.2. Procedimiento

- a) Pipetear 2.5 *mL* de la muestra a un tubo de ensaye.
- b) Agregar 2 gotas del reactivo  $\text{SO}_4^{-1}$ .
- c) Agregar 1 micro cucharada rasa del reactivo  $\text{SO}_4^{-2}$ .
- d) Poner a baño de agua a 40 °C por 5 minutos.
- e) Pasado los 5 minutos añadir 2.5 *mL* del reactivo  $\text{SO}_4^{-3}$ , cerrar y agitar vigorosamente.
- f) Filtrar con el papel filtro libre de cenizas y sulfatos en un nuevo tubo de ensaye.
- g) El filtrado se debe poner a baño de agua durante 7 minutos a 40 °C.
- h) Medir en el espectrofotómetro.

#### 4.3. Cloruros

Los cloruros son determinados por medio de un espectrofotómetro, este método tiene una aplicación en sustancias que contengan entre 2.5 y 250 *ppm* de cloruros para concentraciones mayores a estas tienen que hacerse una dilución para su determinación; el método usado es mediante el uso de test comerciales para la determinación de cloruros de manera rápida.

##### 4.3.1. Materiales y equipos

- a) Pipeta graduada de 5 *mL*
- b) Tubos de ensaye
- c) Espectrofotómetro (Marca Nova®)
- d) Test comercial para la determinación de  $\text{Cl}^{-1}$  (Marca Merck®)

#### 4.3.2. Procedimiento

- a) Pipetear en 1 *mL* de la muestra en un tubo de ensaye.
- b) Añadir 2.5 *mL* del reactivo CI-1 y mezclar.
- c) Añadir 0.5 *mL* del reactivo CI-2 y mezclar.
- d) Medir en el espectrofotómetro.

#### 4.4. Carbonatos y bicarbonatos

La alcalinidad es medida principalmente por los carbonatos y bicarbonatos en el sistema. La alcalinidad se identifica de dos formas: alcalinidad total y alcalinidad a la fenolftaleína.

Para el caso de estudio de nuestra agua se medirán los carbonatos y bicarbonatos en conjunto como alcalinidad total, debido a que la alcalinidad total puede englobar tanto carbonatos y bicarbonatos a la vez.

##### 4.4.1. Materiales y equipos

- a) Bureta de 25 *mL*
- b) Soporte universal
- c) Pinza doble para bureta
- d) Naranja de metilo 0.1% Volumen
- e) Ácido clorhídrico 0.1 N estandarizado

#### 4.4.2. Procedimiento

- a) Transferir 100 *mL* de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 *mL*
- b) Adicionar 4 gotas de naranja de metilo
- c) Titular la muestra con ácido clorhídrico 0.1 N hasta el vire del naranja de metilo.
- d) Registrar el volumen utilizado en titulación  $V_1$

#### 4.5. DQO (Demanda Química de Oxígeno)

La demanda química de oxígeno indica la cantidad de oxígeno procedente de dicromato de potásico, este método tiene una aplicación en sustancias que contengan entre 4 y 40 *ppm* de DQO, para concentraciones mayores a estas tienen que hacerse una dilución para su determinación; el método usado es mediante el uso de test comerciales para la determinación del DQO de manera rápida.

##### 4.5.1. Materiales y equipos

- a) Pipeta graduada de 5 *mL*
- b) Termorreactor con capacidad de alcanzar una temperatura constante de 150 °C
- c) Espectrofotómetro (Marca Nova®)
- d) Test comercial para la determinación del DQO (Marca Merck®)

#### 4.5.2. Procedimiento

- a) Verter la muestra en un vaso de precipitado de 50 *mL*.
- b) Tomar una muestra de 3 *mL* con la pipeta graduada.
- c) Agitar el tubo de ensaye con la solución comercial.
- d) Verter los 3 *mL* al tubo de ensaye y colocar el tubo en el termo reactor a 150 °C durante 2 horas.
- e) Terminado ese tiempo sacar el tubo y dejar enfriar por 20 minutos aproximadamente.
- f) Medir la cantidad de DQO en la muestra con ayuda del espectrofotómetro.

#### 4.6. Alkalís totales

En la medida de álcalis totales de las aguas se miden tanto potasio como sodio, esto se realiza trazando curva de calibración para la determinación de la concentración de cada muestra, primero de sodio y posteriormente de potasio y así al realizar la sumatoria determinar los álcalis totales (sodio y potasio) presentes en la muestra.

##### 4.6.1. Materiales y equipos

- a) Fotómetro de flama (Marca Sherwood®)
- b) Solución patrón de potasio y sodio proporcionada por el fabricante.
- c) Agua destilada
- d) Matraz aforado de 25 *mL*

#### 4.6.2. Procedimiento

- a) Preparar soluciones para determinar la recta de calibración (10, 20, 40, 50, 60 y 80).
- b) Verter 0.25 mL de solución patrón para el punto 10, 0.50 mL para el punto de 20, 1 mL para el punto de 40, 1.25 mL para el de 50, así sucesivamente una vez vertido el contenido aforar el matraz de 25 mL.
- c) Encender el equipo y fijar el blanco con solamente agua destilada y el máximo con el punto 80 (2 mL en 25 mL de agua)
- d) Una vez fijados los límites, comenzar a meter cada punto de la recta para determinar el valor que el equipo nos refleja.
- e) Después de haber determinado la curva se prosigue a la medición del parámetro.
- f) Repetir el procedimiento para potasio.

#### 4.7. Sólidos en suspensión

Son todos los sólidos que se encuentran insolubles en el agua problema, se determina por método gravimétrico, además de que la muestra al ser tomada tiene que ser agitada vigorosamente para asegurar un muestreo homogéneo de toda el agua; esta prueba da como resultado los sólidos en suspensión en cierto volumen de agua además de ser la precedente en la prueba de grasas y aceites.

#### 4.7.1. Materiales y equipos

- a) Horno de secado capaz de mantener una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b) Balanza analítica calibrada, con una resolución de  $0,1\text{ mg}$ .
- c) Desecador, provisto con un desecante o con control de humedad.
- d) Embudo de filtración.
- e) Matraz aforado de  $250\text{ mL}$
- f) Papel filtro

#### 4.7.2. Procedimiento

- a) Colocar papel filtro en el horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h.
- b) Se retira el papel filtro del horno y se deja enfriar en el desecador por 30 minutos.
- c) Se pesa el papel filtro hasta que alcance un peso constante  $M_1$
- d) Se afora el matraz con  $250\text{ mL}$  de la muestra, posteriormente se coloca el material para el filtrado y se comienza el filtrar la muestra.
- e) Una vez terminada la filtración, el papel se coloca dentro del horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h.
- f) Se pesa el papel filtro hasta que alcance un peso constante  $M_2$



#### 4.8. Grasas y aceites

Esta metodología es la continuación de la determinación de sólidos en suspensión totales, además se tiene que tener en cuenta la peligrosidad del tricloroetileno y las precauciones al usarlo. Este parámetro es determinado por gravimetría; por ser la continuación del método antes mencionado solo se describe los materiales y el procedimiento después del término de la prueba de sólidos en suspensión.

##### 4.8.1. Materiales y equipos

- a) Horno de secado capaz de mantener una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b) Balanza analítica calibrada, con una resolución de  $0,1\text{ mg}$ .
- c) Desecador, provisto con un desecante o con control de humedad.
- d) Embudo de filtración.
- e) Tricloroetileno estabilizado 20-30 % Volumen

##### 4.8.2. Procedimiento

- a) Se registra el peso del papel seco para la determinación de sólidos disueltos  $M_1$
- b) Se coloca el papel previamente pesado en un embudo de filtración.
- c) Se comienza a lavar el papel filtro con tricloroetileno, hasta alcanzar  $50\text{ mL}$  de lixiviado.
- d) Se coloca el papel filtro lavado dentro del horno a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 h.

- e) Se retira el papel filtro del horno y se deja enfriar en el desecador por 30 minutos.
- f) Se pesa el papel filtro en la balanza analítica, hasta que el peso sea constante  $M_2$

#### **4.9. Magnesio**

Para la determinación de magnesio se realiza mediante dos valoraciones, la primera para determinar la dureza total del sistema (calcio y magnesio) y la segunda la dureza cálcica. Por diferencia de volúmenes se determina así la dureza magnésica de nuestra muestra de estudio.

##### 4.9.1. Materiales y equipos

- a) Bureta de 10 *mL*
- b) Pipeta volumétrica de 100 *mL*
- c) Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) 0.01 M estandarizado
- d) Ácido calconcarboxílico
- e) Tableta buffer Titriplex®
- f) Pellets de Hidróxido de sodio
- g) Matraz Erlenmeyer de 250 *mL*
- h) Pipeta Pasteur
- i) Hidróxido de amonio 28-30 % Volumen

#### 4.9.2. Procedimiento

- a) Transferir 100 *mL* de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 *mL*
- b) Agregar una 0.05 g de ácido calconcarboxílico a la muestra
- c) Agregar un pellet de hidróxido de sodio a la muestra y agitar para lograr obtener un color rosa.
- d) Valorar con la bureta de 10 *mL* y la solución de EDTA hasta conseguir el vire de color rosado a azul, anotar el volumen utilizado como  $V_1$  (Dureza cálcica)
- e) Transferir 100 *mL* de la muestra a un matraz Erlenmeyer de 250 *mL*
- f) Agregar una tableta Titriplex®
- g) Agregar 4 gotas con la pipeta Pasteur de hidróxido de amonio, hasta que alcance un color rojizo.
- h) Valorar con la bureta de 10 *mL* y la solución de EDTA, hasta conseguir un vire de rojo a verde, anotar el volumen utilizado como  $V_2$  (Dureza total).

#### 4.10. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono se determina por la reacción del  $\text{CO}_2$  libre en el agua con el  $\text{NaOH}$ . Esta reacción es determinada por una titulación con esta base; además de que es aplicable a muestras que no provengan de aguas industriales o que contengan iones metálicos.

#### 4.10.1. Materiales y equipos

- a) Bureta de 10 *mL*
- b) Pipeta volumétrica de 100 *mL*
- c) Hidróxido de sodio 0.02 N estandarizado
- d) Matraz Erlenmeyer de 250 *mL*
- e) Fenolftaleína 1% Volumen

#### 4.10.2. Procedimiento

- a) Tomar 100 *mL* de la muestra y verter dentro del matraz de 250 *mL*
- b) Agregar 3 gotas de fenolftaleína.
- c) Comenzar la titulación con el hidróxido de sodio 0.02 N de manera lenta sin agitar demasiado, ya que esto provocaría que entrara más CO<sub>2</sub> dentro de la muestra.
- d) Alcanzar el vire de incoloro a rosa tenue, registrar como V<sub>1</sub>.

#### 4.11. pH

El pH se determina mediante un potenciómetro y soluciones buffer de 4 y 10 en pH para la curva de calibración, además que esta debe de estar en un mínimo de 96% para tener la seguridad de que los resultados obtenidos en el proceso son fehacientes.

#### 4.11.1. Materiales y equipos

- a) Potenciómetro para la determinación el pH con escala digital, con compensador de temperatura y corrección de pendiente.
- b) Disoluciones amortiguadores comerciales con pH de 4 y 10.
- c) Agua destilada
- d) Vaso de precipitado de 100 *mL*.
- e) Termómetro de mercurio capaz de medir 50 °C.
- f) Baño de agua capaz de mantener una temperatura de 25 °C

#### 4.11.2. Procedimiento

- a) Primero se coloca la muestra problema y las disoluciones patrón en el baño de agua a 25 °C por 20 minutos.
- b) Se toma la temperatura de las sustancias, cuando estas alcanzan una temperatura estable de 25 °C se retiran del baño.
- c) Se prende el potenciómetro y se selecciona la opción de calibrado.
- d) Se ingresa la primera disolución amortiguadora de pH de 4 a 25 ° C y se comienza con la medición.
- e) Una vez que el equipo haya registrado la temperatura, este pedirá el ingreso de la otra disolución a la misma temperatura de 25 °C.
- f) Se retira la disolución amortiguadora del baño de agua en cuanto tenga la temperatura de 25 °C y se ingresa al equipo como la segunda sustancia con pH de 10.

- g) El equipo al tener los dos valores, este determinara una pendiente en porcentaje que debe ser mayor a 96°, en caso contrario se debe cambiar las disoluciones amortiguadoras por otras más resientes.
- h) Una vez que se tiene la pendiente del equipo al ser calibrado se debe de ingresar la muestra problema a la temperatura de 25 °C.
- i) Se registra el pH y la temperatura de la muestra.

Nota: Se debe de enjuagar el electrodo con agua destilada después de que está en contacto con cualquier solución y secar cuidadosamente.

## 5. Análisis y resultados

Se muestran las fórmulas y/o procedimientos para obtener los resultados de cada uno de los parámetros evaluados, en las unidades que requiere la norma NMX-C-122-ONNCCE-204; así como los resultados de los distintos muestreos que fueron llevados a cabo en el periodo antes descrito.

### 5.1. Impurezas o Sólidos Totales

Para generar los resultados es necesario contar con  $M_1$  y  $M_2$  así como el volumen de la muestra del experimento.

Se hace uso de la siguiente fórmula.

$$ST = \frac{(M_2 - M_1) * 1\ 000}{50}$$

Donde:

ST	Sólidos Totales en <i>mg/L</i>
$M_1$	Masa del vaso vacío en g.
$M_2$	Masa del vaso con el residuo después de la evaporación en g.
50	Es el volumen utilizado en la experimentación en <i>mL</i> .

La tabla 4 muestra el contenido de impurezas en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 4. Contenido de impurezas totales en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004

Fecha	Valor (ppm)	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	524.00	3500	4000	2976.00	3476.00
01-feb-19	2290.00	3500	4000	1210.00	1710.00
08-feb-19	1000.00	3500	4000	2500.00	3000.00
17-feb-19	514.00	3500	4000	2986.00	3486.00
28-feb-19	212.00	3500	4000	3288.00	3788.00

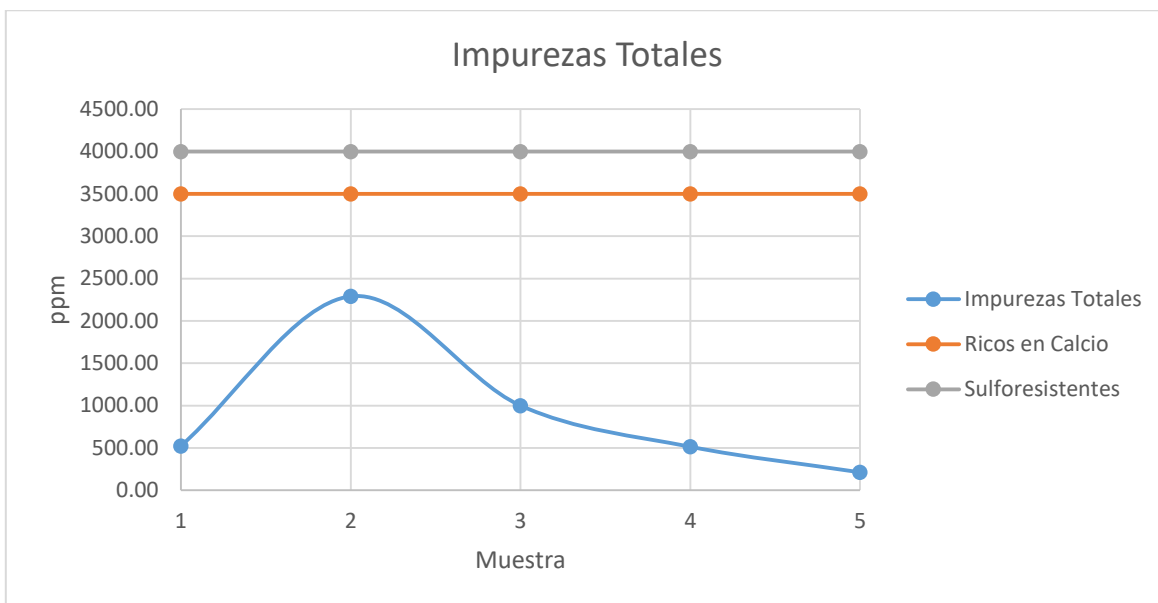


Figura 1. Contenido de impurezas en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004



## 5.2. Sulfatos

La determinación de sulfatos se realiza mediante el espectrofotómetro y celdas de cuarzo, además de que los fabricantes del test de sulfatos incluyen auto selectores con un rango de medición de 25-300 ppm para la medición. Por lo tanto para su medición es necesario colocar en el equipo el auto selector y la celda de cuarzo con la muestra, el equipo mostrara el valor en partes por millón de manera directa.

La tabla 5 muestra el contenido de sulfatos en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 5. Contenido de sulfatos en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004

Fecha	Valor (ppm de SO <sub>4</sub> )	Límites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	46.00	3000	3500	2954.00	3454.00
01-feb-19	240.00	3000	3500	2760.00	3260.00
08-feb-19	60.00	3000	3500	2940.00	3440.00
17-feb-19	107.00	3000	3500	2893.00	3393.00
28-feb-19	84.00	3000	3500	2916.00	3416.00

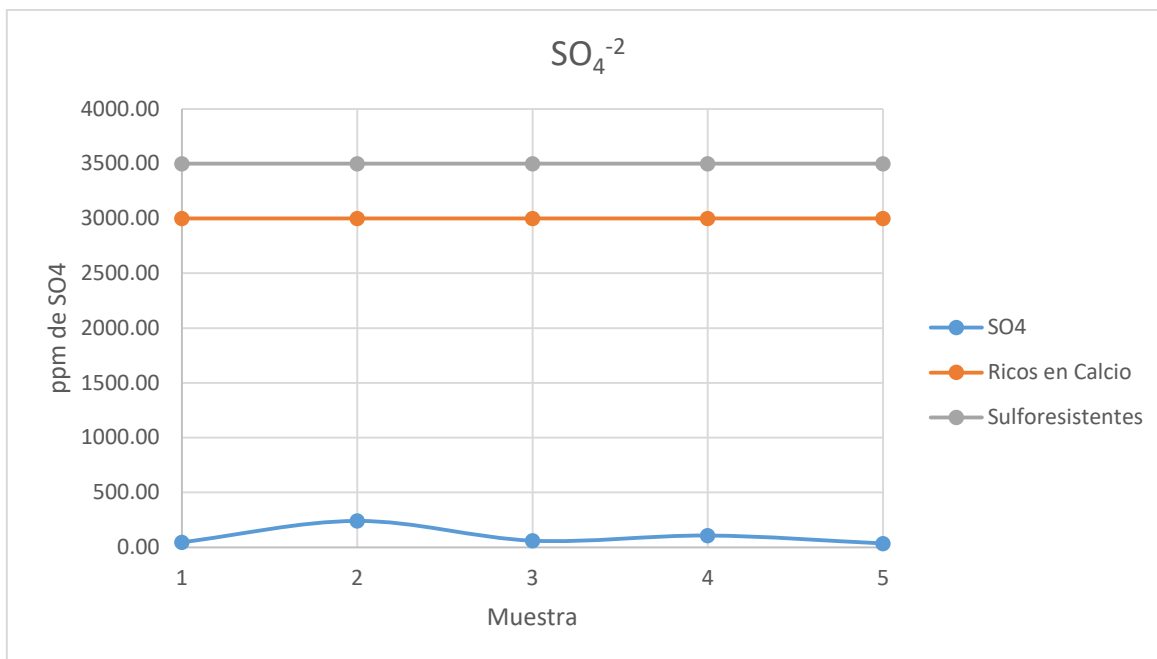


Figura 2. Contenido de sulfatos en *ppm* con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004

### 5.3. Cloruros

La determinación de cloruros se realiza mediante el espectrofotómetro y celdas de cuarzo, además de que los fabricantes del test de cloruros incluyen auto selectores con un rango de medición de 10-250 *ppm* para la medición. Por lo tanto para su medición es necesario colocar en el equipo el auto selector y la celda de cuarzo con la muestra, el equipo mostrara el valor en partes por millón de manera directa.

La tabla 6 muestra el contenido de cloruros en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 6. Contenido de cloruros en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004

Fecha	Valor (ppm de Cl)	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	76.00	400	600	324.00	524.00
01-feb-19	410.00	400	600	-10.00	190.00
08-feb-19	233.00	400	600	167.00	367.00
17-feb-19	78.00	400	600	322.00	522.00
28-feb-19	27.00	400	600	373.00	573.00

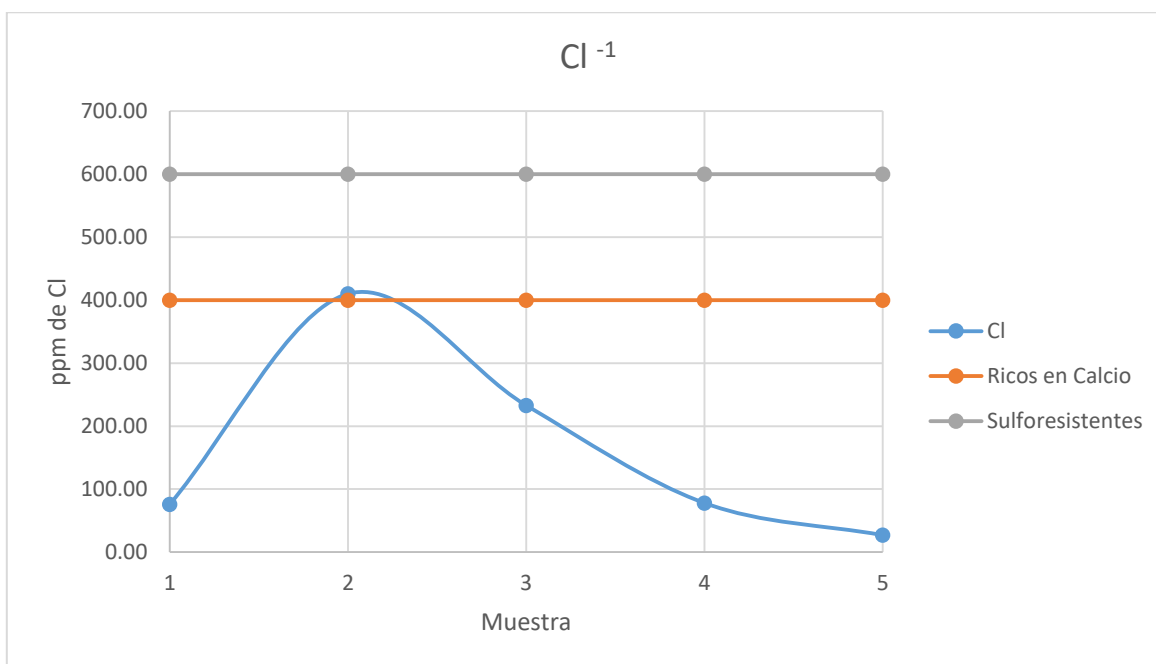


Figura 3. Contenido de cloruros en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

#### 5.4. Carbonatos y bicarbonatos

Para la determinación de la alcalinidad total (carbonatos y bicarbonatos) se utiliza la siguiente fórmula:

$$CyB = \frac{V_1 * N * 50 * 1\,000}{100}$$

Donde

CyB	Carbonatos y bicarbonatos en <i>mg</i> de CaCO <sub>3</sub> /L
V <sub>1</sub>	Volumen gastado de ácido clorhídrico en la titulación en <i>mL</i>
N	Normalidad del ácido clorhídrico
50	Es el factor para convertir eq/L a g CaCO <sub>3</sub> /L
100	Volumen de la muestra en <i>mL</i>
1 000	Factor de conversión de g a <i>mg</i>

La tabla 7 muestra el contenido de carbonatos y bicarbonatos en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 7. Contenido de carbonatos y bicarbonatos en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm de CO <sub>3</sub> )	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	174.00	600	600	426.00	426.00
01-feb-19	870.00	600	600	-270.00	-270.00
08-feb-19	252.00	600	600	348.00	348.00
17-feb-19	132.00	600	600	468.00	468.00
28-feb-19	72.00	600	600	528.00	528.00

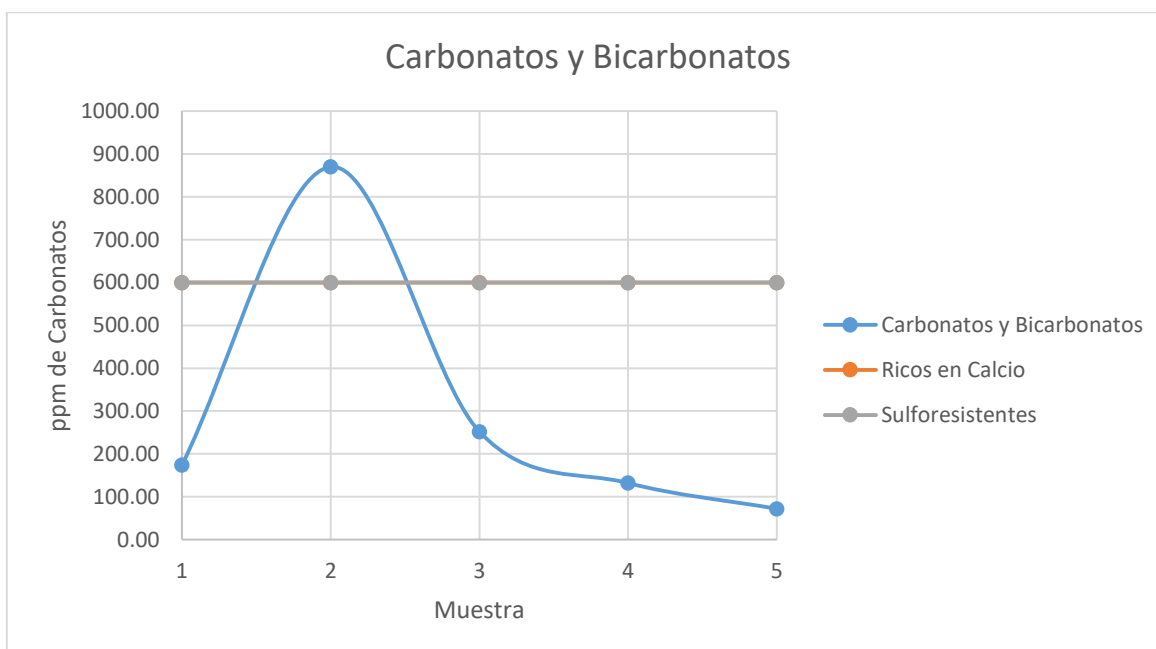


Figura 4. Contenido de carbonatos y bicarbonatos en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

## 5.5. DQO

Para los resultados de la demanda química de oxígeno se hace uso del espectrofotómetro que en este caso da las unidades en *ppm* de O<sub>2</sub> directamente; sin necesidad de realizar algún cálculo, el test tiene un rango de medida de entre 4-40 *ppm*; por lo que para su determinación únicamente se necesita colocar el tubo de ensayo en el equipo y este está ajustado para la medición de este parámetro y en ese rango.

La tabla 8 muestra el contenido de DQO en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 8. Contenido de DQO en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor ( <i>ppm</i> de O <sub>2</sub> )	Límites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio ( <i>ppm</i> )	Cementos sulforesistentes ( <i>ppm</i> )		
17-ene-19	8.30	150	150	141.70	141.70
01-feb-19	140.50	150	150	9.50	9.50
08-feb-19	38.30	150	150	111.70	111.70
17-feb-19	26.00	150	150	124.00	124.00
28-feb-19	18.40	150	150	131.60	131.60

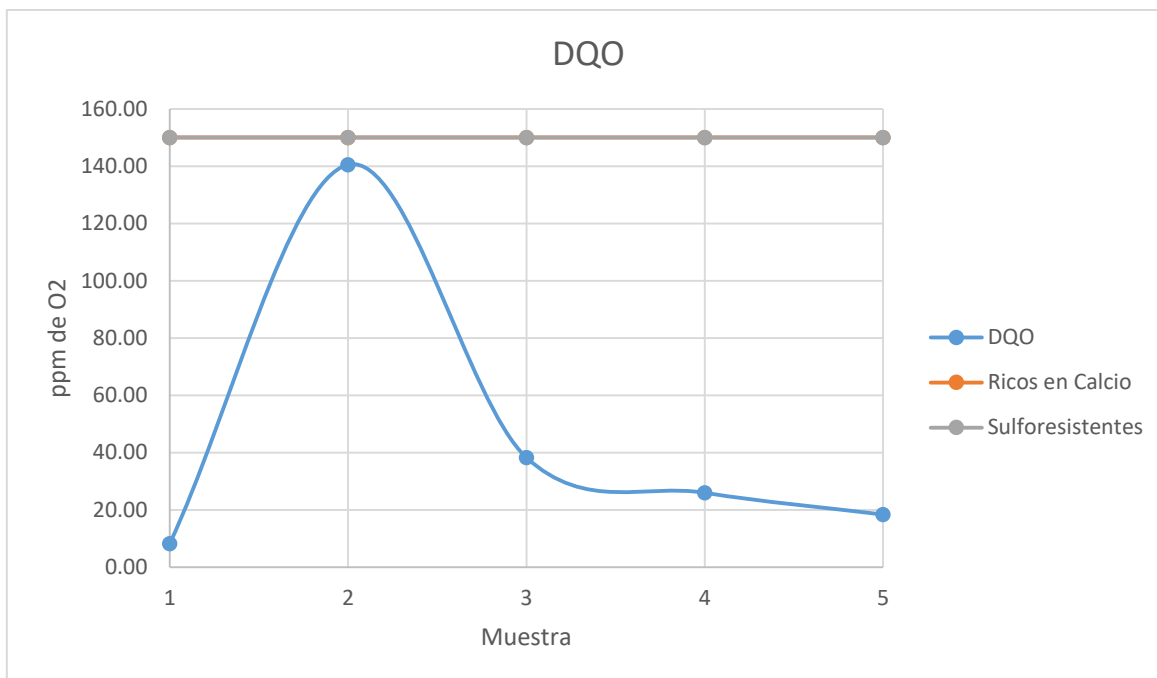


Figura 5. Contenido de DQO en *ppm* con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

### 5.6. Alkalies totales

Para álcalis totales es necesario realizar una regresión lineal para poder interpretar los valores generados por el equipo. Para esto se utilizan las concentraciones que son conocidas mediante las diluciones que se prepararon además de que se conoce el valor que el equipo da para esas determinadas concentraciones.

Así generando una gráfica de Concentración vs Absorbancia, así finalmente al trazar se obtiene una ecuación de recta que es la que nos permite conocer la concentración tanto de potasio como de sodio.

$$\text{Medida del fotómetro(Na)} = MX + H$$

$$\frac{\text{Medida del fotómetro(Na)} - H}{M} = X$$

$$\text{Medida del fotómetro(K)} = NY + Z$$

$$\frac{\text{Medida del fotómetro(K)} - Z}{N} = Y$$

$$X + \left( Y * \frac{23}{39} \right) = AT$$

Donde

AT	Álcalis totales como <i>mg</i> de Na/L
X	Es la concentración de sodio que se ha obtenido luego de sustituir los valores en la ecuación despejada de la recta en <i>mg</i> de Na/L
Y	Es la concentración de potasio que se ha obtenido luego de sustituir los valores en la ecuación despejada de la recta en <i>mg</i> de K/L
M y N	Es la pendiente que se obtiene de la regresión lineal.
Absorbancia	Es el valor generado por el equipo en la medición de sodio y potasio
23/39	Es la conversión de <i>mg</i> de K a <i>mg</i> de Na.



La tabla 9 muestra el contenido de álcalis totales en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 9. Contenido de álcalis totales en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm de Na)	Límites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulfuresistentes (ppm)		
17-ene-19	146.81	300	450	153.19	303.19
01-feb-19	732.02	300	450	-432.02	-282.02
08-feb-19	246.33	300	450	53.67	203.67
17-feb-19	76.84	300	450	223.16	373.16
28-feb-19	37.42	300	450	262.58	412.58

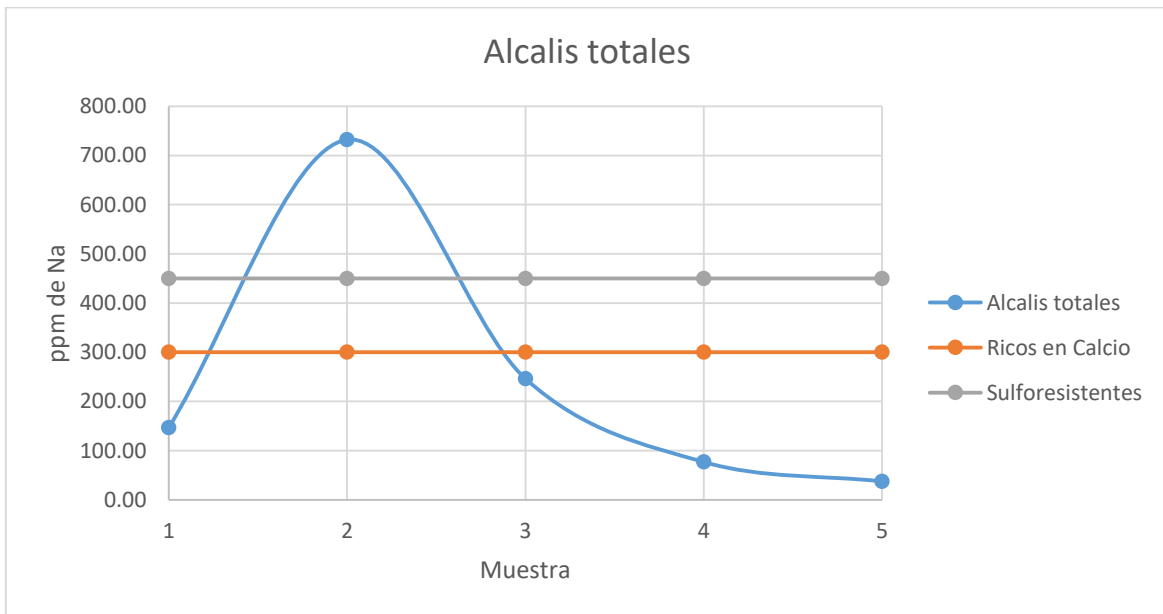


Figura 6. Contenido de álcalis totales en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

## 5.7. Sólidos en suspensión

Para poder generar los resultados es necesario contar con  $M_1$  y  $M_2$  así como el volumen de la muestra del experimento.

Se hace uso de la siguiente fórmula.

$$SS = \frac{(M_2 - M_1) * 1\ 000}{250}$$

Donde:

SS	Sólidos en suspensión <i>mg/L</i>
$M_1$	Masa del papel filtro seco en g.
$M_2$	Masa del papel filtro después de la filtración en g.
250	Es el volumen utilizado en la experimentación en <i>mL</i> .

La tabla 10 muestra el contenido de sólidos en suspensión en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 10. Contenido de sólidos en suspensión en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm)	Límites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	11.20	2000	2000	1988.80	1988.80
01-feb-19	68.00	2000	2000	1932.00	1932.00
08-feb-19	57.60	2000	2000	1942.40	1942.40
17-feb-19	31.20	2000	2000	1968.80	1968.80
28-feb-19	8.00	2000	2000	1992.00	1992.00



Figura 7. Contenido de sólidos en suspensión en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

## 5.8. Grasas y aceites

Para poder generar los resultados es necesario contar con  $M_1$  y  $M_2$  así como el volumen de la muestra del experimento.

Se hace uso de la siguiente fórmula.

$$GyA = \frac{(M_1 - M_2) * 1\ 000}{250}$$

Donde:

GyA	Grasas y Aceites en <i>mg/L</i>
$M_1$	Masa del papel filtro después de la determinación de sólidos suspendidos en g.
$M_2$	Masa del papel filtro después del lavado con tricloroetileno en g.
250	Es el volumen utilizado en la experimentación en <i>mL</i> .

La tabla 11 muestra el contenido de grasas y aceites en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004; así como el coeficiente de varianza para este parámetro.

Tabla 11. Contenido de grasas y aceites en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm)	Límites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	4.40	0	0	-4.40	-4.40
01-feb-19	18.80	0	0	-18.80	-18.80
08-feb-19	43.60	0	0	-43.60	-43.60
17-feb-19	2.40	0	0	-2.40	-2.40
28-feb-19	4.40	0	0	-4.40	-4.40

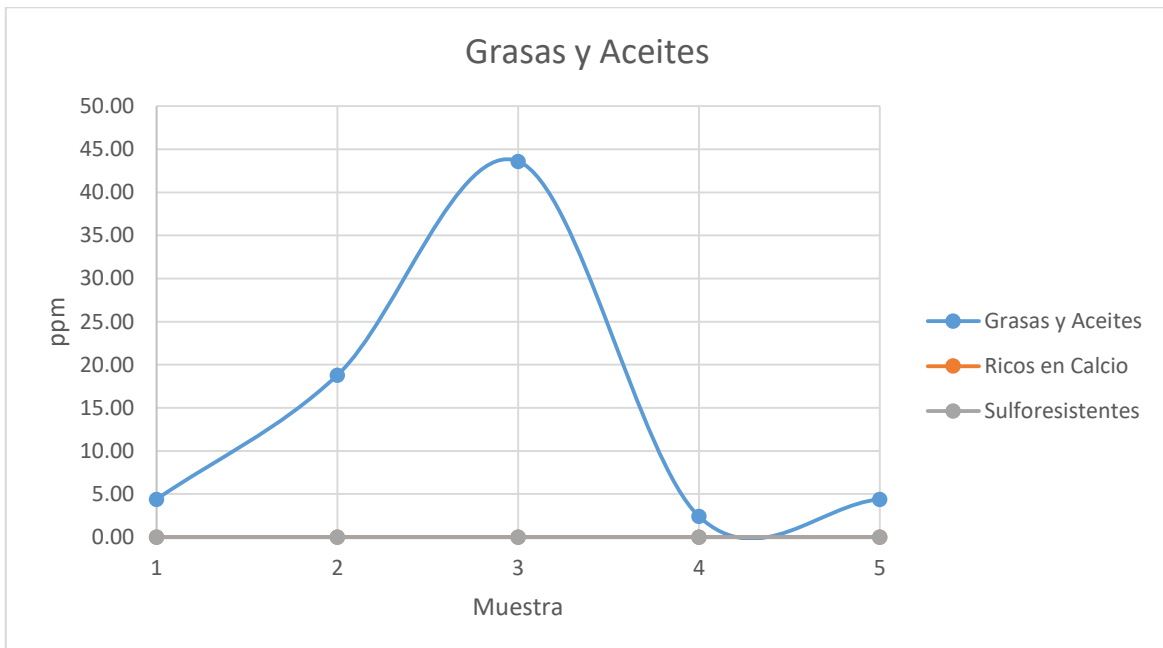


Figura 8. Contenido de grasas y aceites en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

## 5.9. Magnesio

Para la determinación de magnesio en el agua se hace uso de las siguientes fórmulas.

$$V_3 = V_2 - V_1$$

$$Mg = \frac{V_3 * M * 24 * 1000}{100}$$

Donde

<i>Mg</i>	Magnesio como <i>mg</i> de magnesio/L
<i>V</i> <sub>1</sub>	Volumen gastado en la titulación de la dureza cálcica en <i>mL</i>
<i>V</i> <sub>2</sub>	Volumen gastado en la titulación de la dureza total en <i>mL</i>
<i>V</i> <sub>3</sub>	Volumen utilizado en la determinación de la dureza magnésica en <i>mL</i>
<i>M</i>	Molaridad del EDTA en mol/L
24	Factor de conversión de mol/L a g de Ca/L
100	Volumen de la muestra en <i>mL</i>
1 000	Factor de conversión de g a <i>mg</i>

La tabla 12 muestra el contenido de magnesio en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 12. Contenido de magnesio en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm de Mg)	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	14.64	100	150	85.36	135.36
01-feb-19	2.16	100	150	97.84	147.84
08-feb-19	55.20	100	150	44.80	94.80
17-feb-19	20.64	100	150	79.36	129.36
28-feb-19	11.76	100	150	88.24	138.24

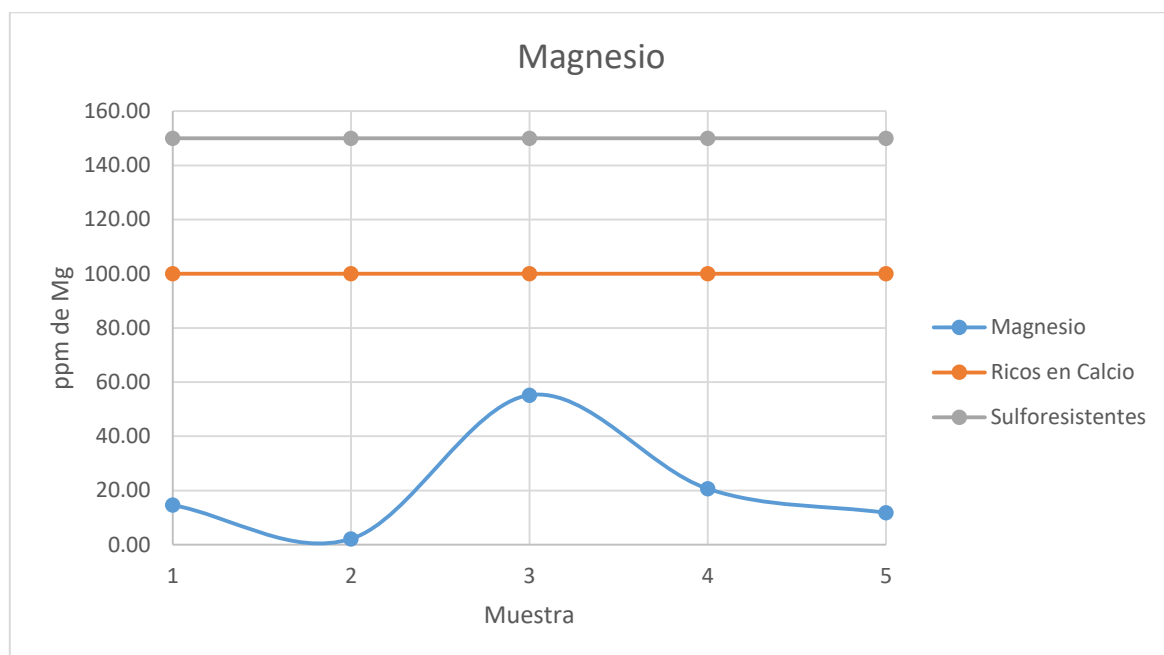


Figura 9. Contenido de magnesio en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

### 5.10. Dióxido de carbono

Para la determinación de CO<sub>2</sub> se utiliza la siguiente fórmula que contempla el resultado en partes por millón.

$$CO_2 = \frac{V_1 * N * 44 * 1000}{100}$$

Donde

CO <sub>2</sub>	Concentración de CO <sub>2</sub> en <i>mg</i> de CO <sub>2</sub> /L
V <sub>1</sub>	Volumen gastado en la titulación del CO <sub>2</sub> en <i>mL</i>
N	Normalidad del EDTA en mol/L
44	Factor de conversión de mol/L a g de CO <sub>2</sub> /L
100	Volumen de la muestra en <i>mL</i>
1 000	Factor de conversión de g a <i>mg</i>

La tabla 13 muestra el contenido de dióxido de carbono disuelto en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.



Tabla 13. Contenido de dióxido de carbono disuelto en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor (ppm de CO <sub>2</sub> )	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulforesistentes (ppm)		
17-ene-19	0.00	5	3	5.00	3.00
01-feb-19	0.00	5	3	5.00	3.00
08-feb-19	0.00	5	3	5.00	3.00
17-feb-19	3.43	5	3	1.57	-0.43
28-feb-19	1.36	5	3	3.64	1.64

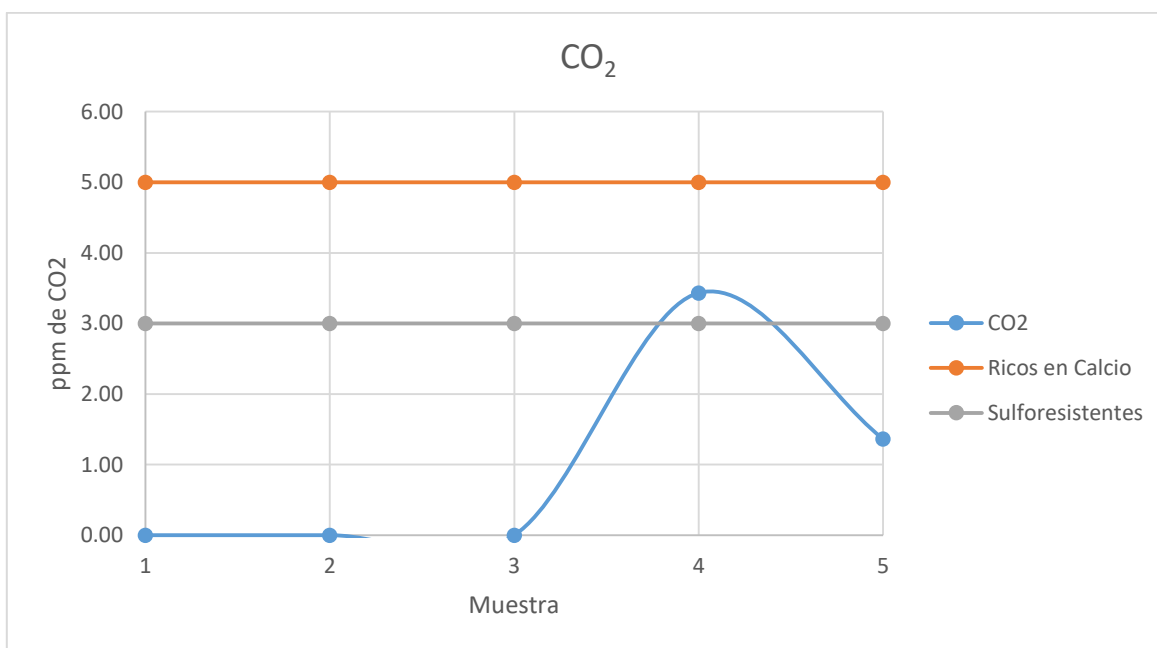


Figura 10. Contenido de dióxido de carbono disuelto en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

### 5.11. pH

El potencial de hidrógeno se determinó con el potenciómetro y además se registra una pendiente que debe de tener un porcentaje mayor al 96% para que el resultado sea más veras.

El valor de pH de la muestra el equipo lo da de manera directa sin necesidad de realizar algún cálculo.

La tabla 14 muestra la pendiente en las 5 determinaciones del parámetro.

Tabla 14. Valor de la pendiente por cada lote de medición

Fecha	Pendiente
17-ene-19	96.5
01-feb-19	96.2
08-feb-19	97.6
17-feb-19	97.4
28-feb-19	97.1

La tabla 15 muestra el pH en los 5 muestreos llevados a cabo en la alcaldía de Iztapalapa en los meses de enero y febrero, comparándolos con los límites permisibles expresados en la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Tabla 15. Contenido de pH en el agua con respecto a la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Fecha	Valor	Limites		Diferencia	Diferencia
		Cementos ricos en calcio (ppm)	Cementos sulfuresistentes (ppm)		
17-ene-19	8.46	6	6	2.46	2.46
01-feb-19	8.21	6	6	2.21	2.21
08-feb-19	8.83	6	6	2.83	2.83
17-feb-19	7.99	6	6	1.99	1.99
28-feb-19	7.52	6	6	1.52	1.52

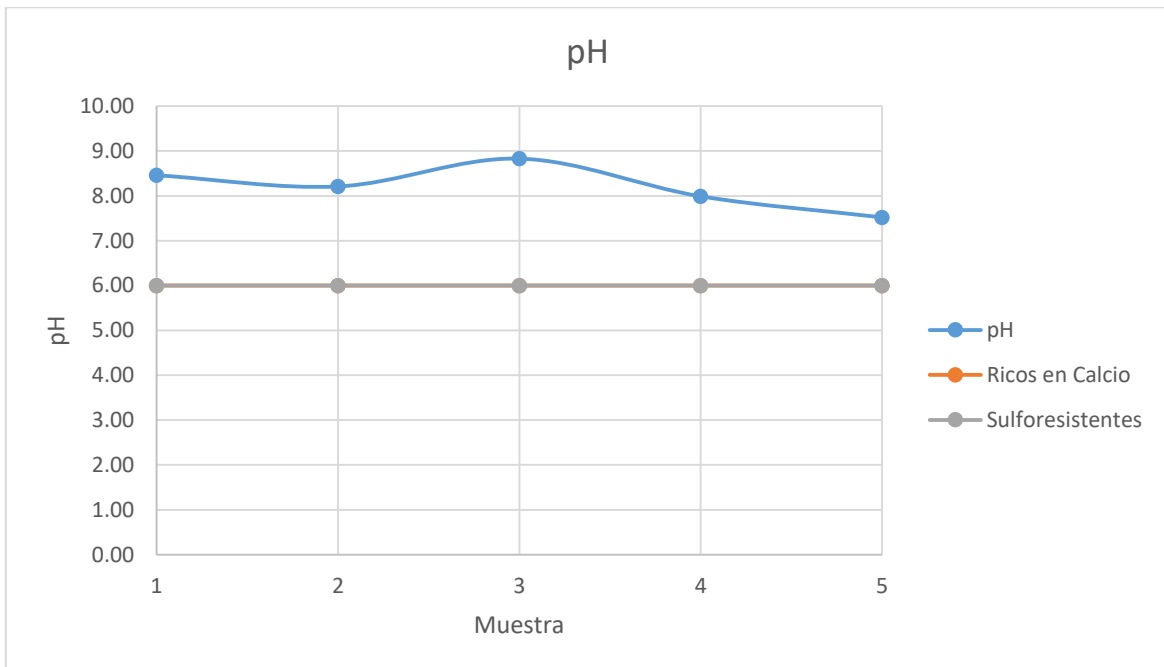


Figura 11. Contenido de pH en ppm con respecto a la muestra, comparando con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

## 6. Conclusiones

El objetivo general de este trabajo de investigación fue realizar una caracterización del agua en la alcaldía de Iztapalapa para determinar la viabilidad de su uso en el concreto conforme a la norma vigente NMX-C-122-ONNCCE-2004, esto fue llevado a cabo mediante un análisis de los parámetros del agua en distintos puntos de la alcaldía para evaluarlos con los de la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004 Industria de la Construcción-Agua para Concreto-Especificaciones.

Al realizarse las pruebas en las distintas muestras se encontró que hay algunos parámetros por arriba de los permitidos de la norma vigente, estos son expuestos en la tabla 16; Las grasas y aceites causan disminución en la adherencia entre el concreto y el acero, retardo del fraguado así como manchas en las estructuras.

Cabe resaltar que estos estudios no consideraron otros tipos de afectaciones que pudieran llegar a influenciar de manera directa en los parámetros que menciona la norma como lo son: Tipo de almacenamiento, tiempo de almacenaje, desgaste de la tubería, manejo del agua, etc. Ya que solo se contempla el agua que es suministrada directamente por la alcaldía.

Aunque hay parámetros excedentes estos tienen distintos tipos de afectaciones vistos en el capítulo 3, y estos parámetros son de difícil control para la población en general, quedando a resguardo análisis posteriores a tratar con esa agua y ver de manera directa si en verdad es notoria la afectación.

Como se mencionó se realizó el muestro a zonas de Iztapalapa donde la comunidad de la alcaldía reporto que el agua que es suministrada está contaminada; una vez realizado el análisis y determinar que el agua a pesar de estar en malas condiciones es apta para el uso en la construcción y por lo tanto toda la demás agua suministrada por la alcaldía es apta para el uso en la construcción.

Dado que los objetivos particulares fueron analizar, determinar y comparar el agua de la alcaldía de Iztapalapa esta se encuentra apta para el uso en el concreto y con respecto al objetivo de tipos de cementos se hace la recomendación del uso del cemento portland compuesto ya que tiene mayor resistencia a ambientes agresivos.

La tabla 16 muestra los parámetros analizados y el dictamen resultante del valor promedio obtenido de los 5 análisis, además de estar comparados con la norma NMX-C-122-ONNCCE-2004.

Prueba	Limite Promedio <i>ppm</i>	Valor Promedio <i>ppm</i>	Diferencia	Dictamen
Grasas y aceites en agua	0	14.72	-14.72	NO APTO
Sólidos Suspendidos	2000	35.20	1964.80	APTO
Impurezas Totales	3750	908.00	2842.00	APTO
Magnesio como $Mg^{+2}$	125	20.88	104.12	APTO
Carbonatos como $CO_3^{-2}$	600	300.00	300.00	APTO
CO <sub>2</sub> Disuelto	4	0.96	3.04	APTO
Materia Orgánica	150	46.30	103.70	APTO
Sulfatos como $SO_4^{-2}$	3250	97.60	3152.40	APTO
Cloruros como $Cl^{-1}$	500	164.80	335.20	APTO
Álcalis totales como $Na^{+2}$	375	247.88	127.12	APTO
pH	6	8.20	2.20	APTO

## 7. Bibliografía

1. Jiménez, A. A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Gestión Ambiental Recuperado de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
2. Sigler, W. A., y Bauder, J. (s.f.). Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales. [www.region8water.colostate.edu](http://www.region8water.colostate.edu) Recuperado de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)
3. Monte, P. I. (2016). Agua, pH y equilibrio químico: entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos. [www.sems.gob.mx](http://www.sems.gob.mx). Progreso S.A de C.V Recuperado de <http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12235/5/images/agua-ph-ciencias.pdf>
4. Félez, M. S. (s.f.). Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. [www.upcommons.upc.edu](http://www.upcommons.upc.edu) Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03\\_Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1)
5. Compuestos orgánicos volátiles (COV). (Julio de 2010). [www.risctox.istas.net](http://www.risctox.istas.net) Recuperado de <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621>
6. Propiedades Físicas del Agua. (13 de mayo de 2008). [www.atl.org.mx](http://www.atl.org.mx) Recuperado de [http://www.atl.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=293:fisica&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480](http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=293:fisica&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480)

7. Aragon, G.L. (2015). Determinación de sodio, potasio, calcio, bario y litio en el agua que se distribuye en el canton ojo de agua municipio de huizucar departamento de la libertad por fotometría de llama. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de el Salvador, San Salvador, El Salvador.
8. Albis, Y. (2016). EFECTOS DE LA MATERIA ORGANICA DEL AGUA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de Cartagena, Cartagena de indias.
9. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (s.f.). Alcalinidad. [www.bvsper.paho.org](http://www.bvsper.paho.org) Recuperado de <http://bvsper.paho.org/texcom/cd048437/sunassal.pdf>
10. Ramírez, B.I y Domínguez, B.D. (2008). Demanda química de oxígeno de muestras acuosas. [www.cmas.siu.buap.mx](http://www.cmas.siu.buap.mx) Recuperado de [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd/work/sites/redica/resources/LocalesContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/redica/resources/LocalesContent/127/2/Libro%20DQO%202008.pdf)
11. Negrón, R.G. (enero de 2013). Carta periódica. [www.naturalezasintoxicos.files.wordpress.com](http://www.naturalezasintoxicos.files.wordpress.com). Departamento de Educación Agrícola Recuperado de <https://naturalezasintoxicos.files.wordpress.com/2013/10/olor-y-sabor-agua-potable.pdf>
12. Propiedades físicas y químicas del agua. (s.f.). [www.eurofontanilla.es](http://www.eurofontanilla.es) Recuperado de <https://www.eurofontanilla.es/wp-content/uploads/2013/06/eurofontanilla-propiedades-fisicas-del-agua.pdf>
13. La dureza del agua. (s.f.). [www.facsa.com](http://www.facsa.com) Recuperado de <https://www.facsa.com/municipios/wp-content/uploads/2016/02/Facsa-dureza-del-agua-Alcora.pdf>



14. Bolaños, A.D. (27 de octubre de 2013). Determinación de cationes en agua potable del cantón de Grecia, Costa Rica por absorción atómica. [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org) Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66631279005.pdf>
15. Peña, S.P. (2004). Determinación del contenido de Sodio y Potasio en aguas naturales subterráneas por fotometría de llama. [www.unne.edu.ar](http://www.unne.edu.ar) Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-068.pdf>
16. Comisión Nacional del Agua. (Diciembre de 2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>
17. Valdez, E. (1990). Abastecimiento de agua potable. México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA
18. Kucche, K. J. (Enero de 2015). Quality of Water for Making Concrete: A Review of Literature. International Journal of Scientific and Research Publications Recuperado de <http://www.ijsrp.org/research-paper-0115/ijsrp-p3720.pdf>
19. Types and Causes of Concrete Deterioration. (s.f.). Portland Cement Association Recuperado de [https://www.cement.org/docs/default-source/fc\\_concrete\\_technology/durability/is536-types-and-causes-of-concrete-deterioration.pdf?sfvrsn=4&sfvrsn=4](https://www.cement.org/docs/default-source/fc_concrete_technology/durability/is536-types-and-causes-of-concrete-deterioration.pdf?sfvrsn=4&sfvrsn=4)

20. Alvarado, J. (s.f.). Características del concreto - Agua de Mezclado para el concreto. [www.construaprende.com](http://www.construaprende.com) Recuperado de <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/305-caracteristicas-concreto?start=4>
  
21. Vázquez, A. (s.f.). Elaboración de concretos con agua tratada. [www.imcyc.com](http://www.imcyc.com) Recuperado de <http://www.imcyc.com/revista/2001/abril2001/concretos.htm>
  
22. River, A. (s.f.). Agua de Mezcla. [ftp.unicauca.edu.co](ftp://ftp.unicauca.edu.co) Recuperado de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTE%20SEM%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%202009/Cap.%2003%20-%20Agua%20de%20mezcla.pdf>
  
23. Comisión Nacional del Agua. (2011). Usos del agua. [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx) Recuperado de [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SI NA/Capitulo\\_3.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SI%20NA/Capitulo_3.pdf)
  
24. Neville, A. (1995). TECNOLOGÍA DEL CONCRETO. México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi.
  
25. Valdez, V. (07 de mayo del 2014). Aplicaciones del agua en Ingeniería Civil. [academia.edu](https://www.academia.edu) Recuperado de [https://www.academia.edu/8929938/EL\\_AGUA\\_PARA\\_CONSTRUCCION](https://www.academia.edu/8929938/EL_AGUA_PARA_CONSTRUCCION)
  
26. Auge, M. (2007). Agua fuente de vida. [tierra.rediris.es](http://tierra.rediris.es) Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
  
27. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (Septiembre de 2014). Encuentros sobre el Agua. [unescoetxea.org](http://www.unescoetxea.org). UNESCO Etxea-Centro Recuperado de <http://www.unescoetxea.org/dokumentuak/EncuentrosAgua.pdf>

28. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, 11a Edición, 2014 vol. I – II
29. González, C. (s.f). *ANALISIS GRAVIMETRICO*. ocw.usal.es Recuperado de <http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/quimica-analitica/contenidos/CONTENIDOS/8.%20CONCEPTOS%20TEORICOS.pdf>
30. García, M. (s.f). *El agua*. documentacion.ideam.gov.co Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap4.pdf>

## **8. Normas Consultadas**

NMX-C-122-ONNCCE-2004, Industria de la Construcción-Agua para Concreto-Especificaciones.

NMX-C-277-ONNCCE-2010, Industria de la Construcción-Agua para Concreto-Muestreo.

NMX-C-283-ONNCCE-1982, Industria de la Construcción-Agua para concreto-Métodos de Prueba.

NMX-C-155-ONNCCE-2004, Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico Especificaciones.

NMX-C-414-ONNCCE-2014, Industria de la Construcción-Cementos Hidráulicos- Especificaciones y Métodos de ensayo.