

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE CLORO EN EL AGUA POTABLE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO UBICADO EN URIANGATO, GUANAJUATO.

Opción 2: Titulación Integral -Tesis profesional

Elaborada por:

Diana Gabriela Ortiz Zavala

Que presenta para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Asesor:

Q. Brenda Huichapa Rocha

Uriangato, Gto.

mayo del 2023

“ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE CLORO EN EL AGUA POTABLE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO UBICADO EN URIANGATO, GUANAJUATO.”

Elaborada por:

Diana Gabriela Ortiz Zavala

Aprobado por.

Q. Brenda Huichapa Rocha

Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental

Asesor de Tesis Profesional

Revisado por.

M. C. Susana Ramirez Guizar

Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental

Revisor de Tesis Profesional

Revisado por.

Q. F. B. Fernando Daniel Bedolla Flores

Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental

Revisor de Tesis Profesional



LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Uriangato, Gto. 27/abril/2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral

M.C. José Gabriel Aguilera González
Director Académico
ITSUR
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre de estudiante y/o egresado(a): Diana Gabriela Ortiz Zavala	
Carrera: Ingeniería Ambiental	Núm. de control: A16120345
Nombre del proyecto: "ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE CLORO EN EL AGUA POTABLE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO UBICADO EN URIANGATO, GUANAJUATO."	
Producto: Tesis Profesional	

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestras y nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Dr. Edgar Guadalupe Blanco Díaz
Jefe de División de Ingeniería Ambiental
ITSUR

La comisión revisora ha tenido a bien aprobar la reproducción de este trabajo.

Q. Brenda Huichapa Rocha	M.C Susana Ramirez Guízar	Q.F.B. Fernando Daniel Bedolla Flores



c.c.p.- Expediente

Instituto Tecnológico Superior
del Sur de Guanajuato
COORDINACIÓN
INGENIERÍA AMBIENTAL

Julio 2017

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Agradecimientos

Quiero agradecer a Dios por guiarme en la vida y por permitirme vivir esta experiencia dentro de la universidad. A mi universidad, por el lugar que me brindo a lo largo de estos años. A mi coordinador y maestros por el apoyo, por los conocimientos, las experiencias, por guiarme y formarme personal y académicamente. A mis amigos, que compartieron su tiempo, sus conocimientos, sus alegrías y tristezas, y siempre me apoyaron en todo. Y principalmente a mi familia, madre, padre, hermanos, abuelitos, suegros, esposo y a mi hijo por ser mi soporte, inspiración y motivación, por el apoyo, por estar en todo momento a mi lado.

Dedicatoria

A mis padres y hermanos, quienes han sido el pilar para seguir adelante, por formar la persona que ahora soy en la actualidad, muchos de mis logros sin duda se las debo a ellos, gracias a su apoyo.

A mi esposo e hijo que son mi gran motivación e inspiración, por confiar en mi.

Y a mi coordinador y maestros por hacer de mí una mejor versión gracias a sus enseñanzas y a su entrega.

TABLA DE CONTENIDO

.....	I
Capítulo 1	1
Introducción.	1
Capítulo 2	4
Marco teórico (Antecedentes).	4
Capítulo 3	16
Planteamiento del problema	16
3.1. Identificación.....	16
3.2. Justificación.	16
3.3. Alcance.	16
Capítulo 4	17
Objetivos	17
4.1. Objetivos generales.....	17
4.2. Objetivos específicos.....	17
Capítulo 5	18
Metodología	18
Capítulo 6	25
Resultados y Análisis de Resultados.....	25
Capítulo 7	37
Conclusiones y trabajo a futuro	37
Referencias bibliográficas	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites permisibles de características químicas (Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. , 2015).....	10
Tabla 2. Semana #1 de monitoreo (21 de nov-25 de nov 2022).....	25

Tabla 3. Semana #2 de monitoreo (28 de nov – 2 de dic 2022).....	27
Tabla 4. Semana #3 de monitoreo (5 de dic – 9 de dic del 2022).....	28
Tabla 5. Semana #4 de monitoreo (20 de feb – 24 de feb de 2023).....	29
Tabla 6. Semana 5 de monitoreo (27 de feb – 03 de mar del 2023).....	30
Tabla 7. Análisis de datos de concentraciones de cloro en el agua.....	31
Tabla 8. Intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.....	34
Tabla 9. Intervalos de confianza al 95% para la varianza poblacional.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Molécula del agua (Fondo para la comunicacion y la educacion ambiental, A.C., 2017)...	4
Figura 2. Distribución de agua en el mundo (Informe de la situacion del medio ambiente en Mexico , 2012).....	5
Figura 3. Diferentes formas de cloro en el agua. (HANNA Instruments , 2020).	14
Figura 4. Instrumentación utilizada (HANNA Instruments , 2020).....	15
Figura 5. Mapa del Instituto tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.....	18
Figura 6. Aljibe.....	19
Figura 7. Momento en el que se agregan las pastillas.	20
Figura 8. Pasos importantes en el monitoreo.	21
Figura 9. Encendido del colorímetro (HANNA Instruments , 2020).	22
Figura 10. Medidor en ceros (HANNA Instruments , 2020).	23
Figura 11. Reacción del reactivo DPD con el cloro en la toma de muestra.	23
Figura 12. Muestra de resultados (HANNA Instruments , 2020).....	24
Figura 13. Concentración más baja durante el monitoreo.	26
Figura 14. Monitoreo.	31
Figura 15. Formula intervalo de confianza.....	32

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE CLORO EN EL AGUA POTABLE EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DEL SUR DE GUANAJUATO UBICADO EN URIANGATO, GUANAJUATO.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el monitoreo del agua potable del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), con la finalidad de confirmar que la dosificación de cloro es la adecuada bajo la NOM-127-SSA1-1994. Se realizó dicho monitoreo durante 5 semanas, para esto se utilizó un colorímetro para cloro libre, de tecnología precisa. Tomándose muestras de una tercera parte de las salidas de agua del instituto.

Para llevar a cabo este proceso se agregó ácido tricloroisocianurico los lunes durante 5 semanas al aljibe principal del ITSUR. Mientras que de lunes a viernes se realizó el constante monitoreo.

La concentración más baja de cloro durante el monitoreo fue de 0.10ppm mientras que la mas alta fue de 0.22ppm la cual esta esta dentro del rango inferior de la normativa.

Se determino que el edificio con los valores más altos de contratación de cloro durante el monitoreo fue el edificio B y los mas bajos el edificio de vinculación y biblioteca. Esto se cree que se debe a la lejanía o cercanía de estos al aljibe en donde se agregó el ácido tricloroisocianurico. Siendo el edificio B el más cercano así que el agua tiende a tener menos contacto con las tuberías.

ABSTRACT

In the present work, monitoring of the drinking water of the Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato was carried out, in order to confirm that the chlorine dosage was adequate under NOM-127-SSA1-1994. Said monitoring was carried out for 5 weeks, for this a free chlorine colorimeter was used, with more precise technology. Taking samples from a third of the institute's water outlets.

To carry out this process, trichloroisocyanuric acid was added on Mondays for 5 weeks to the main ITSUR cistern. While from Monday to Friday constant monitoring was carried out.

The lowest concentration of chlorine during the monitoring was 0.10ppm while the highest was 0.22ppm, which is within the lower range of the regulations.

It was determined that the building with the highest values of chlorine contracting during the monitoring was building B and the lowest was the link and library building. This is believed to be due to the distance or proximity of these to the cistern where the trichloroisocyanuric acid was added. Building B being the closest, so the water tends to have less contact with the pipes.

Palabras claves (*Agua potable, cloro, cloración, ITSUR.*)

Capítulo 1

Introducción.

El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H₂O y se trata de una molécula muy estable. Es una sustancia elemental que permite la vida en nuestro planeta, es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que en grandes masas adquiere un color azul. La composición y estructura molecular del son responsables de las propiedades fisicoquímicas que la distinguen de otras sustancias. Se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia sólido, líquido y gaseoso. (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017)

Se calcula que en el planeta existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 2.5% corresponden a agua dulce, localizada principalmente en ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos. Cerca de tres cuartas partes del agua dulce está contenida en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales aproximadamente 97% son prácticamente inaccesibles, pues se encuentran en la Antártica, el Ártico y Groenlandia. No obstante, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países. Las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales) retienen menos del uno por ciento del agua dulce no congelada. En los lagos del mundo se almacenan más de 40 veces lo contenido en ríos y arroyos (91 000 frente a 2 120 km³) y aproximadamente nueve veces lo almacenado en los pantanos y humedales. (Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. , 2015)

México dispone aproximadamente del 0.1% del total de agua dulce disponible a nivel mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio esté catalogado como zona semidesértica.

El agua es necesaria para todas las formas de vida, es un elemento crucial para el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales de los que dependemos para sobrevivir y es un factor estratégico para el desarrollo del país.

Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, México tiene 471.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable por año y está considerado como un país con baja disponibilidad de agua. (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017).

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras, para lo cual se requiere establecer límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas. Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización. (Diario Oficial de la Federación, 1969).

Los tratamientos de desinfección pueden ser físicos (radiación gamma, rayos X, radiación ultravioleta, esterilización térmica) o químicos (metales pesados, ácidos o bases, halógenos, ozono, permanganato) siendo estos últimos los más habituales. De entre los reactivos químicos, el cloro y sus compuestos derivados son los agentes desinfectantes más utilizados a nivel mundial. (iTc Dosing Pumps).

La mayoría de las enfermedades que atacan al sistema digestivo, están relacionadas con estos microorganismos. Clorar el agua reduce la amenaza de estos parásitos. El cloro tiene poder germicida, es decir, mata a cualquier

Capítulo 1. Introducción.

microorganismo que se encuentre en el líquido y que puede ser de riesgo para nuestra salud. Este proceso de potabilización se ha practicado en el mundo desde hace más de 100 años. (Manual de cloracion y potabilizacion del agua , 2006)

A partir de que surgió la pandemia de COVID-19 secretaria de Salud acudió a distintas instituciones para realizar estudios en el agua potable y que cumpliesen con ciertos requisitos. Así fue como el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato se percató que no se cumplía con la cantidad de cloro bajo la normativa.

De acuerdo con la investigación realizada por una alumna del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR), se determinó la cantidad de cloro que se debe introducir a los aljibes del Instituto para que el agua cumpla con los requisitos.

En este proyecto se llevó a cabo el monitoreo para analizar el cumplimiento con la investigación ya antes mencionada. Para que a su vez se lleve una dosificación de cloro adecuada, bajo la norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas.

Capítulo 2

Marco teórico (Antecedentes).

- **El agua**

El agua es un compuesto que se forma a partir de la unión, mediante enlaces covalentes, de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; su fórmula molecular es H₂O y se trata de una molécula muy estable. Es una sustancia elemental que permite la vida en nuestro planeta, es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que en grandes masas adquiere un color azul. La composición y estructura molecular del agua son responsables de las propiedades fisicoquímicas que la distinguen de otras sustancias. Y esta se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia sólido, líquido y gaseoso. (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017).

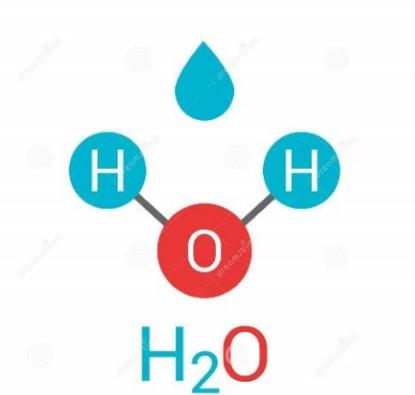


Figura 1. Molécula del agua (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017).

- **Disponibilidad del agua**

Se calcula que en el planeta existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 2.5% corresponden a agua dulce, localizada principalmente en ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos. Cerca de tres cuartas partes del agua dulce está contenida en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales aproximadamente 97% son prácticamente inaccesibles, pues se encuentran en la Antártica, el Ártico y Groenlandia. No obstante, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países. Las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

humedales) retienen menos del uno por ciento del agua dulce no congelada. En los lagos del mundo se almacenan más de 40 veces lo contenido en ríos y arroyos (91 000 frente a 2 120 km³) y aproximadamente nueve veces lo almacenado en los pantanos y humedales. (Informe de la situación del medio ambiente en Mexico , 2012).

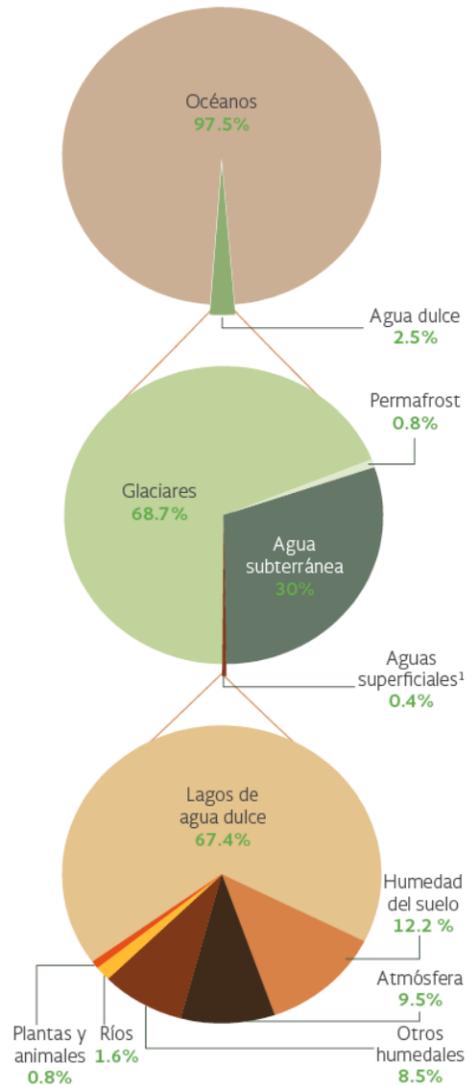


Figura 2. Distribución de agua en el mundo (Informe de la situación del medio ambiente en Mexico , 2012)

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

México dispone aproximadamente del 0.1% del total de agua dulce disponible a nivel mundial, lo que determina que un porcentaje importante del territorio esté catalogado como zona semidesértica.

El agua es necesaria para todas las formas de vida, es un elemento crucial para el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales de los que dependemos para sobrevivir y es un factor estratégico para el desarrollo del país.

En México los usos del agua se han clasificado en dos grandes grupos: el uso consuntivo, que en términos sencillos se refiere al consumo de agua por parte de los diferentes sectores, y el uso no consuntivo, que involucra el uso de la energía motriz del agua para producir electricidad (hidroeléctricas).

Las actividades agropecuarias consumen la mayor cantidad de agua dulce, tanto en México como en el mundo. En México, la agricultura y la ganadería consumen el 76.3%. En el mundo, estas actividades consumen en promedio 70%.

Los siguientes grandes consumidores son la industria y la generación de energía. En México consumen 13% del agua dulce; el promedio mundial es de 22%.

El uso doméstico al final: en México corresponde a 10% del agua dulce y en el mundo a un promedio de 8%. (Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C., 2017).

El agua potable es un bien muypreciado y escaso y que se ha de consumir y administrar concienzudamente. Es primordial minimizar su gasto e intentar, en la medida de lo posible, reutilizarla adecuadamente.

El abastecimiento de agua a la población se puede realizar a partir de dos fuentes de características bien diferenciadas:

- Aguas superficiales: lagos, ríos, embalses. Están expuestas al medioambiente y por tal causa son susceptibles de contaminación. Por este motivo es necesario un tratamiento exhaustivo antes de ser aptas para consumo humano. Éste suele realizarse por parte de las instituciones encargadas de la explotación de los recursos hídricos.
- Aguas subterráneas: pozos, manantiales. Son fuentes de más difícil explotación, al no hallarse tan accesibles como las aguas superficiales. Su origen es el agua superficial que por infiltración natural a través de diferentes capas terrestres pasa al acuífero. Este sistema de filtración natural permite la purificación del agua. No obstante, para considerarse potables han de cumplir ciertas características físicas, químicas y microbiológicas. Además, a largo plazo los acuíferos también se pueden contaminar y por ello, a menudo es necesario un tratamiento de esta agua (no tan intensivo como en el caso de las aguas superficiales) (iTc Dosing Pumps , s.f.).

Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se considera que la cobertura de agua potable incluye a las personas que tienen agua potable entubada dentro de la vivienda, fuera de la misma (pero dentro del terreno), en la llave pública o bien de otra vivienda. Para diciembre de 2014 se registró una cobertura nacional de agua potable del 92.3 por ciento, lo que indica una incorporación al servicio de 1.7 millones de habitantes. (Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. , 2015)

- **Calidad del agua**

La calidad del agua es una medida de las propiedades físicas, químicas y biológicas del líquido que resulta fundamental conocer para poder aprovechar adecuadamente y de forma segura el líquido. Para medirla se definen estándares específicos en función de los usos que pretende dársele. (Informe de la situación del medio ambiente en Mexico , 2012).

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

Es de vital importancia para la salud pública que la comunidad cuente con un abastecimiento de agua. Esto permite cumplir con las necesidades domésticas, tales como el consumo, la preparación de alimentos y la higiene personal. Para lograr este propósito, la calidad del suministro requerido en el país debe cumplir con lo estipulado en la modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Dicha norma define las características físicas, químicas y microbiológicas del agua. También indica que debe estar exenta de organismos capaces de originar enfermedades y de cualquier mineral o sustancia orgánica que pueda producir efectos fisiológicos perjudiciales. Además, debe ser aceptable desde el punto de vista estético. (agua, Comisión nacional del agua).

Tener acceso al agua potable es un derecho fundamental, imprescindible para el bienestar de la población. El consumo de agua no potable puede traer consigo la presencia de diversas enfermedades causantes de morbilidad y muerte en los países en desarrollo. Para evitar los problemas de salud a la población, se procura que el agua suministrada se someta a procesos de desinfección y/o potabilización. Su objetivo es producir agua: 1) sin compuestos químicos ni patógenos que pongan en riesgo la salud de los consumidores, 2) sin sabor o color desagradable, 3) libre de turbidez, 4) razonablemente blanda (de manera que no se requiera de grandes cantidades de detergentes y jabones para la ducha o para lavar), y 5) no corrosiva al sistema de distribución y garanticen las características adecuadas para su uso y consumo.

Según la Organización de las Naciones Unidas, cada día mueren en el mundo miles de personas debido a enfermedades relacionadas con agua contaminada. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

Enfermedades de origen bacteriano:

- Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*).
- Fiebre paratifoidea (*Salmonella paratyphi*).
- Cólera (*Vibrio Cholerae*).
- Tularemia (*Brucella tularensis*).
- Disentería Bacilar (*Shigella spp*).
- Gastroenteritis (*Salmonella spp*). (Informe de la situación del medio ambiente en México , 2012).

Por tales razones la Secretaría de Salud, propone la emisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

Con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor, se debe someter a tratamientos de potabilización.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional. (Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. , 2015)

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

Tabla 1. Límites permisibles de características químicas (Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. , 2015)

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.05
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN-)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.50
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO3)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l: Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.30
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	0.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4 - D	50.00
Plomo	0.025
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00
Sulfatos (como SO4=)	400.00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0.50
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales (lluvia, materia vegetal en descomposición, erosión del suelo) o antropogénica (actividad ganadera, subproductos de actividad industrial, aguas domésticas), pero ambas dan lugar a un agua que no cumple con los requisitos necesarios para asegurar su potabilidad.

Los procesos básicos de tratamiento de agua incluyen varias etapas: coagulación, floculación, separación de partículas (sedimentación/flotación), filtración y desinfección (cloración/ozonización). En muchas de estas etapas se realiza la incorporación de productos químicos al caudal de agua a tratar.

Los tratamientos de desinfección pueden ser físicos (radiación gamma, rayos X, radiación ultravioleta, esterilización térmica) o químicos (metales pesados, ácidos o bases, halógenos, ozono, permanganato) siendo estos últimos los más habituales. De entre los reactivos químicos, el cloro y sus compuestos derivados son los agentes desinfectantes más utilizados a nivel mundial y por ello. (iTc Dosing Pumps , s.f.).

- **Cloración**

El cloro (Cl) es uno de los elementos químicos más comunes utilizados para eliminar microorganismos que puedan infectar nuestra agua. (HANNA Instruments , 2020)

La cloración se aplica desde el siglo XIX, reduciendo con ello la mortalidad por enfermedades como la fiebre tifoidea. Sin embargo, la desinfección del agua no reemplaza de ningún modo la etapa de filtración.

Concluido el tratamiento de potabilización, el agua se envía a la población a través de redes de distribución. En éstas, las deficiencias se deben a fallas en la desinfección del agua o por no tener el nivel requerido de cloro residual libre; o por la corrosión de las tuberías y por presencia de aguas de alcantarillado en las proximidades. Mantener el nivel de cloro en el agua es difícil, por ello no puede predecirse su concentración en las tuberías. (Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela., 2008)

Capítulo 2. Marco teórico (Antecedentes).

El objetivo de la desinfección es eliminar microorganismos patógenos y garantizar la ausencia de todo germen infeccioso (bacteria o virus) en las aguas. Los productos clorados son las sustancias utilizadas con mayor frecuencia en el tratamiento químico del agua gracias a su inocuidad y facilidad para el control de sus niveles.

El ácido hipocloroso es la forma activa del cloro, el cual le da el poder desinfectante. Para poder tener una concentración adecuada, es importante que el pH se encuentre dentro de unos márgenes. En las aguas con un pH alto, la mayor parte de este ácido (cloro activo) se convierte en ion hipoclorito (ClO^-), una forma de cloro con muy bajo poder desinfectante. Se recomienda que el pH se mantenga entre 7,2 y 7,8. (HANNA Instruments , 2020).

Además de su aplicación como desinfectante, el cloro y sus derivados han demostrado ser útiles también en:

- Control de olores y sabores
- Prevención de crecimiento de algas
- Eliminación de hierro y manganeso
- Destrucción de ácido sulfhídrico
- Eliminación de colorantes orgánicos
- Mejoras en la coagulación de sílica. (iTc Dosing Pumps , s.f.)

Para que la cloración sea eficiente, el cloro residual en la salida de la fuente de abastecimiento debe ser de 1.5 ppm (Partes por Millón) y al final de la red o hidrante puede tener un valor de 0.2 a 1.5 ppm. Para revisar que el cloro residual llegue a estos niveles, se realiza un monitoreo físico.

Un monitoreo físico consiste en obtener muestras de agua a la salida de la fuente y al final de la red de distribución de manera periódica para determinar si la cantidad de cloro es adecuada. (Manual de cloración y potabilización del agua , 2006).

La cloración del agua potable es el método de desinfección más común en todo el mundo para controlar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Sin embargo, este importante método para proteger la salud pública presenta el inconveniente de producir ciertos subproductos de la cloración, que tienen efectos nocivos para la salud.

Los subproductos de la cloración, de los que se han identificado más de 600 diferentes en el agua potable, se forman cuando el cloro reacciona con la materia orgánica natural y otras sustancias presentes en el agua.

Todos los productos clorados utilizados en el tratamiento producen ácido hipocloroso (HClO) al reaccionar con el agua. El ácido hipocloroso es un ácido débil que se disocia a hipoclorito (ClO^-) en el agua según un equilibrio condicionado por el valor del pH. La suma de estas 2 formas constituye lo que se llama el cloro libre. En las aguas con un pH alto, la mayor parte del ácido hipocloroso (cloro activo) se convierte en ión hipoclorito (cloro potencial), una forma de cloro con muy bajo poder desinfectante.

El cloro combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amoníaco y materia orgánica nitrogenada que contiene el agua. La suma del cloro libre y el cloro combinado constituye el cloro total.



Figura 3. Diferentes formas de cloro en el agua. (HANNA Instruments, 2020).

Cloro Libre: Esta forma de cloro posee el mayor poder desinfectante y oxidante, corresponde fundamentalmente, a la presencia de ácido hipocloroso y anión hipoclorito.

Cloro combinado: Tiene un poder desinfectante muy bajo y su presencia causa irritaciones y malos olores. La combinación de cloro libre con el amoniac y la materia orgánica nitrogenada que contiene el agua da lugar al cloro combinado (cloraminas).

Cloro total: La suma de cloro libre y el cloro combinado da como resultado el cloro total. El cloro total no debe sobrepasar más del 0,6 mg/l del nivel de cloro residual libre.

Los trihalometanos (THM) son, junto con los ácidos haloacéticos, los subproductos de la cloración que generalmente se encuentran en las concentraciones más altas en el agua potable clorada. Los cuatro THM más comunes, cloroformo, clorodibromometano, bromoformo y bromodichlorometano, son carcinógenos para roedores y dos de ellos, el cloroformo y el bromodichlorometano, están clasificados como categoría 2B (posiblemente carcinógenos para los humanos) por la IARC. (Higiene Ambiental, 2022).

- **Determinación de cloro en agua**

La cantidad de cloro libre en el agua puede determinarse por procedimiento colorimétrico, mediante la prueba de DPD reactivo que al adicionarse al agua la

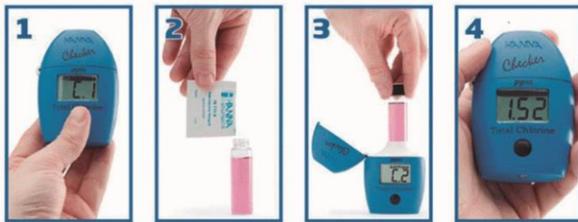


Figura 4. Instrumentación utilizada (HANNA Instruments , 2020).

hace adquirir una coloración según la cantidad de cloro residual que contenga. Pero con el medidor de cloro libre, Checker HANNA HI701, es un colorímetro digital para realizar test de cloro con el cual se

obtienen resultados precisos, proporcionando un resultado directo. (HANNA Instruments , 2020).

El DPD es una mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en aguas desinfectadas con insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachets de un material trilaminado que evita el contacto con la luz UV, la contaminación y la humedad.

DPD proviene de las primeras letras de: N,N Dietil Parafenileno Diamina, la cual es la sal principal, que reacciona con el cloro del medio acuoso.

Cuando se requiere determinar si el agua es apta para consumo humano o no antes de abastecerla a una población, es preciso tener herramientas de control muy rápidas y seguras. Pues no podemos esperar los resultados de una prueba bacteriológica que toma 24 horas, dado que el abastecimiento de agua potable es constante e ininterrumpido.

Esta prueba sólo toma unos cuantos segundos y es una muy buena aproximación de lo que puede ser un agua de buena calidad (aunque no está descartado otro tipo de contaminación o el sobrepaso de Límites Máximos Permisibles de otros parámetros). (Casanova, s.f.)

Capítulo 3

Planteamiento del problema

- 3.1. Identificación.** Durante la pandemia por COVID-19 se decidió por razones de salubridad, revisar el contenido de cloro libre en el agua potable utilizada en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR). Encontrándose que la cantidad de cloro era inferior a la estipulada en la NOM-127-SSA1-1994. Posteriormente se inició un estudio para establecer un procedimiento a seguir por parte del personal de mantenimiento para agregar la cantidad necesaria de ácido tricloro isocianurico al 90%, sin embargo, dicho estudio no incluye realizar un monitoreo que confirme la idoneidad del procedimiento.
- 3.2. Justificación.** Como se mencionó en el párrafo anterior, se realizó un estudio para establecer un procedimiento de cloración del agua potable empleada en el ITSUR, sin embargo, es necesario confirmar que dicho proceso funcione eficazmente manteniendo los niveles de cloro dentro de los límites marcados en la normatividad.
- 3.3. Alcance.** El presente trabajo consiste en realizar un monitoreo diario del contenido de cloro en el agua potable del ITSUR que confirme la idoneidad del proceso de cloración establecido en una investigación previa.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. **Objetivos generales.** Monitorear la cantidad de cloro libre en agua potable en el Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.

4.2. **Objetivos específicos.**

Monitorear la cantidad de cloro libre en el agua potable proveniente de las distintas salidas de agua del ITSUR.

Verificar que cumpla con la normativa correspondiente.

Capítulo 5

Metodología

El Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR) es una institución educativa ubicada en el municipio de Uriangato, Guanajuato. El cual cuenta con 6 edificios como lo son el edificio A, edificio B, TIC's, edificio de ambiental, vinculación y biblioteca, y con un aljibe el cual distribuye el agua potable a todos los edificios, estos se encuentran distribuidos como se muestra en la figura 5.

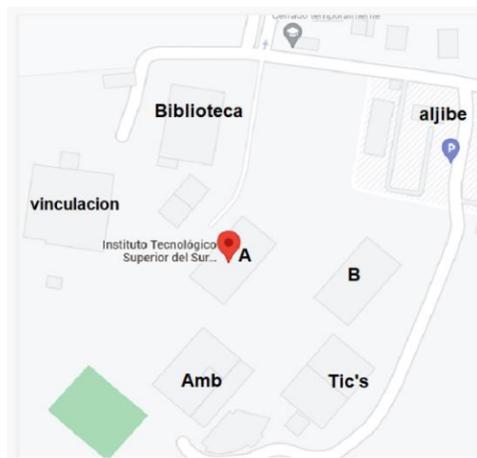


Figura 5. Mapa del Instituto tecnológico Superior del Sur de Guanajuato.

Para este estudio se consideraron las salidas de agua ubicadas en los baños (tanto de hombres como de mujeres) de los diferentes edificios de la institución. La totalidad de las salidas son 57, pero el muestreo se realizó únicamente en 19 salidas por cuestiones de tiempo y recursos.



Figura 6. Aljibe.

Con base a la investigación previamente realizada en el instituto se determinó que se deben agregar 9 pastillas de ácido tricloroisocianúrico ($C_3Cl_3N_3O_3$) lo equivalente a 145gr. al aljibe principal del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato, el cual distribuye el agua potable a todas las salidas de agua de este. Esto se realizó cada lunes. Y se comenzó el monitoreo a partir de agregar las pastillas. El monitoreo se llevó a cabo de lunes a viernes alrededor de las 2:00pm. Se tomaron 19 muestras (1/3 de las salidas de agua). Se eligió una toma por baño tanto de hombres como de mujeres, en las cuales el monitoreo se realizó en las mismas durante las 5 semanas. La lectura de la medición se toma inmediatamente al obtener la muestra.



Figura 7. Momento en el que se agregan las pastillas.

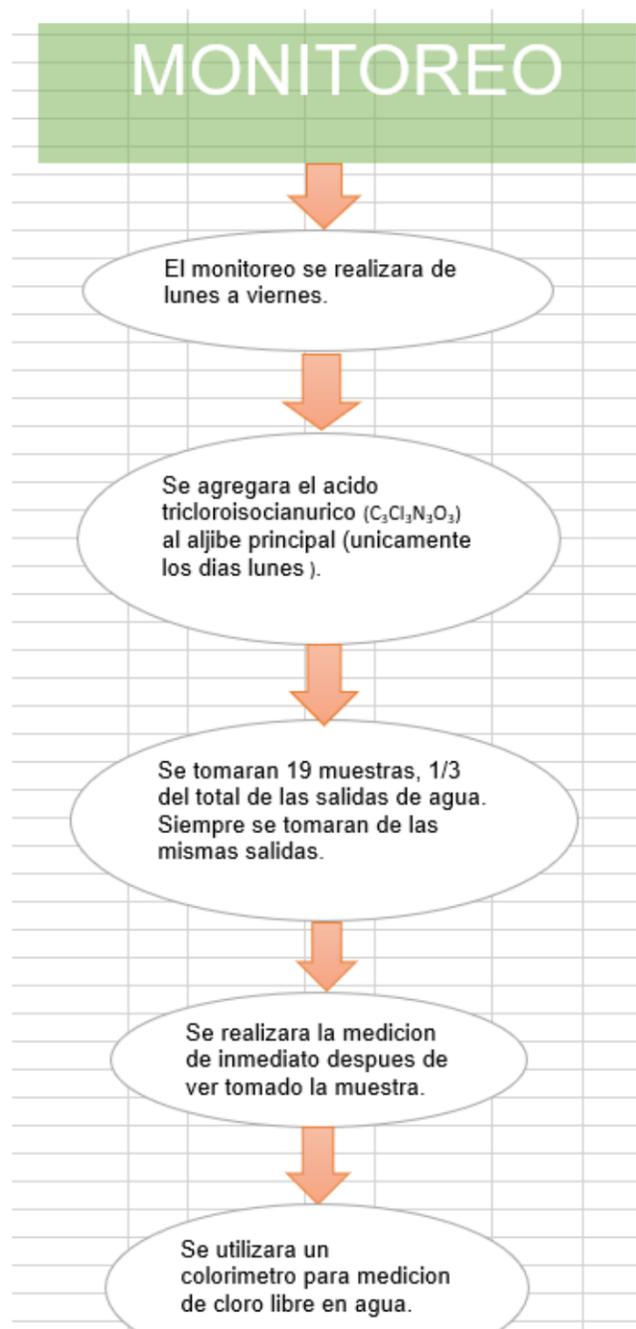


Figura 8. Pasos importantes en el monitoreo.

Para el monitoreo se utilizó un colorímetro para cloro libre, para este se siguieron los siguientes pasos:

- Encender el medidor presionando el botón. Cuando la pantalla muestra “Add”, “C1” con “Press” parpadeando, el medidor está listo.



Figura 9. Encendido del colorímetro (HANNA Instruments , 2020).

- Abrir la llave de la toma de muestra, dejar correr el agua durante 1 min, llenar el envase hasta la marca y colocar la tapa. Colocar el envase en el medidor y cerrar la tapa.
- Presione el botón. Cuando la pantalla muestra “Add”, C2 con “Press” parpadeando el medidor se pone a cero.

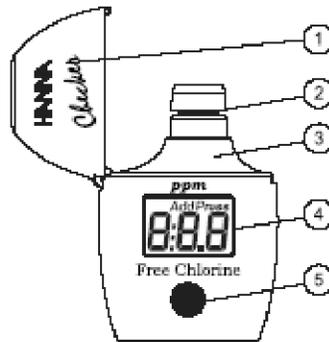


Figura 10. Medidor en ceros (HANNA Instruments, 2020).

- Retirar el envase del medidor. En otro envase se toma nuevamente la muestra agregar una pastilla del reactivo DPD sin tocarla con los dedos. Agitar 20 segundos. Una vez agitada la muestra tomara un tono rosado. Volver a colocar el envase en el medidor.



Figura 11. Reacción del reactivo DPD con el cloro en la toma de muestra.

- Mantener presionado el botón hasta que se muestre el temporizador en la pantalla (la pantalla mostrará la cuenta regresiva antes de la medición).
- El instrumento muestra directamente la concentración de cloro libre en ppm.

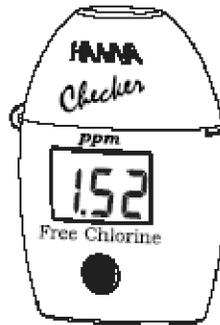


Figura 12. Muestra de resultados (HANNA Instruments , 2020).

Capítulo 6

Resultados y Análisis de Resultados

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en el monitoreo realizado dentro del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato (ITSUR). Las tablas se muestran divididas por edificios que es donde se encuentran las salidas de agua y por días de la semana ya que diariamente se realizó el monitoreo. También se muestran los promedios, la desviación estándar todas estas tanto por salida como por día de la semana.

La finalidad de calcular la desviación estándar se realizó para determinar la variación en la que los puntos de los datos individuales difieren de la media.

Finalmente, una gráfica donde se muestra el constante aumento de concentración de cloro de las 5 semana de monitoreo.

Tabla 2. Semana #1 de monitoreo (21 de nov-25 de nov 2022).

Semana # 1 (21-25 de noviembre 2022) 9 pastillas de C3Cl3N3O3											
		lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	promedio por salida	Desviacion estandar por salida			
Edificio A	M abajo	M abajo	0.12	M abajo	0.15	M abajo	0.16	M abajo	0.15	0.145	0.017320508
	M arriba	M arriba	0.15	M arriba	0.14	M arriba	0.16	M arriba	0.16	0.151	0.009574271
	H abajo	H abajo	0.13	H abajo	0.14	H abajo	0.18	H abajo	0.17	0.155	0.023804761
	H arriba	H arriba	0.13	H arriba	0.16	H arriba	0.17	H arriba	0.16	0.155	0.017320508
edificio B	M abajo	M abajo	0.13	M abajo	0.15	M abajo	0.19	M abajo	0.18	0.1625	0.027537853
	M arriba	M arriba	0.14	M arriba	0.16	M arriba	0.17	M arriba	0.17	0.1605	0.014142136
	H abajo	H abajo	0.13	H abajo	0.14	H abajo	0.18	H abajo	0.18	0.1575	0.026299556
	H arriba	H arriba	0.12	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.18	0.16	0.027080128
Edificio AMB	M	M	0.13	M	0.14	M	0.16	M	0.15	0.145	0.012909944
	H	H	0.15	H	0.18	H	0.16	H	0.14	0.155	0.017078251
Edificio Tic's	M abajo	M abajo	0.1	M abajo	0.16	M abajo	0.16	M abajo	0.16	0.145	0.03
	M arriba	M arriba	0.13	M arriba	0.15	M arriba	0.17	M arriba	0.18	0.1575	0.022173558
	H abajo	H abajo	0.11	H abajo	0.15	H abajo	0.18	H abajo	0.17	0.1525	0.030956959
	H arriba	H arriba	0.14	H arriba	0.13	H arriba	0.18	H arriba	0.17	0.1545	0.023804761
Vinculacion	M	M	0.12	M	0.12	M	0.14	M	0.15	0.1325	0.015
	H	H	0.13	H	0.13	H	0.12	H	0.15	0.1325	0.012583057
Biblioteca	M	M	0.14	M	0.13	M	0.15	M	0.15	0.1425	0.009574271
	H	H	0.14	H	0.14	H	0.15	H	0.14	0.1425	0.005
Laboratorio	lavabo	lavabo	0.14	lavabo	0.16	lavabo	0.14	lavabo	0.15	0.1475	0.009574271
Promedio por dia			0.131		0.1474		0.16		0.161	Promedio semanal	Desviacion estandar semanal
Desviacion estandar por dia			0.013		0.0152		0.02		0.014	0.150519481	0.019489538

En la tabla #1 se puede observar los resultados obtenidos en la primer semana de monitoreo, el día lunes 21 de noviembre fue inhábil así que el monitoreo comenzó a partir del martes 22 de noviembre.

El martes se agregaron las pastillas de ácido tricloroisocianúrico, de inmediato se tomaron las mediciones. Con base a los promedios por día se puede observar que es el día más bajo de concentración de cloro. Y el día jueves es el día con más concentración. Y de acuerdo a los promedios por espacio, los niveles de concentración son más altos en el edificio B, se quiere suponer que se debe a que el edificio es el más cercano al aljibe.



Figura 13. Concentración más baja durante el monitoreo.

Capítulo 6. Resultados y Análisis de Resultados.

Tabla 3. Semana #2 de monitoreo (28 de nov – 2 de dic 2022).

Semana #2 (28nov – 2dic 2022) 9 pastillas de C3C13N3O3									
		lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	Promedio por salir	Desviacion estandar por salida	
Edificio A	M abajo	0.16	M abajo	0.17	M abajo	0.19	M abajo	0.18	0.011401754
	M arriba	0.16	M arriba	0.16	M arriba	0.19	M arriba	0.18	0.013416408
	H abajo	0.16	H abajo	0.16	H abajo	0.18	H abajo	0.18	0.010954451
edificio B	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.17	0
	M abajo	0.15	M abajo	0.16	M abajo	0.19	M abajo	0.18	0.016431677
	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.18	0.008944272
Edificio AMB	H abajo	0.16	H abajo	0.15	H abajo	0.18	H abajo	0.18	0.014142136
	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.18	0.005477226
	M	0.16	M	0.17	M	0.16	M	0.17	0.005477226
Edificio Tic's	H	0.17	H	0.17	H	0.18	H	0.18	0.005477226
	M abajo	0.18	M abajo	0.17	M abajo	0.18	M abajo	0.17	0.005477226
	M arriba	0.17	M arriba	0.16	M arriba	0.16	M arriba	0.17	0.012247449
Vinculacion	H abajo	0.17	H abajo	0.17	H abajo	0.18	H abajo	0.18	0.005477226
	H arriba	0.17	H arriba	0.18	H arriba	0.17	H arriba	0.17	0.004472136
	M	0.16	M	0.18	M	0.16	M	0.17	0.0083666
Biblioteca	H	0.15	H	0.17	H	0.16	H	0.18	0.011401754
	M	0.15	M	0.16	M	0.17	M	0.16	0.0083666
Laboratorio	H	0.16	H	0.16	H	0.17	H	0.18	0.008944272
	lavabo	0.17	lavabo	0.17	lavabo	0.18	lavabo	0.17	0.004472136
Promedio por dia		0.16	0.17	0.1726	0.18	0.176	promedio semanal	Desviacion estandar Semanal	
Desviacion estandar por dia		0.01	0.01	0.0073	0.01	0.007	0.170842105		0.009186387

En la tabla #2 se pueden observar los resultados de la segunda semana en la cual se agregaron las pastillas a partir del lunes 28 de noviembre, posteriormente se comenzaron las mediciones ese mismo día. En esta semana se puede observar que nuevamente el jueves es el día más alto de concentración de cloro libre, y el lunes el más bajo. En base a los promedios por edificios, nuevamente el edificio con mayor concentración fue el edificio B. Que como ya se mencionó anteriormente es el más cercano al aljibe.

Capítulo 6. Resultados y Análisis de Resultados.

Tabla 4. Semana #3 de monitoreo (5 de dic – 9 de dic del 2022).

Semana #3 (5 – 9dic 2022) 9pastillas de C3CI3N3O3								
		lunes	martes	miercoles	jueves	viernes	Promedio	Desviacion estandar por salida
Edificio A	M abajo	0.17	M abajo 0.17	M abajo 0.18	M abajo 0.2	M abajo 0.22	0.188	0.021679483
	M arriba	0.17	M arriba 0.19	M arriba 0.18	M arriba 0.19	M arriba 0.2	0.186	0.011401754
	H abajo	0.17	H abajo 0.2	H abajo 0.19	H abajo 0.19	H abajo 0.19	0.188	0.010954451
edificio B	H arriba	0.18	H arriba 0.17	H arriba 0.2	H arriba 0.19	H arriba 0.18	0.184	0.011401754
	M abajo	0.19	M abajo 0.17	M abajo 0.19	M abajo 0.17	M abajo 0.19	0.182	0.010954451
	M arriba	0.17	M arriba 0.18	M arriba 0.2	M arriba 0.21	M arriba 0.2	0.192	0.016431677
Edificio AMB	H abajo	0.18	H abajo 0.19	H abajo 0.19	H abajo 0.19	H abajo 0.18	0.186	0.005477226
	H arriba	0.18	H arriba 0.17	H arriba 0.18	H arriba 0.18	H arriba 0.21	0.184	0.015165751
	M	0.17	M 0.2	M 0.19	M 0.19	M 0.19	0.188	0.010954451
Edificio Tic's	H	0.17	H 0.19	H 0.19	H 0.19	H 0.18	0.184	0.008944272
	M abajo	0.18	M abajo 0.19	M abajo 0.19	M abajo 0.18	M abajo 0.19	0.186	0.005477226
	M arriba	0.17	M arriba 0.18	M arriba 0.18	M arriba 0.19	M arriba 0.19	0.182	0.0083666
Vinculacion	H abajo	0.18	H abajo 0.2	H abajo 0.18	H abajo 0.19	H abajo 0.19	0.188	0.0083666
	H arriba	0.17	H arriba 0.17	H arriba 0.18	H arriba 0.18	H arriba 0.19	0.178	0.0083666
	M	0.16	M 0.17	M 0.17	M 0.18	M 0.17	0.17	0.007071068
Biblioteca	H	0.17	H 0.18	H 0.19	H 0.19	H 0.19	0.184	0.008944272
	M	0.18	M 0.18	M 0.2	M 0.19	M 0.19	0.188	0.0083666
	H	0.17	H 0.18	H 0.17	H 0.17	H 0.19	0.176	0.008944272
Laboratorio	lavabo	0.18	lavabo 0.18	lavabo 0.2	lavabo 0.2	lavabo 0.19	0.19	0.01
Promedio por dia		0.17	0.182	0.1868	0.19	0.191	Promedio semana	Desviacion estandar semanal
Desviacion estandar por dia		0.01	0.011	0.0095	0.01	0.011	0.184742268	0.011177084

En la tabla #3 se observan los resultados de la tercera semana de monitoreo, al igual que en las tablas anteriores está dividida por días de la semana al igual que por áreas de salidas de agua. En esta semana se logra observar que la concentración de cloro es menos variable, las diferencias de promedios por días y por salidas son más similares. En esta semana el viernes fue día con mayor concentración y nuevamente el edificio B.

Capítulo 6. Resultados y Análisis de Resultados.

Tabla 5. Semana #4 de monitoreo (20 de feb – 24 de feb de 2023).

semana # 4 (20 -24 de febrero 2023) 9 pastillas de C3Cl3N3O3										
		lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	promedio por salida	desviacion estandar por salida		
Edificio A	M abajo	0.15	M abajo	0.16	M abajo	0.17	M abajo	0.17	0.162	0.0083666
	M arriba	0.14	M arriba	0.15	M arriba	0.16	M arriba	0.16	0.156	0.011401754
	H abajo	0.14	H abajo	0.16	H abajo	0.16	H abajo	0.16	0.16	0.014142136
edificio B	H arriba	0.16	H arriba	0.16	H arriba	0.17	H arriba	0.17	0.164	0.005477226
	M abajo	0.15	M abajo	0.15	M abajo	0.17	M abajo	0.17	0.16	0.014142136
	M arriba	0.16	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.17	0.17	0.007071068
Edificio AMB	H abajo	0.14	H abajo	0.15	H abajo	0.15	H abajo	0.16	0.156	0.015165751
	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.17	0.17	0
	M	0.14	M	0.15	M	0.15	M	0.17	0.156	0.013416408
Edificio Tic's	H	0.17	H	0.17	H	0.18	H	0.17	0.172	0.004472136
	M abajo	0.16	M abajo	0.16	M abajo	0.16	M abajo	0.17	0.164	0.005477226
	M arriba	0.15	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.17	0.164	0.008944272
Vinculacion	H abajo	0.15	H abajo	0.16	H abajo	0.17	H abajo	0.18	0.166	0.011401754
	H arriba	0.13	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.18	0.164	0.019493589
	M	0.15	M	0.16	M	0.16	M	0.17	0.162	0.0083666
Biblioteca	H	0.13	H	0.15	H	0.15	H	0.17	0.16	0.014832397
	M	0.16	M	0.15	M	0.15	M	0.16	0.16	0.005477226
Laboratorio	H	0.14	H	0.16	H	0.16	H	0.17	0.158	0.010954451
Promedio por dia	lavabo	0.16	lavabo	0.17	lavabo	0.18	lavabo	0.17	0.168	0.0083666
Desviacion estandar por dia		0.15	0.16	0.1611	0.17	0.172	promedio semanal	desviacion estandar semanal		
		0.01	0.01	0.0081	0.01	0.006	0.162105263	0.011194103		

Semana #4 de monitoreo. Se logra observar que baja la concentración de cloro en general. Esto se debe al descanso de agregar el ácido tricloroisocianurico que se tomo durante las vacaciones de invierno. De igual forma como en los anteriores monitoreos se ve el constante aumento de concentración de cloro día tras día, en esta ocasión el día más alto de concentración fue el viernes. Y acorde a las salidas, sigue constante el edificio B siendo este nuevamente el más alto de concentración.

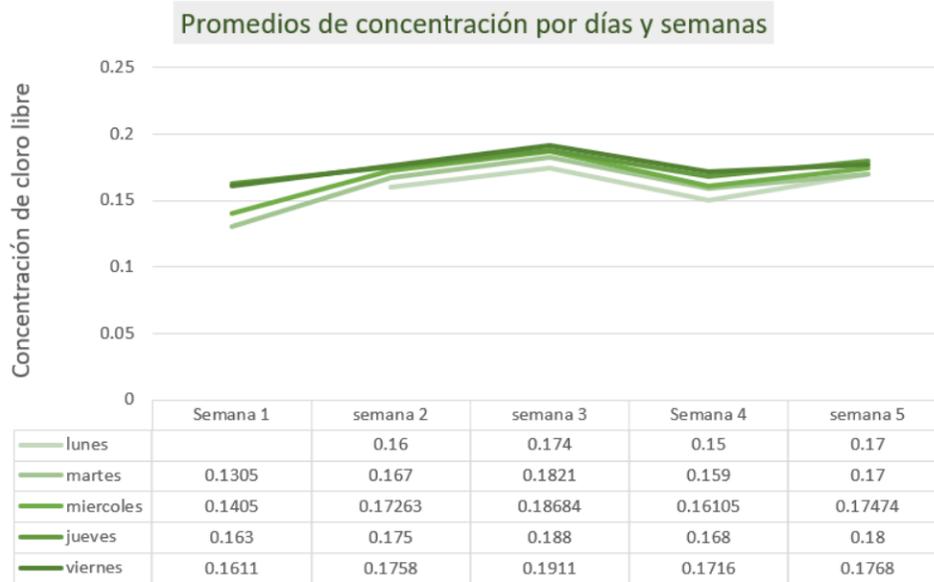
Capítulo 6. Resultados y Análisis de Resultados.

Tabla 6. Semana 5 de monitoreo (27 de feb – 03 de mar del 2023).

Semana #5 (27 de febrero- 03 de marzo 2023) 9 pastillas de C3C13N3O3													
		lunes		martes		miercoles		jueves		viernes		Promedio por salida	desviacion estandar por salida
Edificio A	M abajo	0.16	M abajo	0.17	M abajo	0.17	M abajo	0.18	M abajo	0.18		0.172	0.0083666
	M arriba	0.17	M arriba	0.16	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.16		0.166	0.005477226
	H abajo	0.17	H abajo	0.16	H abajo	0.17	H abajo	0.17	H abajo	0.17		0.168	0.004472136
edificio B	H arriba	0.16	H arriba	0.17	H arriba	0.18	H arriba	0.18	H arriba	0.17		0.172	0.0083666
	M abajo	0.17	M abajo	0.18	M abajo	0.18	M abajo	0.19	M abajo	0.18		0.18	0.007071068
	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.18	M arriba	0.18		0.174	0.005477226
Edificio AMB	H abajo	0.18	H abajo	0.18	H abajo	0.18	H abajo	0.17	H abajo	0.18		0.178	0.004472136
	H arriba	0.17	H arriba	0.17	H arriba	0.18	H arriba	0.18	H arriba	0.19		0.178	0.0083666
	M	0.17	M	0.18	M	0.18	M	0.17	M	0.17		0.174	0.005477226
Edificio Tic's	H	0.18	H	0.18	H	0.18	H	0.17	H	0.17		0.176	0.005477226
	M abajo	0.17	M abajo	0.17	M abajo	0.18	M abajo	0.18	M abajo	0.18		0.176	0.005477226
	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.17	M arriba	0.18	M arriba	0.18		0.174	0.005477226
	H abajo	0.18	H abajo	0.17	H abajo	0.18	H abajo	0.18	H abajo	0.18		0.178	0.004472136
Vinculacion	H arriba	0.17	H arriba	0.18	H arriba	0.18	H arriba	0.18	H arriba	0.18		0.178	0.004472136
	M	0.17	M	0.17	M	0.18	M	0.18	M	0.18		0.176	0.005477226
	H	0.16	H	0.16	H	0.16	H	0.17	H	0.18		0.166	0.008944272
Biblioteca	M	0.16	M	0.16	M	0.17	M	0.17	M	0.17		0.166	0.005477226
	H	0.17	H	0.16	H	0.17	H	0.18	H	0.18		0.172	0.0083666
Laboratorio	lavabo	0.16	lavabo	0.17	lavabo	0.17	lavabo	0.19	lavabo	0.18		0.174	0.011401754
Promedio por dia		0.17		0.17		0.1747		0.18		0.177	Promedio semanal		desviacion estandar semanal
desviacion estandar por dia		0.01		0.0075		0.00612		0.007		0.0067	0.173578947		0.00742563

Semana # 5 de monitoreo, los resultados de este monitoreo el aumento de concentración continúa siendo constante. Los promedios van en aumento día tras día en esta ocasión el jueves fue el día con mayor concentración y acorde a los promedios por edificio continúa siendo el de mayor concentración el edificio B.

Tabla 7. Análisis de datos de concentraciones de cloro en el agua.



En la tabla #6 se muestran todos los promedios totales tanto por semana, como por días de la semana, la semana #3 en viernes fue el promedio con la concentración más alta. El promedio total de las 5 semanas fue de 0.1690ppm.



Figura 14. Monitoreo.

Intervalos de confianza al 95% para la media poblacional

El intervalo de confianza describe la variabilidad entre la medida obtenida en un estudio y la medida real de la población (el valor real). Corresponde a un rango de valores, cuya distribución es normal y en el cual se encuentra, con alta probabilidad, el valor real de una determinada variable. Esta «alta probabilidad» se ha establecido por consenso en 95%. Así, un intervalo de confianza de 95% nos indica que dentro del rango dado se encuentra el valor real de un parámetro con 95% de certeza. (Salazar, 2003)

Se realizaron los cálculos para determinar los intervalos de confianza al 95% tanto para la media como para la varianza poblacional con los datos obtenidos en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6.


$$\bar{X} \pm t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Figura 15. Formula intervalo de confianza.

S²=Varianza

S=Desviación estándar

\bar{X} =Media muestral

t= T de student

Cálculo semana #1

$$\left(\left(0.1505 - 1.994 \left(\frac{0.0194}{\sqrt{76}} \right) \right), \left(0.1505 + 1.994 \left(\frac{0.0194}{\sqrt{76}} \right) \right) \right) \\ (0.1460, 0.1546)$$

Cálculo semana #2

$$\left(\left(0.1708 - 1.9855 \left(\frac{0.0091}{\sqrt{95}} \right) \right), \left(0.1708 + 1.9855 \left(\frac{0.0091}{\sqrt{95}} \right) \right) \right) \\ (0.1689, 0.1726)$$

Cálculo semana #3

$$\left(\left(0.1847 - 1.9855 \left(\frac{0.0111}{\sqrt{95}} \right) \right), \left(0.1847 + 1.9855 \left(\frac{0.0111}{\sqrt{95}} \right) \right) \right) \\ (0.1824, 0.1869)$$

Cálculo semana #4

$$\left(\left(0.1621 - 1.9855 \left(\frac{0.0111}{\sqrt{95}} \right) \right), \left(0.1621 + 1.9855 \left(\frac{0.0111}{\sqrt{95}} \right) \right) \right) \\ (0.1598, 0.1643)$$

Cálculo semana #5

$$\left(\left(0.1735 - 1.9855 \left(\frac{0.0074}{\sqrt{95}} \right) \right), \left(0.1735 + 1.9855 \left(\frac{0.0074}{\sqrt{95}} \right) \right) \right)$$

$$(0.1719, 0.1750)$$

Tabla 8. Intervalos de confianza al 95% para la media poblacional.

Intervalos de confianza al 95% para la media poblacional	
Semana #1	(0.1460, 0.1546)
Semana #2	(0.1689, 0.1726)
Semana #3	(0.1824, 0.1869)
Semana #4	(0.1598, 0.1643)
Semana #5	(0.1719, 0.1750)

Intervalo de confianza al 95% para la varianza poblacional

$$\frac{(n-1)S^2}{X_{\alpha/2}^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{X_{1-\alpha/2}^2}$$

Semana #1

$$\left(\frac{(75)(0.00037)}{100.839}, \frac{(75)(0.00037)}{52.942} \right)$$

(0.00027, 0.00052)

Semana #2

$$\left(\left(\frac{(94)(0.000082)}{123.858} \right), \left(\frac{(94)(0.000082)}{69.925} \right) \right)$$

(0.000062, 0.00011)

Semana #3

$$\left(\left(\frac{(94)(0.00012)}{123.858} \right), \left(\frac{(94)(0.00012)}{69.925} \right) \right)$$

(0.00009, 0.00016)

Semana #4

$$\left(\left(\frac{(94)(0.00012)}{123.858} \right), \left(\frac{(94)(0.00012)}{69.925} \right) \right)$$

(0.00009, 0.00016)

Semana #5

$$\left(\left(\frac{(94)(0.00005)}{123.858} \right), \left(\frac{(94)(0.00005)}{69.925} \right) \right)$$

(0.00003, 0.00006)

Tabla 9. Intervalos de confianza al 95% para la varianza poblacional.

Intervalo de confianza al 95% para la varianza poblacional

Capítulo 6. Resultados y Análisis de Resultados.

Semana #1	(0.00027, 0.00052)
Semana #2	(0.000062, 0.00011)
Semana #3	(0.00009, 0.00016)
Semana #4	(0.00009, 0.00016)
Semana #5	(0.00003, 0.00006)

Capítulo 7

Conclusiones y trabajo a futuro

Conclusiones

Como conclusión se logra observar en las tablas de mediciones que los días con mayor concentración de cloro libre son los jueves y viernes. Otro dato con el que se coincide es que el edificio con mayor concentración durante todas las mediciones fue el edificio B, se cree que esto se debe a que es el edificio más cercano al aljibe donde se agrega el ácido tricloroisocianurico. Al igual se puede ver que coinciden los edificios con menos concentración son el edificio de vinculación y la biblioteca, y estos se cree que es por la lejanía al aljibe.

Otro dato es que los resultados aún se encuentran por debajo de los límites inferiores de la normativa, pero se puede identificar que con el paso de las semanas de agregarse el ácido tricloroisocianurico la concentración va en aumento, como se puede observar de las 5 semanas, las primeras 3 fueron consecutivas y la concentración de cloro iba en aumento cada vez más cercano al valor esperado, en cuanto a las ultimas 2 semana de monitoreo como se tomó un descanso a causa de las vacaciones, la primera semana bajó nuevamente la concentración, pero la siguiente semana nuevamente se vio en aumento.

Trabajo a futuro

Se planea que el personal del Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato continúe con el proyecto para que este cuente con el requerimiento de la NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Para esto se tendrá que continuar agregando las 9 pastillas de ácido tricloroisocianurico cada lunes al aljibe principal. Y se pretende que el monitoreo se realice al menos una vez al mes para determinar que el cloro en agua sea el correspondiente.

Referencias bibliográficas

- agua, C. n. (s.f.). *Comision nacional del agua* . Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55941177/40_Rehabilitacion_de_Pozos-libre.pdf?1519955185=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRehabilitacion_de_Pozos.pdf&Expires=1682192748&Signature=DOa0v53STPa999gOgAupnCalcTOTPkUS~lhN2OniyHhh2~Krow1G
- agua, C. n. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico D.F.
- Agua, C. N. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico, D.F.
- Casanova, Q. S. (s.f.). *R CHEMICAL S.A.* . Obtenido de <http://www.r-chemical.com/control-de-calidad-de-agua-determinacion-de-cloro-residual-con-dpd/#:~:text=El%20DPD%20es%20una%20mezcla,la%20contaminaci%C3%B3n%20y%20la%20humedad>.
- Diario Oficial de la Federacion* . (31 de 12 de 1969). Obtenido de *Diario Oficial de la Federacion* : https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969#gsc.tab=0
- Fondo para la comunicacion y la educacion ambiental, A.C.* (2017). Obtenido de *Fondo para la comunicacion y la educacion ambiental, A.C.*: <https://agua.org.mx/que-es/>
- Gobierno de Mexico*. (s.f.). Obtenido de *Gobierno de Mexico* : <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap6.html#:~:text=RESERVA%20DE%20AGUA%20DULCE%20EN,PNUMA%20DGEMS%2C%202007>).
- HANNA Instruments* . (2020). Obtenido de *HANNA instruments* : <https://www.hannainst.es/blog/1572/Sabias-que-existen-diferentes-tipos-de-cloro>
- Higiene Ambiental*. (03 de marzo de 2022). Obtenido de <https://higieneambiental.com/subproductos-de-la-cloracion-del-agua>
- (2012). *Informe de la situacion del medio ambiente en Mexico* .
- iTc Dosing Pumps* . (s.f.). Obtenido de *iTc* : https://www.itc.es/wp-content/uploads/article-Cloracion_agua_potable-ES.pdf
- (2006). *Manual de cloracion y potabilizacion del agua* . Guanajuato . Obtenido de https://agua.guanajuato.gob.mx/pdf/manuales/Manual_Cloration.pdf

Referencias bibliográficas

Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela. (2008). *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*.

Salazar, H. G.-R. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*.

(2015). *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento*. . Mexico. D.F.

