



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

TÍTULO DEL PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y MEJORA DE LA OPERATIVIDAD DE UNA PLANTA
POTABILIZADORA INSTALADA POR CHEM-AQUA, UBICADA EN EL
MUNICIPIO DE ALTAMIRA TAMAULIPAS

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener su título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presenta

BLANCA ESTELA DEL ÁNGEL VICENTE

No. de control 173S0092

Director de tesis

Dr. José Jaime González Elizondo

Tantoyuca, Ver, 13 de Mayo de 2022

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia, que me ha enseñado que ser mejor está en nuestras manos, que cuando se quiere se puede, que la decisión es siempre nuestra, por todo su apoyo incondicional durante todos estos años y por ser la razón más grande para el cumplimiento de mis objetivos que significan mucho orgullo y alegría.

Les dedico este mérito más, por apoyarme siempre que lo he necesitado, por su gran cariño, por motivarme a no rendirme y a perseguir mis sueños, a mis padres, a mi hermano y a mi novio a ustedes se los dedico, por instruirme con el ejemplo y por siempre creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

- A DIOS:

Le agradezco a Dios por permitirme estar con mis padres, mi hermano y mi novio, por darme salud, sabiduría, fortaleza para seguir adelante a pesar de los difíciles obstáculos y permitirme tener una educación.

- A MIS PADRES

Le agradezco todo a mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente, por la motivación que me brindan para ser mejor cada día, su comprensión, por todo su amor y su esfuerzo que me han dado para lograr todas y cada una de mis metas, así como me impulsan a lograr mis sueños y anhelos. En especial a mi madre, por cada día hacerme ver la vida de una forma diferente y confiar en mis decisiones.

- A MI HERMANO

A mi hermano que siempre ha estado conmigo apoyándome en todo lo que me propongo.

- A MI NOVIO

Por el apoyo que me ha brindado que ha sido sumamente importante, ha estado a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más difíciles, por su gran ayuda para culminar con éxito este proyecto motivándome y confiando en mí.

- A MIS ASESORES

Al Dr. José Jaime González Elizondo le agradezco por transmitirme todos sus conocimientos y por orientarme a lo largo de mi carrera profesional, donde conocí y aprendí a manejar herramientas de investigación que me ayudaran en mi vida diaria y profesional.

A mis revisores el Ing. Marcelino del Ángel cruz y la M.C Blanca Isabel Hernández Lara que me guiaron en esta trayectoria, brindándome todo su apoyo para el cumplimiento de este gran logro.

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como propósito realizar diagnóstico de la operatividad de una planta potabilizadora instalada por Chem-Aqua, ubicada en el municipio de Altamira Tamaulipas. La planta potabilizadora opera para Taghleef Industries, lo cual, requiere de agua dentro de los parámetros del área de producción, esto se determinó mediante la realización de análisis diarios de las diferentes muestras.

La metodología a emplear en esta indagación contiene dos fases, la primera, consistió en la realización de un proceso escrito de la operación de la planta potabilizadora, además de recopilar los resultados de los análisis diarios, aplicando una combinación de técnicas como la observación, formatos elaborados por el autor y bitácora de campo donde se registró los ajustes necesarios al agua.

La segunda parte de la investigación consistió en la aplicación de la entrevista aplicado a los encargados de la planta potabilizadora para tener el diagnóstico de la operación de la planta potabilizadora. Como resultado de esta investigación se determinó el comportamiento de los parámetros a través de los meses de recopilación de datos, mostrando las fallas de los equipos y los ajustes necesarios que el agua requiere.

ABSTRACT

The purpose of this project was to diagnose the operation of a water treatment plant installed by Chem-Aqua, located in the municipality of Altamira Tamaulipas. The water treatment plant operates for Taghleef Industries, which requires water within the parameters of the production area, this was determined by performing daily analyzes of the different samples.

The methodology to be used in this investigation contains two phases, the first consisted of carrying out a written process of the operation of the water treatment plant, in addition to compiling the results of the daily analyzes, applying a combination of techniques such as observation, formats prepared by the author and field log where the necessary adjustments to the water were recorded.

The second part of the investigation consisted in the application of the interview applied to those in charge of the water treatment plant to have the diagnosis of the operation of the water treatment plant. As a result of this investigation, the behavior of the parameters was determined through the months of data collection, showing the failures of the equipment and the necessary adjustments that the water requires.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ANEXO.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. GENERALIDADES	2
1.1 antecedentes	2
1.1.1 internacionales.....	2
1.1.2 Nacionales	10
1.2 Descripción de la empresa NCH Chem-Aqua.....	13
1.2.1 Antecedentes de NCH	13
1.2.1.2 NCH en el mundo.....	14
1.2.1.3 Misión.....	15
1.2.1.4 Visión	15
1.2.1.5 Valores.....	15
1.3 Problemas a resolver	15
1.4 Objetivos	17
1.4.1 General	17

1.4.2 Específicos.....	17
1.5 Justificación	17
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	19
2.2. Marco contextual.....	19
2.3. Marco referencial	25
2.3.1 Macro localización.....	25
2.3.2 Micro localización.....	27
2.4 Marco legal	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	42
RESULTADOS	52
CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDACIONES	167
BIBLIOGRAFIA	168
ANEXOS	178

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización de Tamaulipas	25
Figura 2 Localización del municipio de Altamira.....	25
Figura 3 Localización de Taghleef Industries	27
Figura 4 Plano de la planta potabilizadora.	52
Figura 5 Diagrama de proceso de la planta potabilizadora	54
Figura 6 selector de paro y arranque	58
Figura 7 válvula de descarga de bomba de retrolavado.....	58
Figura 8 electroválvula en posición de lavado.....	58
Figura 9 válvula de descarga	59
Figura 10 válvula de alimentación	59
Figura 11 válvula de bomba de retrolavado al 50%	59
Figura 12 válvula de alimentación de aire	60
Figura 13 selector de paro y arranque de bomba.....	60
Figura 14 válvula de descarga de bomba de retrolavado.....	61
Figura 15 Bombas de alimentación	62
Figura 16 Bombas de torre de enfriamiento	62
Figura 17 Cisterna de agua.....	62
Figura 18 Filtros de carbón activado	64
Figura 19 módulo de osmosis 1	69
Figura 20 Módulo de osmosis 2.	70
Figura 21 Válvula de alimentación.	71
Figura 22 Válvula de descarga.....	71
Figura 23 Dren del tanque pulidor	71

Figura 24 salida del agua acumulada de los filtros.....	71
Figura 25 Tornillos del tanque pulidor	72
Figura 26 Sujetadores de los filtros	72
Figura 27 Extracción de filtros pulidores	72
Figura 28 Interior del tanque pulidor.....	73
Figura 29 Colocación de filtros nuevos	73
Figura 30 Colocación de los sujetadores	73
Figura 31 Cinto de ajuste.	74
Figura 32 Válvula de purga del tanque pulidor	74
Figura 33 Módulo de Osmosis inversa	74
Figura 34 Preparación de solución cáustica.....	75
Figura 35 Modulo de operación de osmosis.....	76
Figura 36 Válvula de alimentación de agua	76
Figura 37 Drenado de agua estancada	76
Figura 38 Válvula de rechazo.....	77
Figura 39 Válvula hacia el tanque de osmosis	77
Figura 40 Válvulas de entrada y salida de producto	77
Figura 41 Sistema CIP	77
Figura 42 Tanque CIP	78
Figura 43 Interruptor de encendido y apagado de bomba.....	78
Figura 44 Válvula hacia el tanque de residuos.....	79
Figura 45 Agua de retrolavado	79
Figura 46 Modulo de osmosis	80
Figura 47 Válvula de agua de rechazo.....	80

Figura 48 Modulo de osmosis inversa	81
Figura 49 Agua estancada de las membranas	81
Figura 50 Acoplamientos de los tubos	81
Figura 51 Sujetadores de las tapas	82
Figura 52 Membranas de osmosis	82
Figura 53 Interior de los bacines	83
Figura 54 Módulo de osmosis	84
Figura 55 Módulo de agua de rechazo	84
Figura 56 Módulo de suavizadores de planta potabilizadora	87
Figura 57 Gráfica del pH de agosto.....	94
Figura 58 Grafica de conductividad del mes de agosto.....	95
Figura 59 Grafica de dureza del mes de agosto.....	96
Figura 60 Grafica de Cloruros del mes de agosto	97
Figura 61 Gráfica de alcalinidad del mes de agosto.....	98
Figura 62 Gráfica de SST del mes de agosto.....	99
Figura 63 Gráfica de turbidez del mes de agosto	100
Figura 64 Gráfica de salinidad del mes de agosto	101
Figura 65 Gráfica de cloro del mes de agosto.....	102
Figura 66 Gráfica de pH del mes de septiembre	103
Figura 67 Gráfica de conductividad del mes de septiembre.....	104
Figura 68 Gráfica de dureza del mes de septiembre.....	105
Figura 69 Grafica de Cloruros del mes de septiembre	106
Figura 70 Gráfica de alcalinidad del mes de septiembre.....	107
Figura 71 Gráfica de SST del mes de septiembre.....	108

Figura 72 Gráfica de turbidez del mes de septiembre.....	109
Figura 73 Gráfica de turbidez del mes de septiembre.....	110
Figura 74 Gráfica de cloro del mes de agosto.....	111
Figura 75 Gráfica de pH del mes de octubre.....	112
Figura 76 Gráfica de conductividad del mes de octubre	113
Figura 77 Gráfica de dureza del mes de septiembre.....	114
Figura 78 Grafica de Cloruros del mes de octubre.....	115
Figura 79 Gráfica de alcalinidad del mes de octubre	116
Figura 80 Gráfica de SST del mes de octubre.	117
Figura 81 Gráfica de turbidez del mes de octubre.....	118
Figura 82 Gráfica de salinidad del mes de octubre	119
Figura 83 Gráfica de cloro del mes de octubre.....	120
Figura 84 Gráfica de pH del mes de noviembre	121
Figura 85 Gráfica de conductividad del mes de noviembre.....	122
Figura 86 Gráfica de dureza del mes de noviembre.....	123
Figura 87 Gráfica de Cloruros del mes de noviembre	124
Figura 88 Gráfica de alcalinidad del mes de noviembre.....	125
Figura 89 Gráfica de SST del mes de noviembre.....	126
Figura 90 Gráfica de turbidez del mes de noviembre.....	127
Figura 91 Gráfica de salinidad del mes de noviembre	128
Figura 92 Gráfica de cloro del mes de agosto.....	129
Figura 93 Gráfica de pH del mes de diciembre	130
Figura 94 Gráfica de conductividad del mes de diciembre	131
Figura 95 Gráfica de dureza del mes de diciembre.....	132

Figura 96 Grafica de Cloruros del mes de septiembre	133
Figura 97 Gráfica de alcalinidad del mes de diciembre	134
Figura 98 Gráfica de SST del mes de diciembre	135
Figura 99 Gráfica de turbidez del mes de diciembre	136
Figura 100 Gráfica de salinidad del mes de diciembre.....	137
Figura 101 Gráfica de cloro del mes de diciembre	138
Figura 102 Gráfica de pH	139
Figura 103 Gráfica de conductividad.....	140
Figura 104 Gráfica de dureza.....	141
Figura 105 Gráfica de cloruros	142
Figura 106 Gráfica de alcalinidad.....	143
Figura 107 Gráfica de los SST	144
Figura 108 Gráfica de turbidez	145
Figura 109 Gráfica de salinidad.....	146
Figura 110 Gráfica de cloro	147
Figura 111 Gráfica de consumo del mes de enero.....	154
Figura 112 Gráfica de consumo del mes de febrero	155
Figura 113 Gráfica del consumo de marzo.....	156
Figura 114 Gráfica del consumo de abril.....	157
Figura 115 Gráfica del consumo de agua de mayo	158
Figura 116 Gráfica del consumo del mes de junio.	159
Figura 117 gráfica del consumo del mes de julio	160
Figura 118 Gráfica de consumo del mes de agosto	161
Figura 119 Gráfica de consumo del mes de septiembre	162

Figura 120 Gráfica consumo del mes de octubre.....	163
Figura 121 Gráfica del consumo de noviembre.....	164
Figura 122 Gráfica del consumo de agua de diciembre	165
Figura 123 Gráfica de consumo de agua anual.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites permisibles de características bacteriológicas.	29
Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	30
Tabla 3 Límites permisibles de características químicas.	30
Tabla 4 Preservación de muestras NOM-230-SSA1-2002.....	39
Tabla 5 Preservación de muestras NOM-230-SSA1-2002.....	40
Tabla 6 límites máximos permisibles.....	41
Tabla 7 límites máximos permisibles.....	41
Tabla 8 Ficha técnica de los filtros arena.	88
Tabla 9 Ficha técnica de los filtros arena	89
Tabla 10 Ficha técnica de los pulidores de osmosis.	90
Tabla 11 Ficha técnica de los Suavizadores	90
Tabla 12 pH del mes de agosto.....	94
Tabla 13 Conductividad del mes de agosto.....	95
Tabla 14 Dureza del mes de agosto.....	96
Tabla 15 Cloruros del mes de agosto.....	97
Tabla 16 Alcalinidad del mes de agosto	98
Tabla 17 SST del mes de agosto	99
Tabla 18 Turbidez del mes de agosto	100
Tabla 19 Salinidad del mes de agosto	101
Tabla 20 Cloro del mes de agosto.....	102
Tabla 21 pH del mes de septiembre.....	103
Tabla 22 Conductividad del mes de septiembre	104
Tabla 23 Conductividad del mes de septiembre.....	105

Tabla 24 Cloruros del mes de septiembre.....	106
Tabla 25 Alcalinidad del mes de septiembre	107
Tabla 26 SST del mes de septiembre	108
Tabla 27 Turbidez del mes de septiembre	109
Tabla 28 Salinidad del mes de septiembre.....	110
Tabla 29 Cloro del mes de septiembre.....	111
Tabla 30 pH del mes de octubre	112
Tabla 31 Conductividad del mes de octubre	113
Tabla 32 Dureza del mes de octubre.	114
Tabla 33 Cloruros del mes de octubre	115
Tabla 34 Alcalinidad del mes de octubre.....	116
Tabla 35 SST del mes de octubre.	117
Tabla 36 Turbidez del mes de octubre	118
Tabla 37 Salinidad del mes de octubre.	119
Tabla 38 Cloro del mes de octubre	120
Tabla 39 pH del mes de noviembre.....	121
Tabla 40 Conductividad del mes de noviembre.....	122
Tabla 41 Dureza del mes de septiembre.....	123
Tabla 42 Cloruros del mes de noviembre.....	124
Tabla 43 Alcalinidad del mes de noviembre.....	125
Tabla 44 SST del mes de noviembre	126
Tabla 45 Turbidez del mes de noviembre	127
Tabla 46 Salinidad del mes de noviembre	128
Tabla 47 Cloro del mes de noviembre.....	129

Tabla 48 pH del mes de septiembre.....	130
Tabla 49 Conductividad del mes de diciembre.....	131
Tabla 50 Conductividad del mes de diciembre.....	132
Tabla 51 Cloruros del mes de diciembre.....	133
Tabla 52 Alcalinidad del mes de diciembre.....	134
Tabla 53 SST del mes de diciembre.....	135
Tabla 54 Turbidez del mes de diciembre.....	136
Tabla 55 Salinidad del mes de diciembre.....	137
Tabla 56 Cloro del mes de diciembre.....	138
Tabla 57 Comparación de pH.....	139
Tabla 58 Comparación de conductividad.....	140
Tabla 59 Comparación de dureza.....	141
Tabla 60 Comparación de cloruros.....	142
Tabla 61 Comparación de alcalinidad.....	143
Tabla 62 Comparación de SST.....	144
Tabla 63 Comparación de cloro.....	145
Tabla 64 Comparación de salinidad.....	146
Tabla 65 Comparación de cloro.....	147
Tabla 66 Consumo del mes de enero.....	154
Tabla 67 Consumo del mes de febrero.....	155
Tabla 68 consumo de agua del mes de marzo.....	156
Tabla 69 Consumo de agua del mes de abril.....	157
Tabla 70 Consumo de agua del mes de mayo.....	158
Tabla 71 Consumo de agua del mes de junio.....	159

Tabla 72 Consumo de agua del mes de julio	160
Tabla 73 Consumo de agua del mes de agosto.....	161
Tabla 74 Consumo de agua del mes de septiembre	162
Tabla 75 Consumo de agua del mes de octubre.....	163
Tabla 76 Consumo de agua del mes de noviembre	164
Tabla 77 Consumo del mes de diciembre	165
Tabla 78 Consumo de agua anual	166

ANEXO

Anexo 1. Formato de entrevista.	178
Anexo 2. Reporte diario de recolección de datos.	179
Anexo 3. Entrevista número 1	180
Anexo 4. Entrevista número 2	181
Anexo 5. Entrevista número 3.	182
Anexo 6. F-EP-34 Formato de liberación del proyecto para Titulación Integral	176
Anexo 7. F-EP-33 Formato de Registro de Proyecto.....	177

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación se realizó un diagnóstico de la operatividad de una planta potabilizadora instalada por Chem-Aqua, ubicada en el municipio de Altamira Tamaulipas, la planta potabilizadora se encarga de someter el agua superficial que es suministrada por COMAPA de la laguna los patos ubicada en ciudad Madero, Tamaulipas, a varios de los procesos de acuerdo a sus características con la finalidad de garantizar que sea apta para su uso en las áreas de producción.

Uno de los recursos más importantes para los procesos industriales de todos los sectores es el agua, los métodos para el tratamiento del agua y la selección del más adecuado, dependerá de la calidad del agua a tratar, de igual forma la pureza al que se requiere llegar, este siempre depende del proceso en el que se va a utilizar. El agua es un recurso que funciona para el tratamiento, procesamiento y refinamiento de productos, así como también para la limpieza de equipos y materiales empleados en el proceso. Es importante mencionar que se considera el nivel de calidad del agua requerida a partir del tipo de proceso empleado.

El desarrollo del proyecto cumplió con los objetivos establecidos de manera favorable, con la recopilación de datos que se llevó en un lapso de 4 meses, en la planta potabilizadora, donde se realizó diversas actividades para el cumplimiento de los objetivos planteados. Se demostró que al aplicar un proceso escrito el consumo de agua disminuyó de manera notoria

CAPITULO I. GENERALIDADES

1.1 antecedentes

1.1.1 internacionales

El agua se potabiliza en lo que técnicamente se conoce como una ETAP o Estación de Tratamiento de Agua Potable, comúnmente se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras donde el agua cruda es sometida a diferentes etapas con la finalidad de eliminar todas aquellas sustancias no aptas para el consumo humano. El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar (Zarza, 2020).

En Ingeniería sanitaria, Ingeniería química e Ingeniería ambiental el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final (Tenesaca Rivera, 2021).

La potabilización del agua se efectúa para mejorar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, y de esta manera ofrecer agua de muy buena calidad para el consumo del hombre, sin afectar su salud. La potabilización es un trabajo que se lleva a cabo en las plantas de tratamiento, las cuales son diseñadas de acuerdo a la calidad de agua de cada lugar. De ahí que las plantas de tratamiento no sean todas iguales, pues el diseño depende de las necesidades específicas (Quintero Rincón, 2017).

Según (Romero, 2020) el proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización, este proceso del agua suele consistir en la eliminación de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono.

A nivel internacional se encontraron algunos trabajos relacionados a la operación de la potabilizadora como el realizado en Cantón Palora que lleva por título Evaluación de la eficiencia de la planta potabilizadora que se elaboró en la provincia de Morona Santiago (Espín Rodríguez, Verónica L., 2017).

Una planta potabilizadora es donde el agua cruda es sometida a diversos procesos con el objetivo de eliminar los microorganismos y los contaminantes físicos y químicos hasta los límites aceptables que estipulan las normas. De acuerdo con el tipo de procesos que las forman, las plantas de tratamiento se clasifican en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. Según la tecnología usada se pueden clasificar en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente (Chulluncuy Camacho, 2019).

La potabilización de las aguas naturales constituye un proceso de suma importancia que convierte el líquido vital en un agua limpia de materias extrañas y totalmente apta para el consumo humano, para que este proceso tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada, herramientas eficientes, insumos necesarios y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento (Espín Rodríguez, Verónica L., 2017).

La problemática encontrada fue la falta de interés de las autoridades en la planta potabilizadora, que fueron las razones por las cuales se investigó los aspectos que influían negativamente en el funcionamiento de la misma. Mediante la investigación se determinó que la Planta de Tratamiento de agua Potable del cantón Palora no está preparada para tratar aguas con presencia de turbiedad, lo que implica el desabastecimiento del líquido vital en temporada lluviosa (Espín Rodríguez, Verónica L., 2017).

La operación adecuada de las plantas de tratamiento es fundamental para garantizar la producción continua de agua potable. El operador de planta tiene la responsabilidad de desarrollar las actividades de operación y asegurar la eficiencia de la Planta (Peña Sánchez, 2017).

Se puede definir genéricamente al mantenimiento como la conservación o protección de componentes o equipos para una condición determinada, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación. Existen varias razones por las cuales un sistema de tratamiento y distribución de agua debe tener un servicio organizado de mantenimiento de sus instalaciones y equipos (CEPIS, 2021).

Una de ellas es el hecho de que el abastecimiento de agua constituye, sin lugar a dudas, el servicio público más importante y no puede tener interrupciones imprevistas. Otra razón consiste en que, una vez implantado el mantenimiento, los costos se reducen (CEPIS, 2021) .

Con el diseño de las unidades inadecuadas con determinaciones hidráulicas óptimas para el caudal que se trata, un registro de dosis y caudal de desinfectante y un plan de manejo operacional y seguridad ocupacional para los obreros, con estas aportaciones se pretende mejorar la situación actual de la PTAP del cantón Palora (Espín Rodríguez, Verónica L., 2017).

Se elaboró un Sistema de Gestión de Mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable donde se solucionaron problemas con el fin de reducir las pérdidas de producción, controlar los costos de mantenimiento y garantizar la sostenibilidad del producto. Además, se recopiló información veraz, realizando una evaluación de la norma venezolana COVENIN 2500-93 “Manual para la evaluación de sistemas de mantenimiento en la industria”, con la finalidad de diagnosticar las deficiencias en el mantenimiento actual (Robayo Rivera, 2018).

El tipo de tratamiento requerido para producir agua va a depender del origen de la fuente de agua cruda y las condiciones locales, por lo tanto, cada diseño es particular. El objetivo de cada planta se basa en alcanzar un balance entre eficiencia operativa y el costo, por lo cual es necesario integrar de forma económica los procesos y operaciones de tratamiento de manera tal que cumpla con las condiciones de diseño enfocadas en alcanzar la calidad del agua potable. Una planta o sistema de potabilización debe tener una confiabilidad y flexibilidad bastante altas, de manera tal que en caso de que las condiciones del agua del afluente varíen el sistema tenga la capacidad de ajustarse y mantener las condiciones del efluente constantes, también, es necesario considerar la capacidad técnica de quien esté a cargo del sistema, además, de la capacidad local y económica de tal forma que se diseñe un sistema que tenga una amplia vida útil (Ospina Gómez & Orjuela Barrero, 2019).

Es preciso manifestar que las plantas de potabilización del agua deben contar con una guía que facilite evaluar la calidad del agua que requieren. Evaluar el funcionamiento y el mantenimiento de las unidades que hacen parte del proceso de potabilización y tratamiento del agua permite llevar una bitácora que cuantificara y cualificara los datos. Las plantas deben estar supervisadas por la Autoridad competente y por el personal que ejerce control de calidad en la misma. Calidad también implica dejar de lado los procesos rudimentarios y pasar a la implementación de procesos más técnicos (Burgos Peña , 2019).

Los procesos de tratamientos, por presentar una alta eficiencia en la potabilización del agua, debe ser motivo de estudio e investigación con el objeto de mejorar su diseño, manejo y operaciones de mantenimiento. Lo anterior presupone beneficios económicos que, a su vez, favorecerán las condiciones necesarias para satisfacer sus requerimientos de agua potable (Pachacama Llumiquinga, 2018). Cuando se desconoce lo que se tiene es difícil tomar decisiones adecuadas a la hora de invertir los recursos de manera coherente y articulada con las necesidades del sistema. El diagnóstico del sistema de potabilización busca identificar sus componentes, su funcionamiento y operatividad (Martinez Fracica , 2018).

Los sistemas de tratamientos de agua requieren de un mantenimiento para que realicen su función de forma efectiva y mantengan la calidad del agua efluente. El agua debe mantenerse dentro de unos parámetros y criterios de salubridad que sólo se consiguen si el sistema de tratamiento de agua funciona de forma adecuada. Para ello, los sistemas industriales están sometidos a controles preventivos y de calidad que deben establecerse dentro de un plan general de mantenimiento (SERVIPRESIÓN , 2020).

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. En términos muy generales, puede afirmarse que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso (Mendoza Ramirez, 2019).

Según (Moreno Rojas, 2020) los sistemas de tratamiento de agua potable es importante contar con unos mantenimientos preventivos, correctivos y de renovación, que tiene como finalidad que las plantas estén en las mejores condiciones para seguir operando.

Los costos en el área de mantenimiento ha sido hoy en día el motivo de discrepancia de muchas organizaciones, debido a que, es preferible dejar que un equipo se deteriore y quede inservible, a llevarlo a un correcto mantenimiento, prolongando la vida útil del mismo. El objetivo fundamental del mantenimiento es garantizar que los activos cumplan con la función para la cual fueron diseñados, aplicando estrategias para general un porcentaje alto de disponibilidad con el máximo rendimiento y efectuando la optimización del costo de mantenimiento y prolongación del ciclo de vida. El mantenimiento consigue el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema y mayor seguridad para el personal al menor costo posible (Rodríguez Azuero, Cubillos Forero, & Muñoz Calvo, 2019).

Es necesario garantizar que los equipos de la planta potabilizadora se encuentran en perfectas condiciones operativas, para ello los operarios deben aprender ciertas pautas y rutinarias de actuación para el mantenimiento del equipo propio, basándose en las técnicas de operación. Además, la mejor prevención de defectos es la que detecta y corrige los errores antes de que se produzcan los defectos (reduce los costes de reparaciones, aporta capacidad de anticipación y resulta más efectivo en el proceso de toma de decisiones) (García, 2020).

La investigación consto de cuatro capítulos, en el primer capítulo se redactó una introducción desde el punto de vista empresarial, así como, su justificación y el planteamiento del objetivo general y objetivos específicos que se pretendió lograr. En el tercer capítulo se desarrolló una propuesta considerando las necesidades de la empresa, así como los problemas que fueron encontrados, el resultado que se logró fue mejorar la gestión de mantenimiento basados en los parámetros indicados en la norma ISO 9001:2000 y en el cuarto capítulo puntualizo las mayores deficiencias de la gestión del mantenimiento, estas deficiencias se ubicaron en las áreas de planificación de mantenimiento, mantenimiento correctivo, preventivo y programado; permitiendo que tomaran acciones correctivas en dichas áreas (Robayo Rivera, 2018).

La planta potabilizadora Santa Isabel en el acueducto Bayamo donde se abordó la operación de una planta diseñada para purificar 300 L/s con un diagrama de flujo convencional compuesto por tamizado, cloración, coagulación y clarificación por contacto (Rodríguez Pizarro, 2018).

Se elaboró un manual donde tuvo como objetivo servir de guía general para que el ingeniero encargado de la planta desarrolle instrucciones precisas a los operadores de manera que la operación se ejecute de forma eficiente y se alcance el objetivo primordial: la producción de un agua apta para el consumo humano al menor costo y de manera segura. Uno de los problemas encontrados fue que el personal de operación generalmente no cuenta con una capacitación previa ni experiencia en la actividad, solo actúan por intuición, lo que afecta la eficiencia del proceso (Rodríguez Pizarro, 2018).

El mantenimiento de las plantas son las acciones que deben realizarse en las instalaciones y equipos para prevenir o reparar daños que perjudiquen el buen funcionamiento del sistema (Arteaga M. C., 2018). Se desarrolló diversas estrategias de mejora continua en plantas potabilizadoras venezolanas, donde el problema encontrado fue el deterioro de las plantas potabilizadoras que incide negativamente en la calidad del agua producida y constituye un riesgo para la salud de los consumidores (Najul & Blanco, 2017)

Los diagnósticos que reportaron fueron diseños inapropiados, equipos deteriorados, bajas velocidades de lavado de filtros, dosificación empírica de sustancias químicas, ausencia de política de mantenimiento, deficiente preparación del personal, entre otros. Se explicaron estrategias de mejora continua, en el marco de las buenas prácticas, apoyado en la experiencia recopilada en cuatro plantas potabilizadoras, representativas de los arreglos existentes en Venezuela. La metodología utilizada, constituyo un instrumento de apoyo para el análisis sistematizado de las plantas potabilizadoras, que resulta requisito indispensable para la determinación de puntos críticos de control en las metodologías de Análisis de Peligros y Puntos Críticos del Agua (Najul & Blanco, 2017).

La evaluación de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano es una herramienta importante para conocer su operación, debido a que permite ajustar los parámetros operacionales de acuerdo al diseño de la PTAP y en función de la calidad del agua tratada. Dicho análisis debe realizarse con determinada frecuencia, con el propósito de controlar e implementar acciones orientadas a mantener y mejorar continuamente los procesos (Marín Ortiz, 2020).

La capacitación refuerza los conocimientos y suministra las herramientas teóricas y normativas que conlleven a los operadores de la PTAP a establecer los procedimientos operativos al interior de la PTAP con el ánimo de generar de manera eficaz, la información necesaria para la toma de decisiones y el reporte de la misma a los organismos de control y vigilancia, de acuerdo a las normas de competencia laboral y fortalecerlos en el diligenciamiento de los formatos establecidos por gestión de calidad (Charry Gonzalez , 2017).

Es necesario que en el momento de realizar las actividades de conservación y seguridad en la planta de tratamiento se tengan las instrucciones de mantenimiento de la unidad en la cual se está trabajando. Toda planta de tratamiento tiene la obligación de elaborar un manual de operación que sea práctico y de fácil funcionamiento para las personas que tienen acceso a este. Todo el personal que opere en la planta debe tener acceso a este manual para que conozca el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento (José, 2019).

El mantenimiento es un conjunto de actividades que tienen como objetivo la disminución o eliminación de las reparaciones, con tal de asegurar la disponibilidad y rendimiento de los equipos y/o sistemas al menor costo posible (Albornoz Aravena, 2018).

El último trabajo internacional llevo por título Propuesta de optimización de la planta de potabilización del acueducto veredal la Silenciosa realizado en el municipio de Quimbaya- Quindío. Donde se propuso la optimización de la planta de potabilización, basándose en un diagnóstico inicial por medio de visitas realizadas a la planta de agua potable y de cada una de las unidades que componen la planta, adicionalmente se recolectó información de parámetros físico químicos de muestras de agua otorgadas por la sede de coordinación de calidad y ambiental de PANACA (Ramírez Martínez , 2020).

A partir del diagnóstico se encontraron oportunidades de mejora en el proceso actual que se desarrolla en la planta de potabilización; de acuerdo a la información que recolectaron se elaboraron las alternativas, que permitieron diseñar las propuestas a seguir para dar solución a los objetivos planteados. Finalmente, se concluyó que es necesario acatar todas las medidas propuestas, con el fin de mejorar la operatividad en los procesos que se llevan a cabo dentro de la planta potabilizadora, las habilidades y entrenamiento del personal que interviene, y así garantizar la calidad de agua para consumo humano (Ramírez Martínez , 2020).

1.1.2 Nacionales

A nivel nacional se encontraron diversos trabajos como el desarrollado en la ciudad de México que llevo por título Manual de Operación y Mantenimiento de la Planta Potabilizadora de Agua. Dicho trabajo llevo por objetivo crear un conjunto sistemático de pautas criterios y procedimientos que revelan las tareas a desarrollar y la forma de como ellas han de ejecutarse, de tal manera que los distintos módulos realicen adecuadamente la función para lo cual fueron diseñadas. Logrando que los encargados de la operación dispongan de una guía ordenada que le permita conocer que deben hacer como deben hacerlo y cuando deben hacerlo, a fin de que operen adecuadamente con el mínimo deterioro (Lopez Martin, 2020).

Se generó que la responsabilidad de la operación de potabilización, almacenamiento y distribución del agua potable, debe de contar con una organización más efectiva con roles bien definidos a saber. El manual desarrollado debe ser considerado como una parte permanente del equipo, y cada nuevo operador deberá ponerse en conocimiento del mismo; de forma de proceder correctamente en su uso y mantenimiento, perseverando así su integridad y la del equipo. Como conclusión se obtuvo que la aplicación del manual en la planta potabilizadora de agua, mejoro la eficacia y eficiencia de la calidad, de igual manera los trabajadores contaron con mejores conocimientos de la operación de la planta, del mantenimiento y de tiempo de retro lavados de los equipos, teniendo como esto menores costos de mantenimiento (Lopez Martin, 2020).

El control y monitoreo de una potabilizadora de agua en la ciudad de México llevo objetivos que se plantearon conforme un diagnóstico, conforme los resultados se planteó realizar una propuesta para mejorar el sistema de potabilización de agua, se implementó un nuevo sistema de control con la idea de obtener resultados óptimos en la calidad del agua, al igual para cumplir con la Norma por ello se sugiere la implementación del monitoreo de cada una de las etapas del proceso de tratamiento de agua, llevando un mejor control en el proceso y poder visualizar los problemas que ocurran en la planta (Estrata Luna & Gutiérrez Vázquez, 2016).

Las plantas potabilizadoras en el río Sonora llevo por título una revisión de la recuperación del desastre. Se pretendió examinar qué elementos de la estrategia de instalación de plantas potabilizadoras propuestas en el Fideicomiso Río Sonora fueron implementados. La metodología que se implemento fue mediante trabajo de campo y recopilación documental se revisó la calidad de operación de las potabilizadoras y se contrastó su ubicación con los resultados del monitoreo de calidad del agua del fideicomiso (Díaz Caravantes, Moreno Vazquez, Duarte Tagles, & Pineda Pablo, 2021).

Los resultados que obtuvieron de los sitios más contaminados son que no cuentan con planta potabilizadora, algunas de las plantas instaladas no son las más adecuadas en términos técnicos y tienen deficiencias en la operación, muchas de las limitaciones fueron que, aunque se solicitó varias veces a las dependencias correspondientes información sobre las plantas, sólo enviaron algunas características técnicas. Se determinó una problemática que una vez instalado las potabilizadoras no garantizan que estén operando de manera correcta. Por tal razón, además de que se recopilaron la información sobre las plantas fijas, se realizó un recorrido de campo para ver las condiciones y funcionamiento (Díaz Caravantes, Moreno Vazquez, Duarte Tagles, & Pineda Pablo, 2021).

Un problema recurrente estaba asociado con los costos de operación y mantenimiento de la planta, algunas de las conclusiones que llego el autor es la operación de las plantas potabilizadoras. De las seis plantas fijas instaladas, sólo una tercera parte funcionaba y esto de forma intermitente. Las causas de esta limitada o nula actividad varían. Van desde una instalación incorrecta o incompleta hasta la falta de condiciones de operación (Díaz Caravantes, Moreno Vazquez, Duarte Tagles, & Pineda Pablo, 2021).

Se evaluó una planta de agua potable en la estación acuícola llevando a cabo la recopilación de toda la información preliminar pertinente y de las actividades por las cuales el agua necesita un tratamiento. Se realizó recomendaciones para mejorar, hacer eficiente y eficaz el proceso de potabilización de agua (Ver & Caceres Acosta, 2018).

Se obtuvieron resultados como un mal funcionamiento de la misma, esto se debió a diferentes factores como: falta de mantenimiento, es un sistema ambiguo, poco conocimiento del funcionamiento del sistema, entre otras cosas. Se implementó la concientización de las ventajas que tiene contar con el buen funcionamiento de la planta de agua potable y el compromiso por parte del personal para la operación eficiente y el mantenimiento de la misma que será para su propio beneficio (Ver & Caceres Acosta, 2018).

Un siguiente trabajo nacional fue el desarrollado en Ixtapa Chiapas que llevo por nombre Propuesta de un programa de mantenimiento aplicando TPM en el área de lavado en la empresa purificadora de agua Nibak. Que permitió minimizar los costos asociados a los tiempos muertos, improductivos y de ocio, optimizando los recursos para llevar a la productividad. Este proyecto busco lograr cero defectos, accidentes averías. La obtención de las cero pérdidas se logró a través de la promoción de trabajo en grupos multifuncionales comprometidos y entrenados para lograr la misión, visión, estrategias y objetivos personales y de la empresa (Rodrigo Gomez Ezequiel, 2016).

La planta potabilizadora es un sistema cuya eficiencia depende de cada una de las partes, por eso es importante que se respeten las frecuencias de mantenimiento de los filtros y repuestos y sean reemplazados en el momento preciso para no afectar a los procesos continuos y la calidad del agua tratada. Cada equipo de la planta se adquiere con un manual que explica la periodicidad de los mantenimientos y el modo de realizarlos, el operador deberá conocer las indicaciones expuestas en ellos, revisar continuamente los indicadores o parámetros de funcionamiento, y en caso se observe alguna irregularidad prestar las acciones correctivas necesarias (Caminati Briceño & Caqui Febre, 2018).

1.2 Descripción de la empresa NCH Chem-Aqua

Chem-Aqua México S.A. De C.V. es una empresa perteneciente al sector industrial, que ofrece programas personalizados de tratamiento de agua para sistemas de calderas, refrigeración y procesos. Atiende a diversos clientes en área Industrial, Comercial e Institucional. Ofreciendo la asesoría, seguimiento y capacitación para obtener los mejores resultados. Dicha empresa se encuentra ubicada en la Av. Mante 118 a Colinas de San Gerardo CP 89367, Tampico Tamaulipas. El representante técnico comercial zona noreste de la empresa es el C. Ing. Aarón Reyna Saldaña.

1.2.1 Antecedentes de NCH

El encargado del mantenimiento en el sector industrial día con día enfrenta nuevos desafíos y necesita tener los productos y servicios correctos para hacer frente a soluciones de alta calidad y gran resistencia que permitan minimizar los tiempos inactivos y extender así la vida útil de los equipos, instalaciones y maquinarias. Uno de los objetivos es ayudar a reducir los costos que esto implica.

La historia comienza en 1919

A comienzos del siglo XX existió la necesidad de crear productos de mantenimiento en Estados Unidos, como consecuencia de una creciente demanda social de mejora en las condiciones sanitarias y de seguridad. El Sr. Milton P. Levy, supo ver esta oportunidad incipiente y fundó NCH (Compañía Nacional de Química), entonces conocida como National Disinfectant Company (Compañía Nacional de Desinfectantes).

En un primer momento, la National Disinfectant Company ofrecía algunos pocos productos. La línea incluía desinfectantes de alquitrán, un insecticida y un jabón líquido para manos, el objetivo era mejorar la salubridad en hospitales, colegios e instituciones públicas.

Pionero en esta nueva industria, el fundador de la compañía comprendió el valor de brindar productos y servicios de calidad a sus clientes. Él y su personal desarrollaron relaciones con los clientes y aprendieron los principios de ventas que harían de su compañía un éxito global.

Comienzo de una nueva era.

Después de los primeros 30 años de la historia de éxito de NCH, una segunda generación de liderazgo, los hijos del fundador, Milton, Lester e Irving asumieron la responsabilidad de la operación.

Bajo su dirección, expandieron las ventas de NCH a través de todo Texas. Los hermanos suministran la visión de lo que iba a convertirse en NCH un líder en el mercado especializado en mantenimiento. NCH se convirtió en una Gran familia, atrayendo a personas igualmente decididas a tener éxito.

Las ganancias se reinvirtieron en equipos de producción, expandieron el personal administrativo y se incrementaron los esfuerzos de investigación y desarrollo. Con el tiempo, NCH comenzó a producir casi todos sus productos. Hacia 1955, la compañía ya era muy exitosa y siguió expandiéndose. Gracias a un gran servicio de ferrocarril y los transportes por carretera más fiables, se pudo llegar cómodamente a más clientes a lo largo de zonas geográficas cada vez más amplias.

1.2.1.2 NCH en el mundo

En el año de 1960 National Disinfectant Company cambió su nombre por el de National Chemsearch Corporation y se expandió al Caribe, Canadá y Latinoamérica, para el año 1978, la compañía cambio de nuevo su denominación, de National Chemsearch (NCH) Corporation. Hoy día podemos celebrar un siglo de vida abasteciendo a nuestros clientes en más de 50 países en Norteamérica, Latinoamérica, Europa, Australia y Asia.

1.2.1.3 Misión

Ofrecer productos y servicios enfocándose en sus programas tales como tratamiento de agua, lubricantes, drenajes y lavado de partes. Con propuestas innovadoras con valor añadido superior y crear relaciones sustentables a largo plazo con nuestros clientes, ofreciendo soluciones de mantenimiento rentables, ambientalmente amigables, correctivas y preventivas.

1.2.1.4 Visión

Cada año queremos ser la mejor empresa del mundo en el tratamiento del agua, el ahorro de energía y el mantenimiento de equipos, por medio de soluciones que generen ahorros para nuestros clientes y responsables con el medio ambiente. Creemos en "personas que hacen negocios con personas" NCH desarrolla una red de fuerza de ventas directas para fomentar las relaciones personales, mejorar continuamente la comprensión de los clientes e impulsar la penetración en el mercado.

1.2.1.5 Valores

-  Relaciones confiables, cercanas y personales.
-  Experiencia en entender sus operaciones.
-  Nuestra tecnología entregando beneficios demostrables

1.3 Problemas a resolver

La operación adecuada de las plantas de tratamiento es fundamental para garantizar la producción continua de agua potable. El operador de planta tiene la responsabilidad de desarrollar actividades de operación y asegurar la eficiencia de la Planta (Abondano Capella Martha , 2016). Diversos diagnósticos comúnmente reportan diseños inapropiados, equipos deteriorados, bajas velocidades de lavado de filtros, dosificación empírica de sustancias químicas, ausencia de política de mantenimiento, deficiente preparación del personal, entre otros (Najul & Blanco, 2017).

A consecuencia de la gestión y operación de la planta potabilizadora que anteriormente brindaba el servicio a la empresa Taghleef industries, genero altos costos en el consumo de agua, mermas en los procesos de fabricación de la película plástica, falta de capacitación y procedimientos, así como la rotación de personal, generaba altos costos de operación y mantenimiento, provocando con ello severos daños para el área de producción y costos de operación.

En el 2018 se incorpora Chem-Aqua a la empresa para brindarle el servicio, tiene el propósito de implementar el manejo adecuado de la potabilización del agua para que esta sea adecuada para el uso de producción, ahorrando miles de litros de agua y recursos económicos por concepto de pagos de agua; la operación actual de la planta potabilizadora, está basada en el conocimiento adquirido de los cursos y talleres que brinda NCH Chem-Aqua y/o experiencias que los ingenieros a cargo de los equipos.

Los procedimientos se han caracterizado por un fin común, que consiste en que una actividad específica sea definida y se repita la manera al hacerla. Es ahí donde nace el establecimiento de reglas que marcan la pauta y la uniformidad de las actividades para evitar los errores operativos, o errores por toma de decisión incorrecta (Gomez Melendez Laura Margarita, 2017). Un procedimiento proporciona herramientas para la evaluación rápida de plantas potabilizadoras, estandarizando los procesos de tal manera que los mismos organismos operadores o evaluadores externos puedan detectar los puntos de falla, su posible causa y tomar decisiones en cuanto a la manera de solucionarlas (CONAGUA, 2015).

La falta de un procedimiento escrito dentro de la potabilizadora ocasiona en los trabajadores de nuevo ingreso o en quienes no fueron capacitados de manera correcta, exista perdida o alteración de información, ya que esta es transmitida de trabajador a trabajador, y al no aplicar el seguimiento del procedimiento de manera adecuada en actividades promueve que no se lleve de forma eficiente la operación de la planta potabilizadora, además de incrementar tiempo y costos elevados de mantenimiento en los equipos.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Identificar los procesos para optimizar el funcionamiento y reducir los costos de mantenimiento de los equipos que operan dentro de la potabilizadora.

1.4.2 Específicos

-  Desarrollar una descripción escrita del procedimiento de su línea de producción.
-  Realizar análisis diarios de la calidad del agua que entra al proceso y que sale de la planta
-  Implementar los ajustes al agua en función del proceso de la línea de producción.
-  Mejorar los procesos eficientizando el consumo de agua reduciendo costos.

1.5 Justificación

La operación de las plantas potabilizadoras, requiere de procedimientos y bitácoras de control ya que se encuentran expuestas a daños generados como consecuencia de una mala operación por el desconocimiento del correcto mantenimiento y operación de los equipos por parte de los trabajadores de nuevo ingreso y por personal de mayor antigüedad que no cuentan con una capacitación adecuada.

Debido a lo anterior existen empresas que ofertan el servicio de tratamiento de Agua, como es el caso de la empresa Chem-Aqua, y empresas que requieren de asesoría como Taghieef industries, quienes están teniendo problemas operacionales del proceso al desconocer el funcionamiento adecuado de los equipos, por lo que es necesario realizar un procedimiento operativo de su línea de producción, con el fin de evitar daños y costos elevados de los equipos por desconocer el funcionamiento adecuado.

El cual se reflejan en los parámetros de entrada de la calidad del agua, afectando directamente a los procesos de producción y mantenimiento, por lo que el agua que entra al procedimiento debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad y debe ser ajustada, al igual el agua que sale del proceso de producción debe ser tratada antes de su liberación al ambiente. Toda empresa sin importar su giro o su actividad debe de contar con un procedimiento operativo y una descripción de sus equipos, lo que permite que los empleados los utilicen de manera eficiente, de tal forma que sea posible lograr mejores resultados, disminuyendo los mantenimientos de los equipos, el volumen de agua utilizada y los costos.

Con base a los anterior en la planta potabilizadora es de suma importancia que los empleados del área conozcan cómo funciona el proceso y como poder llevar el mantenimiento adecuado a cada uno de los equipos, y conocer que acciones realizar ante una emergencia.

El presente proyecto se justifica debido a que no se cuenta con un procedimiento escrito de las líneas de producción para su operación y correcto funcionamiento de los equipos para la fabricación de película plástica para producir empaques de alimentos, lo anterior con motivo que la empresa ha cambiado de proveedor de tratamiento del agua, perdiendo procedimientos por los cuales la capacitación solo se ha realizado de manera practica en campo.

La aplicación de este proyecto beneficiará de gran manera a la empresa Chem-Aqua S.A de C.V. debido a que reducirá tiempo de capacitación a personal de nuevo ingreso, habrá un proceso más eficiente y se reducirá elevados costos de mantenimientos de equipos por mal funcionamiento, además que se busca una mejora continua del proceso, brindando una mejor calidad del agua que es requerida.

El proceso identificado tendrá un procedimiento escrito que facilitará los procedimientos operativos y de control dentro de la potabilizadora, para obtener mejores resultados, eficientizando el proceso de los equipos y alargando su vida útil, gracias a la implementación de una fundamentación operativa.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.2. Marco contextual

2.2.1 El agua: El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella el hombre no podría existir. Toda población o comunidad ha buscado asentamiento cerca de una fuente de agua. El agua circula naturalmente a través de los océanos, atmosfera, lagos y ríos, glaciares y aguas subterráneas. El aire y el agua son elementos físicos son elementos más móviles que tiene el sistema tierra, y su movilidad permite operar el ciclo del agua. La circulación constante del agua desde los océanos a la atmosfera (evaporación y escorrentía) pueden ser llamada el ciclo planetario del agua y existen muchos subciclos regionales y locales.

2.2.2 Planta potabilizadora: Es un complejo que se encarga de someter el agua superficial o subterránea de un río, o de cualquier otro embalse, a varios procesos con la finalidad de garantizar que sea apta para su consumo y uso en las actividades diarias de la población.

2.2.3 Calidad del agua: La calidad de un ambiente acuático se puede definir como: 1) una lista de concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánica e inorgánicas, y 2) la composición y el estado de la biota acuática presente en cuerpo de agua. La calidad presenta variaciones especiales y temporales debido a factores externos e internos al cuerpo de agua.

2.2.4 Agua cruda: es aquella que no ha recibido ningún tratamiento y que no ha sido aún introducida en la red distribución. Se encuentra en fuentes y reservas naturales tanto de aguas superficiales (ríos, lagos, embalses, canales) como aguas subterráneas (pozos, manantiales, surgencias).

2.2.5 Pretratamiento: El primer paso consiste en eliminar sólidos de gran tamaño, se suele colocar una reja para evitar que se filtren ramas, después, con la ayuda de un desarenador se separa la arena del agua para evitar que pueda dañar las bombas de la planta potabilizadora. En esta etapa también es habitual un pre desinfección para destruir algunas sustancias orgánicas.

2.2.6 Coagulación-Filtración: Es una técnica química de tratamiento del agua que se aplica, típicamente, antes de un proceso físico de separación que suele hacerse por sedimentación o filtración, con el fin de mejorar su capacidad de eliminación de partículas. La coagulación neutraliza cargas y forma una masa gelatinosa que atrapa (o une) partículas, aumentando su tamaño de modo que puede quedar atrapada en el filtro o sedimentar. La floculación mueve suavemente o agita tales partículas, haciendo que se unan formando masas mayores que sedimentan con más facilidad o pueden ser filtradas.

2.2.7 Filtros: Es un proceso de separación sólido-líquido que se utiliza en los sistemas de tratamiento de agua para disminuir la concentración de sólidos suspendidos (partículas) que se encuentran en ella. Existen varios tipos de filtros y cada uno de ellos tiene su aplicación dependiendo del tamaño y concentración de partículas que, a retener, tras el proceso de decantación, se hace pasar el agua por un medio poroso para eliminar los sedimentos menos densos. Estos filtros terminan de colar impurezas. Existen diferentes tipos de filtros, como de arena o carbón activado, y éstos pueden ser abiertos y por gravedad o cerrados y a presión.

2.2.8 Desinfección del agua: se añade cloro para eliminar cualquier tipo de bacteria o virus. Si se quieren eliminar agentes patógenos de aguas subterráneas o manantiales naturales, se puede conseguir también a través de la irradiación de rayos ultravioletas o con la aplicación de ozono.

2.2.9 ósmosis inversa: Es una tecnología que se utiliza para la purificación de agua que utiliza una membrana semipermeable para remover minerales y eliminar iones del agua, con el objetivo de eliminar las partículas más grandes del agua potable. La ósmosis inversa funciona aplicando presión al agua para empujarla a través de una membrana de ósmosis semipermeable para filtrarla. Esta membrana semipermeable permite que ciertas moléculas o iones pasen a través de ella por difusión.

2.2.10 Suavizador de agua: Los suavizadores son equipos utilizados para remover las sales de calcio y magnesio presentes en el agua, dichas sales son las causantes de problemas como incrustaciones en tuberías, exceso de gasto de detergentes, además de manchas en lavados y otros artículos de uso común en el hogar. El agua dura requiere una excesiva cantidad de jabón para producir espuma.

2.2.11 análisis: Una vez finalizado el proceso en la Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP), es imprescindible realizar diversos análisis del agua para asegurarse de que el proceso de potabilización ha sido exitoso. El agua potable debe ser incolora, inodora e insípida y cumplir con la reglamentación vigente de cada país.

2.2.12 Cloración: La adición de cloro en el punto inicial tiene dos funciones: desinfección y oxidación. Con estas dos propiedades contribuimos a eliminar hierro, manganeso, sulfuros, amoníaco y otras sustancias reductoras. También reducimos sabores existentes antes de la cloración y la función que más nos interesa que es la reducción del crecimiento de algas y otros microorganismos presentes en el agua. Esto se consigue añadiendo cloro hasta conseguir cloro residual libre en el agua normalmente se busca 0.5 ppm de cloro libre. El cloro se puede adicionar en forma de cloro líquido, solución de hipoclorito de sodio o tabletas de hipoclorito de calcio

2.2.13 Cloro total: Este término se refiere al cloro presente en agua, cuando ha sido adicionado durante el proceso de cloración, es 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.

2.2.14 Cloro residual: Es fundamental mantener en las redes de distribución pequeñas concentraciones de cloro libre residual, desde las potabilizadoras hasta las acometidas de los consumidores, para asegurar que el agua ha sido convenientemente desinfectada. No obstante, es importante señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica.

2.2.15 Dureza: La dureza del agua está formada por las sales de calcio y de magnesio. La dureza procedente de las sales de calcio se llama dureza cálcica y la dureza procedente de las sales de magnesio se llama dureza magnésica. Los principales componentes de la dureza son los bicarbonatos, sulfatos y cloruros, ya que los carbonatos y los hidróxidos son muy insolubles y están en pocas cantidades en el agua.

2.2.16 Sólidos: De forma genérica se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión. En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles. La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química.

2.2.17 Turbidez: Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos.

2.2.18 Cloruros: El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl⁻ /L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio. Por otra parte, éste puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1g Cl⁻ /L cuando los cationes que predominan son calcio y magnesio.

2.2.19 Conductividad: Es una medida de las cargas iónicas que circulan dentro del agua. Esta medida nos ofrece una información general de la concentración de sales y iones (sales disociadas) presentes en el agua.

2.2.20 pH: Es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua, indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7.0 se consideran ácidos.

2.2.21 Alcalinidad: Es la capacidad de neutralizar ácidos, y es la suma de todas las bases titulables; el valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final empleado. La alcalinidad es una medida de una propiedad agregada del agua y se puede interpretar en términos de sustancias específicas solo cuando se conoce la composición química de la muestra. Debido a que la alcalinidad de muchas aguas superficiales es primariamente una función del contenido de carbonato, bicarbonato e hidróxido, se toma como un indicador.

2.2.22 Diagnóstico: Es el proceso de reconocimiento, análisis y evaluación de una cosa o situación para determinar sus tendencias, solucionar un problema o remediar un mal. El diagnóstico ayuda a determinar, mediante el análisis de datos e informaciones, qué es lo que está pasando y cómo podríamos arreglar, mejorar o corregir una situación.

2.2.22.1 Diagnóstico situacional: El diagnóstico situacional es aquel por medio del cual se realiza la identificación, descripción, análisis y evaluación de la situación de una empresa u organización en un momento determinado. Como tal, considera los resultados obtenidos por la organización y los contrasta con los que esta se planteó inicialmente como misión. El objeto del diagnóstico situacional es detectar los aspectos que pueden o deben ser mejorados o fortalecidos, para adaptar la estrategia de la empresa y ajustar su funcionamiento.

2.2.22.2 Operatividad: Se definen a todas aquellas actividades que se desarrollan en las diferentes áreas de la empresa, comprenden el empleo de recursos para diseñar, producir, distribuir y vender bienes o servicios.

2.2.23 Mantenimiento: El mantenimiento es el proceso que se lleva a cabo para que un elemento, o unidad de producción, pueda continuar funcionando a un rendimiento óptimo. Consiste en la realización de una serie de actividades, como reparaciones y actualizaciones, que permiten que el paso del tiempo no afecte al rendimiento de un bien de capital, propiedad de la empresa.

2.2.24 Salinidad: La salinidad del agua viene dada por la cantidad de sales minerales disueltas en ella. La salinidad mide los sólidos totales disueltos en el agua (TDS, en inglés), compuestos de sales y minerales. El agua potable tiene menos de 1,000 miligramos por litro (mg/litro) de sólidos totales disueltos.

2.2.25 Parámetros: La determinación de los parámetros de calidad del agua debe realizarse en base a criterios físicos, químicos y biológicos, que consideran la dinámica de los procesos y elementos que los afectan, así como la capacidad del recurso o del ecosistema para soportar presiones y de su poder de autodepuración. Estos parámetros de calidad se fijan de manera diferenciada, de conformidad con los diversos usos a los que se va a destinar el recurso.

2.2.26 Calidad del agua: Establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. El determinar la calidad del agua disponible es un requisito indispensable ante la función de suministrar el agua para consumo humano y abrevado de animales, el riego, la industria, fines recreativos o para la vida acuática.

2.2.27 Monitoreo: Es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones, a veces se hace referencia al monitoreo como proceso, desempeño o evaluación formativa.

2.3. Marco referencial

2.3.1 Macro localización

El proyecto se desarrolló en la zona sur del estado de Tamaulipas de la República Mexicana, es una de las 31 entidades del estado mexicano.



Figura 1 Localización de Tamaulipas (Google Earth , 2021).

Se encuentra localizado en el municipio de Altamira Tamaulipas.

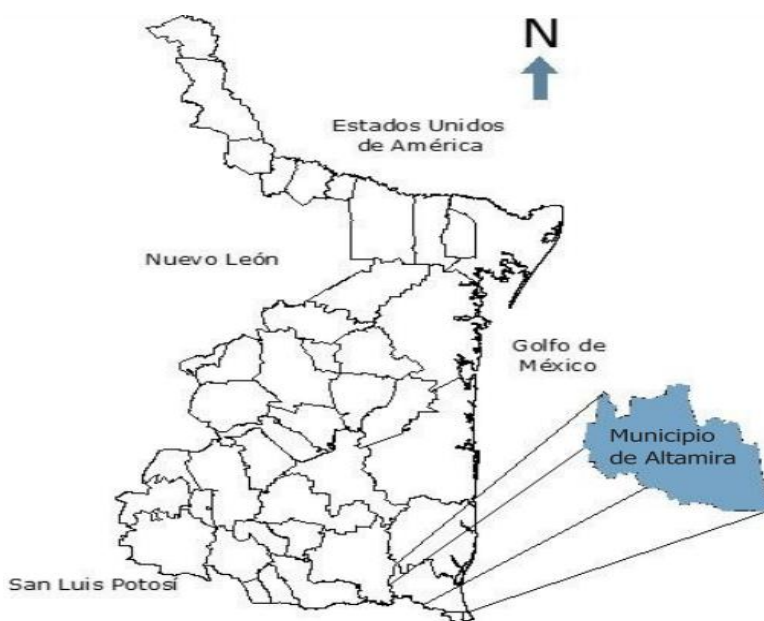


Figura 2 Localización del municipio de Altamira (Estrella Hernández, 2021).

El municipio se localiza en la parte Sureste del Estado de Tamaulipas, y cuenta con una extensión territorial de 1,666.53 Km² que representa el 2.1% del total del estado y el 90.43% de la superficie de la Zona Metropolitana de Altamira, Ciudad Madero y Tampico. En el Decreto No. 415, expedido por el H. Congreso del estado, con fecha abril 27 de 1983, por medio del cual se fijan los límites del centro de población de la Ciudad de Altamira, Tamaulipas, sólo se comprende la superficie del casco urbano de 329.30 Km². Altamira se extiende desde los 22° 19' 23" hasta los 22° 48' 14" de latitud norte, y desde los 97° 49' 22" hasta los 98° 20' 36" de longitud oeste, a una altura promedio de 26 metros sobre el nivel del mar (Secretaría De Desarrollo Urbano Y Medio Ambiente, 2021).

El municipio colinda al norte con los municipios de Aldama y González, al este con el de Aldama y el Golfo de México, al sur con los municipios de Tampico y Ciudad Madero y al oeste con el municipio de González, así como el estado de Veracruz. Está constituido por 368 localidades, 196 colonias, 117 fraccionamientos, 40 ejidos, 14 congregaciones y 1 villa, en donde se concentra el 82.5% de la población total. Los recursos hidrográficos con que cuenta están constituidos por el río Barberena, ubicado en la parte norte del Municipio, que sirve como límite entre Aldama y Altamira; nace en la sierra de Tamaulipas en el Municipio de Aldama; el río Tamesí que marca los límites con el Estado de Veracruz (H. Ayuntamiento de Altamira., 2021).

Es predominante cálido húmedo, con régimen de lluvia de junio a septiembre, con la dirección de sus vientos de sureste a noreste. La temperatura media anual es de 16°C y la precipitación pluvial media de 1,000 milímetros anuales. Los tipos de vegetación natural presentes en el municipio son; Selva Caducifolia aquellas formaciones vegetales de origen tropical y árido se caracterizan porque más del 75% de las especies que las integran pierden sus hojas en la época seca del año y la vegetación Hidrófila en este ecosistema está constituido básicamente por comunidades vegetales que habitan en terrenos pantanosos e inundables de aguas salobres o dulces poco profundas.

Existen otros tipos de vegetación las cuales son comunidades vegetales que, por su origen, así como por sus características ecológicas, espaciales, fisonómicas son diferentes a las comunidades típicas (bosques, selvas, matorrales, pastizales). (Secretaría De Desarrollo Urbano Y Medio Ambiente, 2021). En la zona se ubican diversos tipos de uso en función de sus características, en Altamira, el suelo urbano se concentra en la zona sur, en conurbación con Ciudad Madero y Tampico.

El municipio de Altamira, como ya se ha señalado, cuenta con una gran extensión de suelo, el 89.34% que se refiere a suelos con características naturales y vocación no urbana, como los son: el suelo para la producción agropecuaria y suelo natural, los cuerpos de agua y sistemas de lagunas, las zonas de mangle, tule, frentes de mar y ríos (Secretaría De Desarrollo Urbano Y Medio Ambiente, 2021).

2.3.2 Micro localización

El proyecto se desarrolló dentro de Taghleef Industries, donde se encuentra ubicada la planta tratadora de aguas residuales.



Figura 3 Localización de Taghleef Industries (Google Maps, 2021).

Taghleef Industries se ubica en el estado de Tamaulipas en el municipio de Altamira. Localizado en el puerto Industrial, Blvd. de los Ríos 9040, código postal 89608. Taghleef Industries (Ti), uno de los fabricantes más grandes del mundo de películas biorientadas de polipropileno (PP), ácido poliláctico (PLA) y polipropileno fundido (CPP) para la fabricación de empaques de alimentos, etiquetas, aplicaciones industriales y artes gráficas (Taghleef Latin America, 2021).

La compañía nace con el nombre de BIOFILM S.A. en 1988 y en 2018 paso a ser parte del grupo Taghleef Industries (Ti), uno de los fabricantes más grandes del mundo de películas biorientadas de PP, PLA y CPP para la fabricación de empaques de alimentos, etiquetas, aplicaciones industriales y artes gráficas. Con esta fusión BIOFILM S.A. cambió su razón social a Taghleef Latín América S.A. (en adelante TiLA). Desde sus inicios, el Grupo Ti ha crecido adquiriendo entidades de fabricación estratégicas en todo el mundo e invirtiendo en nuevas capacidades para su estrategia de crecimiento orgánico.

Hoy, Ti tiene once plantas de fabricación en seis continentes: 2 plantas en Asia / Medio Oriente (Dubái, Omán), 3 en Europa (Italia, Hungría y España) y una en Australia (Wodonga), África (Egipto), EE. UU. (Indiana), Canadá (Québec) y 2 en América Latina (Colombia y México). Las películas de TiLA están agrupadas en seis categorías principales: Alta barrera transparente, Coextruidas, Metalizadas, Opacas, Etiquetas y Planas. La innovación de TiLA se basa en plataformas tecnológicas que incluyen barrera transparente, tecnología de selle superior, ultra alta barrera, películas metalizadas, entre otros.

Esta última familia, las películas metalizadas, reflejan el compromiso de TiLA con la innovación y desarrollo de nuevos productos de valor agregado. Con 10 metalizadoras con tecnología de punta y una capacidad total de 30.000 Ton/año, TiLA es hoy el mayor productor de películas metalizadas en Latinoamérica (Taghleef Latin America, 2021).

2.4 Marco legal

Como siguiente punto se muestra el marco legal, donde se fundamenta la toma de muestra y las normas que aplican a una planta potabilizadora para uso industrial. A continuación, se da a conocer con mayor detalle cada una de ellas:

2.4.1 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.

Objetivo: 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.

Según la NOM-127-SSA1-1994 el contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.1 bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes deben establecer los agentes biológicos nocivos a la salud a investigar.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	2 NMP/100 ml 2 UFC/100 ml
Organismos coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml Cero UFC/100 ml

Tabla 1 Límites permisibles de características bacteriológicas (NOM-127-SSA1-1994 , 2020).

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas NOM-127-SSA1-1994 , (2020).

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3, los límites se expresan en mg/l.

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
Hierro	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: Aldrin y dieldrin (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
Meloxicloro	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

Tabla 3 Límites permisibles de características químicas (NOM-127-SSA1-1994 , 2020).

Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos, la potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe fundamentarse en estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad. Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes biológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua excedan LMP.

2.4.1.1 Contaminación biológica

Bacterias, helmintos, protozoarios y virus: Desinfección con cloro, compuestos de cloro, ozono o luz ultravioleta.

2.4.1.2 Características físicas y organolépticas

Color, olor, sabor y turbiedad: Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, adsorción en carbón activado u oxidación.

2.4.1.3 Constituyentes químicos

-  Arsénico: Coagulación-floculación-precipitación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos, intercambio iónico u ósmosis inversa.
-  Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo: Intercambio iónico u ósmosis inversa.
-  Cloruros: Intercambio iónico, ósmosis inversa o destilación.
-  Dureza: Ablandamiento químico o intercambio iónico.
-  Fenoles o compuestos fenólicos: Adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.
-  Fierro y/o manganeso: Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.
-  Fluoruros: Ósmosis inversa o coagulación química.
-  Materia orgánica: Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.

- ✚ Nitratos y nitritos: Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración; cualquiera o la combinación de ellos.
- ✚ Nitrógeno amoniacal: Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.
- ✚ pH (potencial de hidrógeno): Neutralización.
- ✚ Sólidos disueltos totales: Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.

En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas, se deben coordinar con la autoridad sanitaria competente, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas involucrados en la contingencia, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población (NOM-127-SSA1-1994 , 2020).

2.4.2 NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.

Objetivo: Esta Norma establece las disposiciones sanitarias que deben observar los organismos responsables, a fin de mantener la calidad del agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento de agua. Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano.

Según la NOM-179-SSA1-2020, cuando el agua proviene de fuentes de abastecimiento superficiales o de fuentes de abastecimiento mixtas (superficial y subterránea), deberán determinarse los parámetros comprendidos en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1, por lo menos de manera trimestral a lo largo de un año. Contar con el diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua, el cual represente de manera gráfica sus elementos.

La norma indica establecer y documentar un procedimiento de operación, el cual describa de manera detallada como se realiza cada una de las operaciones aplicadas para la potabilización, con el fin de garantizar el cumplimiento de esta Norma. Establecer y documentar un programa de control analítico de la calidad del agua, el cual señale los sitios de muestreo, los parámetros de control, la frecuencia de su monitoreo y análisis. Los parámetros de control serán aquellos que una vez analizados en la caracterización, se encuentren dentro del 10% por debajo, igual o por arriba del límite permisible establecido en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Para parámetros de control que se encuentren dentro del 10% por abajo o igual al límite permisible, la frecuencia de monitoreo a la entrada del sistema de abastecimiento de agua debe ser mensual para fuentes de abastecimiento superficiales y semestral para fuentes de abastecimiento subterráneas. Los parámetros de control que rebasen el valor límite permisible, deben realizarse el tratamiento correspondiente para su remoción y la frecuencia de monitoreo debe ser mensual en todos los casos. En caso de alguna emergencia la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y/o las áreas estatales de protección contra riesgos sanitarios definirán las acciones a seguir NOM-179-SSA1-2020, (2020).

2.4.3 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-230-SSA1-2002, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO, REQUISITOS SANITARIOS QUE SE DEBEN CUMPLIR EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS Y PRIVADOS DURANTE EL MANEJO DEL AGUA. PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO.

Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como los procedimientos sanitarios para su muestreo.

Esta Norma Oficial Mexicana es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y es aplicable a todos los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento público y privado o cualquier persona física o moral que realice el manejo del agua para uso y consumo humano.

Esta norma indica para efectos de verificación oficial la determinación de cloro residual libre debe efectuarse con un comparador con características mínimas de medición a través de escala colorimétrica, entre los valores obligatorios de 0.2 a 1.5 mg/L, con marcas de comparación en los valores de 0.2, 0.5, 1.5 y 2.0 mg/L, utilizando reactivo DPD (dialquil-1,4-fenilendiamina o N,N-dietil -p-fenilendiamina).

Se establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento y cisternas para el transporte y distribución, público y privado, incluyendo características microbiológicas, físicas, químicas y radiactivas, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras.

2.4.3.1 Envases para toma de muestra.

Para análisis microbiológico: frascos de vidrio con tapón esmerilado, frascos estériles desechables o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 o 250 mL.

Para análisis de metales: Envase y tapa de plástico, adicionados de 1 mL de ácido nítrico concentrado por cada 100 mL de muestra.

Para análisis de plaguicidas: Envase de vidrio color ámbar o transparente cubierto de papel aluminio.

El material del envase, así como el volumen de muestra requerido y el método de preservación para la determinación de los diferentes parámetros, deben ser los señalados en la Tabla 4.

- ✚ Termómetro que permita mediciones en un intervalo de -1 a 50°C con graduación de 1°C.
- ✚ Potenciómetro portátil o comparador visual para determinación de pH.
- ✚ Colorímetro portátil o comparador visual para determinación de cloro residual.
- ✚ Hielera con tapa.
- ✚ Bolsas refrigerantes o bolsas con hielo cerradas.
- ✚ Agua destilada o desionizada.
- ✚ Solución de hipoclorito de sodio con una concentración de 100 mg/L. Gasas o torundas de algodón, estériles.

2.4.3.2 Preparación de envases para toma de muestras.

Los recipientes para la toma de muestras, deberán ser proporcionados con hoja de cadena de custodia por el laboratorio responsable del análisis, para análisis microbiológico o físico y químico, ya que deberá ser lavado y con la preparación adecuada para el análisis general o particular de los parámetros seleccionados.

2.4.3.3 Para análisis microbiológico.

Esterilización de frascos para muestras de agua sin cloro residual libre. Deben esterilizarse frascos de muestreo en estufa a 170°C, por un tiempo mínimo de 60 min. o en autoclave a 120°C durante 15 min antes de la esterilización debe cubrirse el tapón del frasco con papel resistente a ésta, en forma de capuchón. Esterilización de frascos para muestras de agua con cloro residual libre. Previo a la esterilización agregar 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 3% por cada 120 mL de capacidad de los mismos.

La colecta de muestras con alto contenido de metales, incluyendo cobre o zinc (mayor a 1.0 mg/L) los frascos para el muestreo deben contener 0.3 mL de solución de sal disódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) al 15 por ciento.

2.4.3.4 Para análisis físicos, químicos y radiactivos

De acuerdo a los parámetros a determinar, considerar lo especificado en la tabla 2.4.

2.4.3.5 Procedimiento para toma de muestra

Para análisis microbiológico, utilizar frascos de vidrio, frascos estériles o bolsas estériles con cierre hermético y capacidad de 125 o 250 mL.

2.4.3.5.1 En bomba de mano o grifo o válvula.

El agua de los grifos o válvulas debe provenir directamente del sistema de distribución. No debe efectuarse toma de muestra en grifos o válvulas que presenten fugas entre el tambor y el cuello, ya que el agua puede correr por la parte exterior del grifo o válvulas y contaminar la muestra. Deben removerse los accesorios o aditamentos externos como mangueras, boquillas y filtros de plástico o hule antes de tomar la muestra. Si la limpieza del grifo o válvulas seleccionado es dudosa elegir otro grifo o válvula. Si se requiere tomar la muestra en el grifo o válvulas de dudosa limpieza por propósitos especiales del muestreo, debe limpiarse el orificio de salida con una gasa estéril o torunda de algodón impregnada de solución de hipoclorito de sodio.

Adicionalmente cuando el material y las condiciones del punto de salida lo permitan se podrá calentar a flama directa y posteriormente limpiarse con alcohol. Debe dejarse correr el agua aproximadamente 3 min hasta asegurarse que el agua que contenían las tuberías ha sido renovada o que la temperatura del agua sea estabilizada antes de tomar la muestra. Reducir el volumen de flujo para permitir el llenado del frasco sin salpicaduras.

2.4.3.6 Colocarse los guantes y cubrebocas

Cerca del orificio de salida, en el caso de frascos de vidrio con tapón esmerilado y protegidos con papel, deben quitarse simultáneamente el tapón del frasco y el papel de protección, manejándolos como unidad, evitando que se contaminen el tapón, el papel de protección, o el cuello del frasco.

Para lo anterior es necesario sostener el tapón o tapa con el esmeril o rosca hacia abajo; en el caso de frascos estériles desechables desprender y eliminar el sello de seguridad y mantener la tapa con la rosca hacia abajo; para el caso de uso de bolsas estériles desprender y eliminar el sello de seguridad de la bolsa. Proceder a tomar la muestra sin pérdida de tiempo y sin enjuagar el frasco; se debe dejar el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del frasco). Efectuada la toma de muestra, deben colocarse el tapón con el papel de protección o la tapa al frasco; en el caso de las bolsas proceder al cerrado hermético.

2.4.3.7 En captación de un cuerpo de agua superficial o tanque de almacenamiento.

Deben lavarse manos y antebrazos con agua y jabón, y colocarse guantes y cubrebocas. En el caso de frascos de vidrio con tapón esmerilado quitar únicamente el papel de protección evitando que se contamine, y en el caso de frascos y bolsas estériles desechables, desprender el sello de seguridad.

Sumergir el frasco en el agua con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, destapar y a continuación girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado (en todos los casos debe evitarse tomar la muestra de la capa superficial o del fondo, donde puede haber nata o sedimento y en el caso de captación en cuerpos de agua superficiales, no deben tomarse muestras muy próximas a la orilla o muy distantes del punto de extracción); si existe corriente en el cuerpo de agua, la toma de muestra debe efectuarse con la boca del frasco a contracorriente.

Efectuada la toma de muestra debe colocarse el tapón o tapa, sacar el frasco del agua y colocar el papel de protección en su caso. Para el caso en el que se utilice bolsa, sumergirla a la profundidad arriba indicada. Tomar la muestra y cerrar la bolsa bajo el agua, posteriormente sellar ésta fuera del agua.

2.4.3.8 Manejo de muestras

Las muestras tomadas deben colocarse en hielera con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo cerradas para su transporte al laboratorio, a una temperatura entre 4 y 10°C, cuidando de no congelar las muestras.

El hielo utilizado debe cumplir con las especificaciones establecidas en la NOM-201-SSA1-2002, señalada en el Apartado de referencias. El periodo máximo que debe transcurrir entre la toma de muestra y el inicio del análisis es:

- ✚ Para análisis microbiológico en óptimas condiciones de preservación y transporte hasta 6 horas.
- ✚ Para análisis físicos, químicos y radiactivos el periodo depende de la preservación empleada para cada parámetro como se indica en la tabla 2.4.

2.4.3.9 Identificación y control de muestras.

Para la identificación de las muestras deben etiquetarse los frascos y envases con la siguiente información:

- ✚ Número de control para identificar la muestra, independientemente del número de registro del laboratorio.
- ✚ Fecha y hora de muestreo.

Para el control de la muestra debe llevarse un registro en formato establecido previamente con los datos anotados en la etiqueta del frasco o envase, así como la siguiente información:

- ✚ Identificación del punto o sitio de muestreo
- ✚ Temperatura del agua.
- ✚ pH.
- ✚ Cloro residual libre.
- ✚ Tipo de análisis a efectuar.
- ✚ En su caso, reactivo empleado para la preservación.

2.4.3.10 Selección de puntos de muestreo

La selección de puntos de muestreo debe considerarse para cada sistema de abastecimiento en particular. Sin embargo, existen criterios que deben tomarse en cuenta para ello. Estos criterios son: Los puntos de muestreo deben ser representativos de las diferentes fuentes de agua que abastecen el sistema. Debe haber una distribución uniforme de los puntos de muestreo a lo largo del sistema y, en su caso, considerar los lugares más susceptibles de contaminación:

- ✚ Puntos muertos.
- ✚ Zonas de baja presión.
- ✚ Zonas con antecedentes de problemas de contaminación.
- ✚ Zonas con fugas frecuentes.
- ✚ Zonas densamente pobladas y con alcantarillado insuficiente.
- ✚ Tanques de almacenamiento abiertos y carentes de protección,
- ✚ Zonas periféricas del sistema más alejadas de las instalaciones de tratamiento.

Los puntos se localizarán dependiendo del tipo de sistemas de distribución y en proporción al número de ramales.

DETERMINACION	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MINIMO (mL)	PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO DE ALMACENAMIENTO
Cianuros	p, v	1000	Adicionar NaOH a pH>12; refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas
Cloro residual	p, v	50	Analizar inmediatamente	
Cloruros	p, v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Color	p, v	500	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Dureza total	p, v	100	Adicionar HNO ₃ o H ₂ SO ₄ a pH<2 (*)	14 días
Fenoles	p, v PTFE	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	Analizar tan pronto sea posible
Fluoruros	P	500	Refrigerar de 4 a 10°C	28 días
Hidrocarburos aromáticos (BTEX)	S	25	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días

Tabla 4 Preservación de muestras NOM-230-SSA1-2002, (2005).

En la siguiente tabla se muestra la continuación de la tabla 4, indicando la perseveración de las muestras:

Metales en general	p, v (A)	1000	Adicionar 1 mL de ácido nítrico concentrado por cada 100 mL de muestra.	180 días Sólo para la determinación de mercurio almacenar por un máximo de 4 semanas
Nitratos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Nitritos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	
Nitrógeno amoniacal	p, v	500	Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2 y refrigerar de 4 a 10°C	7 días
Olor	V	500	Analizar tan pronto como sea posible. Refrigerar	6 hrs.
pH	p, v	50	Analizar inmediatamente	
Plaguicidas	s	1000	Refrigerar de 4 a 10°C.	7 días Extraídos los plaguicidas con solventes el tiempo de almacenamiento máximo será de 40 días
Radiactividad alfa global	p,v	1000	Adicionar HCl o HNO ₃ a pH <2.	180 días
Radiactividad beta global	p,v	1000	Adicionar HCl o HNO ₃ a pH <2.	180 días
Sólidos	p, v	200	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Sodio	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	18 días
Sulfatos	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	28 días
Sustancias Activas al Azul de Metileno	p, v	250	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	48 horas
Temperatura	p, v		Determinar inmediatamente	
Trihalometanos	S	25	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	7 días
Turbiedad	p, v	100	Refrigerar de 4 a 10°C y en la oscuridad	24 horas
Yodo	v (ámbar)	50	Analizar inmediatamente	

Tabla 5 Preservación de muestras NOM-230-SSA1-2002, (2005).

La preservación de la muestra en la determinación de dureza total, es exclusivamente para aguas contaminadas y residuales; ya que en aguas naturales no es necesario adicionar ácido como preservativo. Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional o mexicana.

2.4.4 Límites máximos permisibles

Dentro de la planta potabilizadora los análisis realizados de manera diaria deben de mantenerse dentro de los límites máximos permisibles que son de acuerdo a las características requeridas por el área de producción, dichos límites se presentan a continuación:

Límites del agua suavizada	
pH	7 a 8.4
Conductividad	Max. 100
Alcalinidad	No aplica
Dureza Total	Máximo 5
Solidos suspendidos	Máximo 5
Turbidez	Máximo 5
Cloruros	Máximo 20

Tabla 6 límites máximos permisibles (Taghleef Latin America, 2021).

La tabla 6 nos indica los límites máximos permisibles del agua suavizada, mostrando que el agua suavizada no debe de pasarse de estos límites, con ello el agua será adecuado para su uso en producción.

En la siguiente tabla 7 se muestra los límites máximos permisibles del agua cruda, filtrada, carbón, osmosis inversa 1 y 2, por lo cual se debe de mantener dentro para evitar que en los equipos de suavizadores salga con parámetros elevados.

LMP de la planta potabilizadora	
pH	7-8.3
Conductividad	<1500
Alcalinidad	<150
Dureza Total	<350
Solidos suspendidos	<20
Turbidez	<20
Cloro total	1-2
Cloro residual	0.5 a 1.5

Tabla 7 límites máximos permisibles de la planta potabilizadora (Taghleef Latin America, 2021).

La tabla 7 muestra los límites máximos permisibles de la planta potabilizadora, lo cual se debe de mantener dentro de esos rangos.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La presente investigación se enfocó en realizar un diagnóstico de la operatividad de la purificación del agua que entra al proceso para la fabricación de película plástica para empaques de alimento, para determinar cómo opera y con base a las fallas detectadas proponer los ajustes, para lo cual se siguió la presente metodología:

Para el desarrollo de este proyecto el sitio de estudio está conformado por la empresa Taghleef Industries que se encuentra ubicada en el puerto industrial del municipio de Altamira, Tamaulipas, se realizó el diagnóstico sobre los procesos operativos de la planta potabilizadora que opera dentro de sus instalaciones y que es operada por personal de Chem-Aqua. El diagnóstico se realizó mediante el análisis de muestreo diario de 6 muestras de agua recolectadas a las 8 de la mañana para determinar la calidad del agua que entra en el proceso en un lapso de 4 meses dentro de la potabilizadora, por lo cual los resultados que nos arrojaron definen la calidad de agua de entrada y salida de la planta potabilizadora, realizando la propuesta de ajustes al proceso.

Se hizo una descripción del proceso con base al problema planteado, empezando con los equipos que conforman la planta potabilizadora, el tipo de mantenimiento y la correcta operación que estos deben de llevar por parte de los trabajadores. Esta investigación de igual forma, utilizó muestras de agua que entra y sale del proceso para plantear lo más relevante del tema, obteniendo datos reales y viables al aplicar diferentes técnicas e instrumentos que permitió el ajuste del proceso optimizando la operatividad de la planta.

Las técnicas de recolección de datos que se empleo fue la observación, aplicada de manera diaria y que constituye parte fundamental de la recolección de datos recabando información acerca del mantenimiento, funcionamiento y operación de la planta potabilizadora, se utilizaron además una técnica de representación gráfica del proceso de la potabilización del agua, que consistió en el desarrollo de un diagrama de flujo, mostrando el proceso de la potabilización.

Una técnica realizada por el autor consistió en el desarrollo de fichas técnicas de los diferentes equipos que componen la planta potabilizadora, debido a que no se cuenta con fichas técnicas como tal, la información fue obtenida de las placas de que se encuentra en cada uno de los equipos para poder buscar los datos operativos de acuerdo al diseño de cada uno de ellos. Los instrumentos que nos ayudaron al desarrollo del proyecto, estuvieron conformados de acuerdo a las técnicas empleadas, para la técnica de observación intencionada fue el diario de campo donde se anotó todo lo relevante del funcionamiento de la potabilizadora, dando a conocer la descripción de la operación de cada equipo, así como el correcto mantenimiento y monitoreo de cada uno de los equipos.

Para realizar el diagnostico a los operadores de la potabilizadora se aplicó una entrevista a los encargados acerca del funcionamiento, operación y mantenimiento que se les da a los equipos, con lo cual se utilizó el formato (anexo 1) elaborado por el autor, dicha entrevista se realizó al inicio de la toma de datos y la segunda aplicación se realizó al término de la toma de datos. De igual manera se empleó técnicas de laboratorio básicas para el análisis diario de las muestras que se realizan dentro de la potabilizadora, con el fin de llevar un monitoreo del funcionamiento de la planta.

La recolección de datos de la potabilizadora fueron frascos PET muestreadores con capacidad de 500 ml, para realizar los análisis se utilizó instrumentos variados, para la medición de pH y conductividad se emplearon un equipo portátil tipo pluma de la marca Mayron L. Company que además nos muestra la temperatura. Para la toma de salinidad se utilizó un monitor digital de calidad del agua Tds/ec/salt/s.g./temperatura con modelo C-100, otro instrumento empleado para la medición de sólidos suspendidos totales (sst) y turbidez es un colorímetro de la serie DR / 890 de la marca HACH, que contiene 90 funciones para diferentes mediciones y de fácil uso.

Se empleó un comparador de diapositivas de la marca Taylor Technologies, con un rango de 0-3 ppm para la medición de cloro del proceso de desinfección que se le realiza al agua cruda.

Como instrumento básico de laboratorio se utiliza viales de 25ml de plástico transparente con marcas de 5-25ml modelo VL-0525-V, tubos de ensayo de 25 ml, celdas plásticas de 11.5 ml y reactivos de la marca Taylor para los diferentes parámetros a analizar. La planta potabilizadora cumple un papel fundamental para Taghleef Industries, se encarga de potabilizar el agua que COMAPA distribuye a la empresa, el agua con los parámetros adecuados hace que el proceso de fabricación sea más eficiente, además que las películas plásticas fabricadas no cuenten con defectos que generen grandes costos económicos a la empresa.

Se requiere que el personal que opere la planta potabilizadora cuente con los conocimientos necesarios para el funcionamiento de los mismos, teniendo en cuenta el procedimiento de análisis, interpretación de los resultados, ajustes del agua de acuerdo a sus características, realización de retrolavados y mantenimiento necesario de los equipos. Es muy importante llevar un correcto monitoreo de la operación de los equipos que componen la planta potabilizadora, para ello, en este proyecto que lleva por objetivo general identificar los procesos para optimizar el funcionamiento y reducir los costos de mantenimiento de los equipos se recurrió al diseño no experimental que se aplicó de manera transversal, debido a que se observó el objeto de estudio tal y como se dan en un contexto natural para después analizarlos.

El presente proyecto fue diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque mixto, puesto que éste es el que mejor se adaptó a las características y necesidades de la investigación. Este enfoque nos implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como la integración y discusión de ellos para analizar toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento de los resultados. El primer objetivo planteado fue el desarrollo de una descripción escrita del procedimiento de la línea de potabilización para lo cual se recurrió a la recopilación de datos de campo, donde se observó la operación de la planta potabilizadora, llevando como instrumento el diario de campo para un control de la información, para posteriormente tener datos necesarios para la realización del diagrama de procesos y su descripción.

Los datos se recopilaron en un lapso de 4 meses empezando el 16 de agosto y culminando el 16 de diciembre, de lunes a viernes en un horario de 8 de la mañana a 5 de la tarde. Continuando con el segundo objetivo se realizó análisis diarios de la calidad del agua que entra a la planta potabilizadora, así como una muestra por el paso de cada proceso, utilizando un formato elaborado por el autor para el registro de los mismos (anexo 2) de esta forma tendremos los datos necesarios para la investigación.

Los análisis que se realizaron fueron la determinación de pH, conductividad, dureza, cloruros, alcalinidad, salinidad, sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, cloro total y cloro residual. Para la realización de cada parámetro se realiza el siguiente procedimiento:

3.1 Dureza Total

Es la suma de las durezas individuales de los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato, para la determinación se realiza lo siguiente:

1. Enjuagar y llenar el tubo de muestreo a la marca del 25 ml con agua a ser analizada.
2. Añadir 5 gotas de R-0619 (hardness buffer) y mezclar.
3. Añadir una cucharada de R-0620 (hardness indicator powder) y mezclar hasta que se disuelva. El agua debe ponerse roja si la dureza está presente, sino se tornará azul.
4. Añadir el reactivo R-0683 (hardness reagent) para torres de enfriamiento o R-0806 (hardness reagent) para calderas, gota por gota, mezclando y contando después de cada gota, hasta que el color cambie de rojo a azul.
5. Registrar los datos de acuerdo si se usó R-0683 multiplicar el número de gotas utilizadas por 10, si uso R-0806 multiplicar el número de gotas utilizadas por 2.

Cloruros

Son las sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal positivo (ion positivo) para calcularlo se realiza:

1. Enjuagar y llenar el tubo de muestreo a la marca de 25 ml con agua a ser analizada.
2. Añadir 2 gotas de R-0638 (phenolphthalein indicator) y mezclar, si la muestra es incolora proceder al paso número 3.; si la muestra se pone de color rosa, adicionar R-0687 (sulfuric acid 0.12N) gotas por gota y agitando después de cada gota hasta que el color cambie de rosa a incoloro.
3. Añadir 5 gotas de R-0630 (chromate indicator) y mezcle, la muestra debe ponerse amarilla.
4. Añadir R-0706 (silver nitrate) gota por gota, agitando y contando después de cada gota hasta que el color cambie de amarillo a rojo.
5. Multiplique el número de gotas de R-0706 por 10, y registre como ppm de Cloruros.

3.2 Alcalinidad

La alcalinidad expresa cuanto acido puede absorber una solución sin cambiar el pH y se calcula de la siguiente manera:

1. Enjuagar y llenar el tubo de muestreo a la marca de 25 ml con agua a ser analizada.
2. Añadir 3 gotas de R-0638 (phenolphthalein indicator) y mezclar, la muestra debe ponerse rosa si la alcalinidad "P" está presente, sino se pone rosa pase al paso número 4.
3. Añadir R-0687 (sulfuric acid 0.12N) gota por gota, agitando y contando después de cada gota hasta que cambie de rosa a incoloro.
4. Añadir 3 gotas de R-0645 (total alkalinity indicator) y mezclar.
5. Adicionar R-0687 (sulfuric acid 0.12 N) gota por gota, agitando y contando después de cada gota hasta que el color cambie de verde a rosa.
6. Registrar el total de gotas de alcalinidad P y la alcalinidad T, multiplicar el número de gotas totales de R-0687 utilizando por 10 y registrar como alcalinidad "T" expresada como Carbonato de Calcio.

3.3 Cloro libre residual y cloro total

El cloro total es la suma de cloro libre y el cloro combinado da como resultados el cloro total, mientras que el cloro residual es el remanente del cloro en el agua, los datos se representan en ppm:

1. Llenar los tres frascos con agua a analizar hasta la marca de 11.5 ml.
2. Adicionar solo al del centro 5 gotas del reactivo DPD Reagent #1 y 5 gotas del reactivo DPD Reagent #2, tapar y mezclar.
3. Comparar con los colores de la tabla y registrar el valor como ppm de cloro libre residual.
4. Adicionar 5 gotas del reactivo DPD Reagent #3, tapar y mezclar.
5. Volver a comparar el color con la tabla y registrar como ppm de cloro total.

3.4 PH

El pH indica la concentración de iones de hidrogeno presentes en las muestras, se realiza con ayuda de los lápices mencionados anteriormente.

1. Añadir agua destilada al electrodo del lápiz de pH MYRON con el fin de evitar alteraciones en los resultados.
2. Introducir el lápiz medidor de pH en la muestra de agua, y presionar el botón de encendido que se encuentra en la parte superior del lápiz.
3. Esperar a que el pHmetro arroje resultados y registrar los datos obtenidos, es recomendable tomar los datos tres veces para mayor confiabilidad.

3.5 Conductividad

Es la expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica la manera de calcularlo es muy similar a la de pH.

1. Llenar el frasco de muestreo con agua a ser analizada.
2. Añadir agua destilada al electrodo del lápiz de conductividad MYRON con el fin de evitar alteraciones en los resultados.
3. Introducir el lápiz medidor de conductividad en la muestra de agua, y presionar el botón de encendido.
4. Esperar a que el lápiz arroje resultados y registrar los datos obtenidos, es recomendable tomar los datos tres veces para mayor confiabilidad.

3.6 Salinidad

Es el contenido de sales minerales disueltas en las muestras, este parámetro se realiza de la siguiente manera:

1. Llenar el frasco de muestreo con agua a ser analizada.
2. Añadir agua destilada al electrodo del lápiz de salinidad con el fin de evitar alteraciones en los resultados.
3. Introducir el lápiz medidor de salinidad en la muestra de agua, y presionar el botón de encendido que se encuentra en la parte central del lápiz.
4. Esperar a que el lápiz estabilice los resultados y registrar los datos obtenidos.

3.7 Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Este parámetro nos indica la cantidad de sólidos presentes en suspensión y que pueden ser separados por diferentes técnicas, los sólidos suspendidos totales se representan en miligramos por litro (mg/l).

1. Vaciar 25 ml de muestra a analizar en celdas de vidrio graduadas de 25 ml para su posterior análisis.
2. Programar en el DR/890 el programa número 7, darle enter, e introducir la función número 94 para la determinación de sólidos suspendidos totales.
3. En una celda graduada agregar 25 ml de agua destilada que será utilizado como blanco.
4. Introducir la muestra que será nuestro blanco dentro del DR/890 (Limpiar la celda antes de introducir).
5. Colocar la tapa y aplanar la opción 0, para después seleccionar el botón READ para leer el resultado.
6. Introducir la muestra a valorar dentro del DR/890 y solo presionar el botón READ para obtener los resultados de SST.

3.8 Turbidez

Lo podemos definir como la falta de transparencia debido a que la presencia de materia en suspensión, para calcularlo se realiza lo siguiente:

1. Vaciar 10 ml de muestra en celdas de vidrio graduadas de 25 ml.
2. Programar en el DR/890 el programa número 7, darle enter, e introducir la función número 95 para la determinación de turbidez.
3. En una celda graduada agregar 10 ml de agua destilada que será utilizado como blanco.
4. Introducir la muestra que será nuestro blanco dentro del DR/890 (Limpiar la celda antes de introducir).
5. Colocar la tapa y aplanar la opción 0, para después seleccionar el botón READ para leer el resultado.
6. Introducir la muestra a valorar dentro del DR/890 y solo presionar el botón READ para obtener los resultados de turbidez.

Partiendo de los resultados obtenidos de los análisis se realizó la interpretación de los mismos para llevar a cabo el cumplimiento del tercer objetivo implementando los ajustes al agua en función del proceso, esto se realizó mediante la aplicación de los productos químicos distribuidos por Chem-Aqua.

Para el cuarto objetivo se mejoró los procesos eficientizando el consumo de agua y a la vez reduciendo costos, este objetivo se cumplió mediante una buena operación de la potabilizadora, interpretación de los resultados y un eficaz mantenimiento de los mismos, utilizando el proceso descrito en el primer objetivo, los resultados obtenidos de los consumos anuales de agua cruda fueron representados en tablas y graficas para observar los comportamientos que se tuvo cada mes, la representación gráfica comenzó del mes de enero de 2021, donde se solicitó información a la empresa Chem-Aqua para el cumplimiento de este objetivo, la recopilación de datos culmino el mes de diciembre y se realizó una gráfica general del consumo de agua anual.

Para este proyecto se utilizó la estadística descriptiva para la recolección y demostración de los datos obtenidos. Los datos recopilados mediante la realización de análisis cuyos datos fueron registrado en los formatos (anexo 2) se demostraron mediante las gráficas de barras y polígonos de frecuencias de cada uno de los parámetros, en un lapso de 3 meses.

De igual forma se realizó una gráfica de todos los parámetros por mes, para ver los cambios que existieron y las variables que afectaron a los resultados, se demostró la comparación de consumo de agua, aplicando buenas técnicas de operación, esto se realizó mediante las gráficas desarrolladas en la sintaxis proporcionada por el programa Excel. Se utilizó la estadística descriptiva para recolectar, presentar y caracterizar el conjunto de datos recopilados para el desarrollo del proyecto.

Como primer paso se realizó una tabla de frecuencia de cada uno de los parámetros por cada mes en que se realizó la recopilación de datos, se añadió una columna donde se clasifico los datos de acuerdo a su categoría. Continuando con la tabla se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de las frecuencias relativas (f_r):

$$f_r = \frac{f}{N}$$

Donde:

f= la cantidad de números repetidos de una categoría.

N= es la cantidad total.

Una vez realizado la frecuencia relativa, se continuó sacando el porcentaje de cada valor solo multiplicando por 100. Se calculó la acumulación de frecuencias y el porcentaje de estas. Posteriormente se hizo uso de las medidas de tendencia central más usuales las cuales son la media aritmética, la mediana y la moda.

Para el cálculo de la media aritmética o promedio, se utilizó la siguiente formula, con el fin de obtener los promedios de cada parámetro en cada mes:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n$ = Simboliza sumatoria de los datos.

x_i = Es el conjunto de datos obtenidos.

N = Es el total de datos.

La mediana es el punto central de los datos obtenidos que fueron ordenados de forma ascendente según el parámetro, en este caso se busca la media aritmética entre los dos valores centrales, utilizando la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

Donde:

X_1 : es el dato central de lado izquierdo.

X_2 : es el dato central de lado derecho.

La moda nos permitió planificar, organizar y producir resultados más repetidos de cada parámetro. Para el cálculo de la moda solo basto observar cual es el valor que más se repite de los datos ya ordenados y utilizados para el cálculo de la mediana. Continuando con la parte estadística se realizó el cálculo de la desviación estándar utilizando la siguiente formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos de la desviación estándar, se procederá al cálculo de la varianza, para ello se empleó la fórmula:

$$v = \sigma^2$$

RESULTADOS

Con base a los objetivos planteados y en función de la metodología planteada se obtuvieron los siguientes resultados:

El agua de alimentación que llega a la planta potabilizadora es suministrada por la Comisión Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la zona conurbada (COMAPA), mediante una tubería procedente de la laguna los patos ubicada en ciudad Madero, Tamaulipas. El agua llega a una cisterna receptora la cual se acciona con una válvula neumática mediante electro niveles para su llenado, iniciando aquí la operación de la planta. En el siguiente plano figura 4 se muestra la distribución de los equipos dentro de la planta potabilizadora.

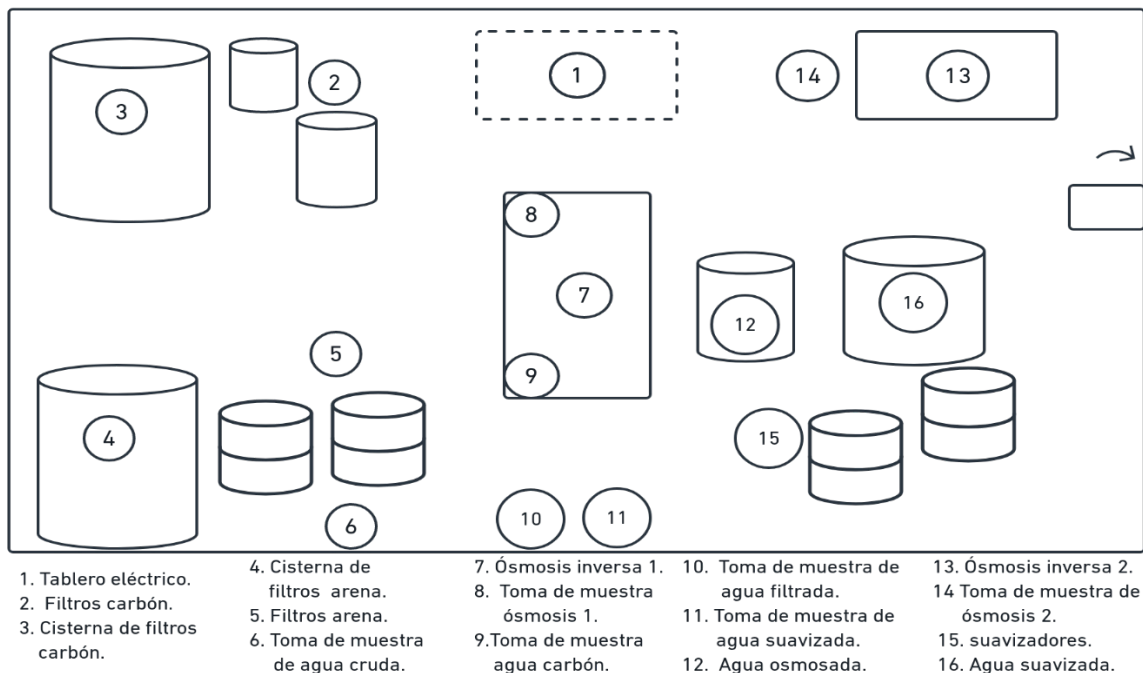


Figura 4 Plano de la planta potabilizadora (Elaboración propia).

En la figura anterior se mostró un plano de la distribución de los equipos de la planta potabilizadora, donde el número 1 representa el tablero eléctrico de todos los equipos, este tablero se encuentra dividido por secciones que corresponde a cada proceso y sus componentes, el tablero está compuesto por diversos interruptores para apagado, encendido en modo automático y modo manual.

El número 2 representa los tanques de filtro carbón, el agua que pasa por este proceso se almacena en cisternas de agua carbón, el cual es representado por el número 3, continuando con el proceso de potabilización el número 4 representa los tanques de almacenamiento de agua filtrada, esta agua es producto del tratamiento que se le da por medio de filtros arena representado por el número 5, en el plano también se puede apreciar los lugares donde se realiza la toma de muestra, en el número 6 se muestra el sitio donde se toma la muestra de agua cruda. Es importante realizar los análisis a diario al agua cruda, para llevar un correcto monitoreo del agua que entra a la planta potabilizadora.

En la sección número 7 representa el equipo de ósmosis inversa 1, el equipo trabaja con agua carbón, una vez terminado el proceso esta agua se almacena en cisterna de agua osmosada representado con el número 12. En el plano se puede apreciar el número 8, este representa el sitio de toma de muestra de osmosis 1, mientras que el número 9 se muestra el sitio de muestra del agua carbón, en el número 10 se realiza la toma de muestra de agua filtrada y en el numero 11 la toma de muestra de agua suavizada.

En el número 13 se muestra el equipo de osmosis inversa 2, este equipo opera cuando el equipo de osmosis 1 se encuentra en mantenimiento, el numero 14 representa el sitio de muestra de osmosis 2, por último, se muestra con el número 15 los equipos suavizadores, siendo la parte final al proceso de potabilización, el agua suavizada se almacena en cisterna de agua suavizada representada con el número 16.

Para el desarrollo del diagrama de proceso de la potabilización de agua se utilizó la técnica de la observación, durante los meses de recopilación de datos, se obtuvo información necesaria, donde se puede apreciar cual es el proceso o tratamientos a los que se somete el agua para que cumpla con los parámetros necesarios, el tratamiento de agua que se realiza cuenta con un sistema de filtros de arena, filtros carbón, dos equipos de osmosis inversa y por último pasa por suavizadores que es el proceso final.

A continuación, se explica mediante un diagrama de proceso figura 5 cada parte del tratamiento de la planta potabilizadora de inicio a fin pasando por los diferentes sistemas de tratamiento.

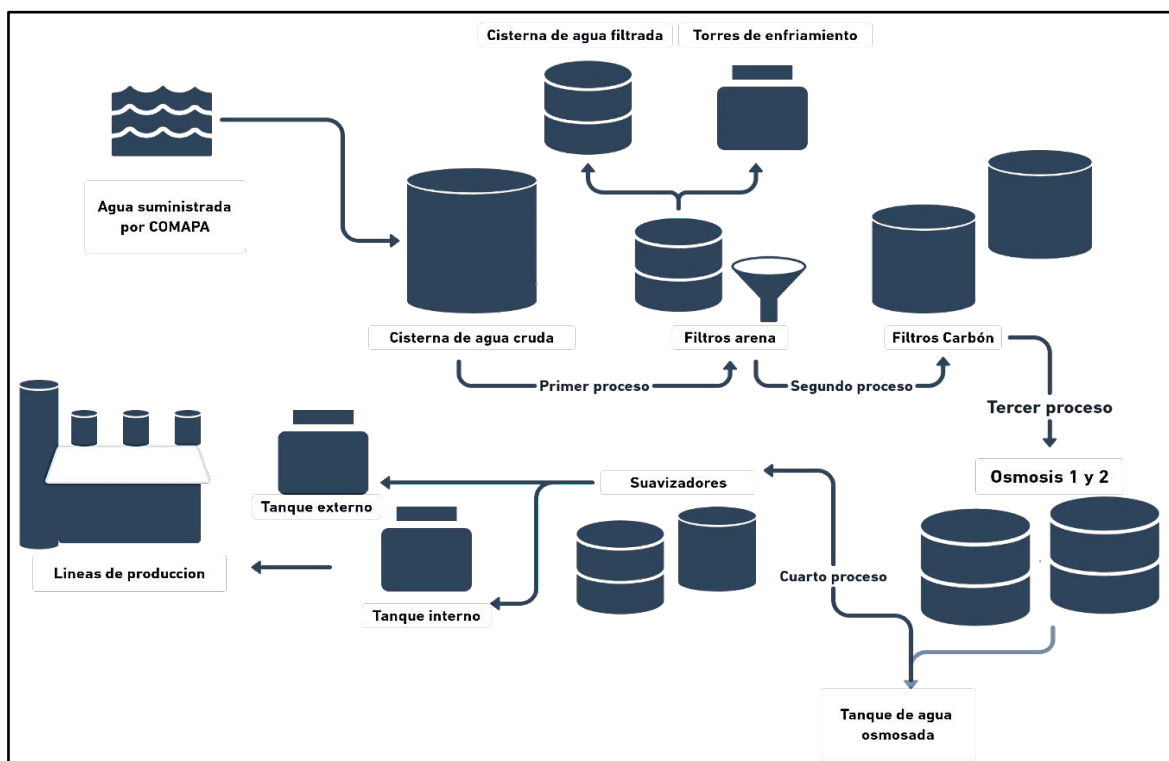


Figura 5 Diagrama de proceso de la planta potabilizadora (Elaboración propia).

El diagrama muestra el proceso de potabilización, empezando con el agua suministrada por COMAPA que se almacena en la cisterna de agua cruda, el primer tratamiento que se realiza es pasar el agua a través de los filtros arena, el agua que sale de este proceso se le denomina agua filtrada, almacenándose en la cisterna de agua filtrada, esta es utilizada para las torres de enfriamiento.

El segundo proceso es pasar el agua filtrada por los filtros de carbón activado, esta agua se almacena en la cisterna de agua carbón, el tercer proceso se muestra los equipos de osmosis 1 y 2, cuya agua se denomina agua osmosada y se almacena en cisternas. Por último, el agua osmosada pasa por los suavizadores, el agua suavizada es almacenada en cisternas para ser utilizadas en área de producción.

4.1 Cisterna de Agua Cruda.

El agua proveniente de la laguna patos, es captada en una cisterna que tiene un Capacidad de 150 m³, la cual es controlada por nivel mediante la apertura de una válvula neumática, es importante realizar a diario una cloración en esta cisterna para eliminar olores o cargas orgánicas, evitando la formación de microorganismos, se debe de tener siempre una concentración mayor a 1 ppm de cloro residual y menor a 3 ppm de cloro total. La cloración se lleva a cabo mediante botes dosificadores de cloro granular a un 90%.

4.2 Sección de Filtros de Arena

El filtro de arena consiste en hacer filtrar el agua a través de un bloque de arena, los granos de arena forman una capa atravesada por el agua y que detiene por simple efecto de tamizado las partículas de tamaño superior al de los espacios existentes entre dichos granos. Si a lo largo de su avance tocan un grano, las partículas más pequeñas también quedarán retenidas sobre la superficie de estos por el efecto pared. La capacidad de frenado del filtro será tanto mayor cuanto menor sea el diámetro de sus granos y más largo sea el tiempo de permanencia de las partículas. Hay tres tipos de filtración por arena:

-  Los filtros de arena rápidos los cuales deben limpiarse con frecuencia debido a su alisado, que invierte la dirección del agua.
-  Los filtros de arena semirápidos.
-  Los filtros de arena lentos.

Los dos primeros requieren del uso de bombas y productos químicos (principio de floculación), se utiliza un floculante que, por un principio químico, atrapa los materiales en suspensión y las partículas, formando grandes copos que se depositarán por sedimentación (lo cual significa que las partículas en suspensión detienen su movimiento y se depositan). A diferencia de otros métodos de filtración por arena, los filtros de arena lentos emplean procesos biológicos para limpiar el agua y son sistemas no presurizados.

4.2.1 Mantenimiento del equipo

Las partículas en suspensión se van acumulando en la superficie del medio filtrante, por lo que pasado cierto tiempo se efectúa un proceso de limpieza al que llamamos retrolavado (excepto filtros de hilo y cerámico que son desechables). El retrolavado se hace con el objetivo de eliminar las partículas retenidas durante el ciclo de filtración. se llevará a cabo por medio de agua y aire, donde consiste en hacer pasar una mezcla de aire-agua, a gran velocidad, en forma ascendente y después de un cierto tiempo se pasa únicamente agua, con todo esto se logra eliminar las partículas que se han ido acumulando en la superficie, así como permitir que se aflojen las camas y dejarlas en condiciones óptimas para el próximo ciclo de filtración.

El proceso de retrolavado se debe de efectuar una vez al día, para evitar que se compacte la cama filtrante y se produzca lo que se conoce como canalizaciones, y se utilice el flujo máximo posible para que sea efectiva la limpieza de las camas soporte y filtrante, pero cuidando de no tirar la cama filtrante al drenaje. Si se alarga el periodo de retrolavado se corre el riesgo de saturar el medio filtrante reduciendo el área de filtrado ocasionando a la vez un incremento en la presión necesaria para filtrar, el aumento de presión ocasiona que se compacte el medio filtrante provocando que se formen grietas o canalizaciones a través del medio dando lugar a una mala calidad en la filtración, requiriendo retrolavados prolongados para su limpieza.

4.2.2 Arranque y operación de filtros arena de la planta potabilizadora

Para el Arranque de Filtros arena existen dos modos de operación, modo local y modo automático.

Modo local: En modo local los filtros operan de manera continua sin respetar ninguna señal de alto bajo nivel, el modo local solo se utiliza en caso de tener que llenar la cisterna de agua filtrada hasta el límite cuando se realizan libranzas del agua de alimentación por parte de COMAPA quien suministra el agua cruda.

Modo Automático: Cuando en el selector de arranque se selecciona la operación de los filtros en modo automático estos operaran respetando las señales de nivel del agua filtrada, parando su operación al detectar nivel bajo en la cisterna de agua cruda y entrando en operación al detectar nivel medio en la cisterna de agua filtrada.

Para realizar el arranque de los filtros se debe verificar que las válvulas de alimentación se encuentren alineadas correctamente, y verificar la apertura de las válvulas electromecánicas de los filtros, asegurándose que estén en modo de filtración, además que las válvulas de alimentación y descarga de los filtros se encuentran correctamente alineadas, seleccionar en el tablero de control el modo de operación de los filtros. Al momento del arranque de los filtros arena, verificar su flujo de descarga tomando los litros por minuto que está produciendo (de 800 a 600 lpm buena producción) en caso de que la producción este dando menor flujo al indicado, se tendrá que realizar un retrolavado para descartar que exista un taponamiento.

Si el flujo de producción de los filtros continua bajo realizar la limpieza del filtro strainer que se encuentra antes de la entrada de alimentación de agua de los filtros arena; con esta acción se asegura que los filtros arena estén realizando su función adecuadamente cumpliendo con la demanda de producción requerida; como medida de prevención una vez al mes deberá realizarse limpieza del filtro strainer.

4.2.3 Procedimiento para retrolavado de filtros de arena

Dentro de la operación de los filtros de arena, uno de los cuidados que deben de tener es que siempre mantengan un flujo constante de filtración, para esto se lleva a cabo como mantenimiento preventivo un retrolavado de 2 o 3 veces al día de acuerdo a la diferencia de presión de entrada y salida del filtro y a la caída de flujo. A continuación, se describe el procedimiento de retrolavado, mediante la ilustración de las figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 :

1. Como primer paso se debe de poner fuera de operación los filtros arena con el tablero de control.



Figura 6 selector de paro y arranque (Elaboración propia).

2. Las válvulas de descarga de las bombas de filtros de arena deben de estar cerradas.



Figura 7 válvula de descarga de bomba de retrolavado (Elaboración propia).

3. Conectar y abrir válvulas electromecánicas de manera manual, desconectar cuando ya hayan quedado abiertas.

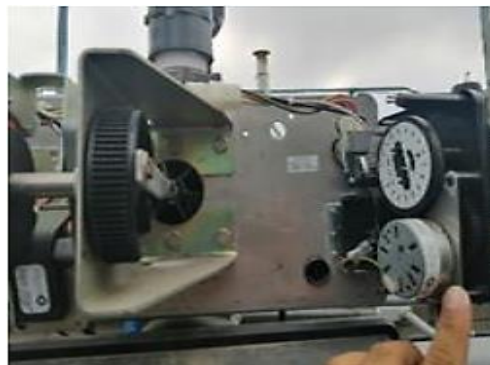


Figura 8 electroválvula en posición de lavado (Elaboración propia).

4. Cerrar válvula de descarga de agua filtrada.



Figura 9 válvula de descarga (Elaboración propia).

5. Asegurarse de cerrar la válvula de alimentación del filtro 2 para iniciar con el retrolavado del filtro 1 y toda la presión de agua se dirija hacia un solo filtro.



Figura 10 válvula de alimentación (Elaboración propia).

6. Abrir la válvula de descarga de la bomba de retrolavado de filtros de arena al 50%.



Figura 11 válvula de bomba de retrolavado al 50% (Elaboración propia).

7. Conectar la manguera de aire a la alimentación de la bomba.



Figura 12 válvula de alimentación de aire(Elaboración propia).

8. Encender la bomba de retrolavado de filtros de arena en modo manual y alinear la válvula de descarga al 100%, abrir la entrada de aire de la bomba.



Figura 13 selector de paro y arranque de bomba (Elaboración propia).

9. Dejar la alimentación del aire durante 5 minutos o hasta que el agua ya no presente tantos sólidos.
10. En cuanto en el rechazo del filtro 1 no se muestren sólidos en el agua, abrir la válvula de alimentación del filtro arena 2 y cerrar la válvula del filtro arena 1 para comenzar con el retrolavado del filtro 2.
11. Cuando haya dejado de salir sólidos en el agua de rechazo del filtro 2, alinear nuevamente la válvula de alimentación del filtro 1, para realizar un último enjuague antes de que se acabe el agua de alimentación de la bomba de retrolavado de los filtros arena y apagar la bomba de retrolavado de filtros de arena una vez que el nivel del tanque se haya acabado.
12. Poner las válvulas en su posición inicial (válvula de alimentación, válvula de descarga y válvula de electromecánicas).

13. Abrir las válvulas de descarga de alimentación de los filtros de arena.



Figura 14 válvula de descarga de bomba de retrolavado (Elaboración propia).

14. Seleccionar los selectores de arranque de los filtros de arena en modo local para comprobar la eficiencia del retrolavado midiendo los litros por minuto en el medidor de flujo.
15. Después de comprobar la eficiencia de retrolavado poner los selectores de arranque de los filtros de arena en modo automático.
16. En la computadora de proceso, seleccionar la ventana de las bombas de proceso y resetear las bombas de los filtros arena dándole clic al botón de Reset de cada bomba y después dar clic en el botón de arranque de cada bomba.

4.3 Cisterna de agua filtrada

Después de haber pasado el agua por los filtros de arena esta es enviada a la cisterna de agua filtrada como se muestra en la figura 15, 16, 17 la cual cuenta con una capacidad de 150m^3 y es controlado el llenado mediante tres indicadores de nivel tipo pera los cuales se describen a continuación.

- 🚦 Alto nivel: Sirve para parar bomba de transferencia a filtros y deja de caer agua en cisterna de agua filtrada.
- 🚦 Medio nivel: Sirve para arrancar bomba de transferencia a filtros y empieza a caer agua en cisterna a filtrada.
- 🚦 Bajo nivel: Es protección de bomba de transferencia a filtros de carbón.

La cisterna de agua filtrada alimenta a las torres de enfriamiento y al sistema de agua potable para uso sanitario mediante un sistema de bombeo independiente para cada uso, a la cual se dosifica de manera controlada cloro (de 1 a 2 partes por millón) para mantener libre de bacterias y microorganismos.



Figura 15 Bombas de alimentación (Elaboración propia).



Figura 16 Bombas de torre de enfriamiento (Elaboración propia).



Figura 17 Cisterna de agua (Elaboración propia).

4.4 Filtros carbón

El carbón activado granular se utiliza para filtrar químicos y microorganismos nocivos del agua, a medida que el agua fluye a través de un filtro de carbón activado granular, los químicos se adsorben o se adhieren a la superficie y dentro de los millones de micro poros de los gránulos del carbón activado. El filtro de carbón activado figura 18 consiste en un recipiente o columna empacada rellena de gránulos su estructura y propiedades le permiten adsorber específicamente aquellos químicos peligrosos que se encuentran en el agua a tratar.

El tratamiento con carbón activado proporciona excelentes resultados al eliminar cloro, mal olor, microorganismos y patógenos como virus y bacterias, mejora el sabor y color del agua.

Los filtros carbón requieren de un retrolavado para evitar la compactación de la cama filtrante y el ciclo, entre retrolavado generalmente se fija de 24 horas. Para eliminar cloro retenido y desinfectar el carbón activado, se recomienda un lavado con vapor de baja presión, la frecuencia depende de los requerimientos del usuario y la calidad del agua filtrada, este lavado se efectuará en forma manual.

4.4.1 Arranque y operación de filtros carbón de la planta potabilizadora

Para el arranque de filtros carbón existen dos modos de operación, modo local y modo automático.

Modo local: Los filtros operan de manera continua sin respetar ninguna señal de alto o bajo nivel, debido a que el proceso es continuo esta modalidad de operación también puede mantenerse ya que en todo momento las bombas de los filtros de carbón deben de alimentar de agua a las osmosis.

Modo Automático: Cuando los selectores de arranque de los filtros carbón se encuentran en este modo, operarán respetando las señales de nivel del agua filtrada, parando su operación al detectar un nivel bajo en la cisterna y entrando en operación al detectar nivel en la cisterna de agua filtrada así mismo detendrán su operación al momento de llenarse el tanque captador de agua de osmosis inversa esto para evitar derrame de agua osmosada y desperdicio de la misma.

4.4.2 Arranque de filtros carbón

Verificar que las válvulas de alimentación y descarga de los filtros carbón se encuentren alineadas correctamente y la apertura de las válvulas electromecánicas de los filtros, asegurarse que estén en el modo de filtración; monitorear que las válvulas de alimentación y descarga de los filtros que se encuentran correctamente alineadas, seleccionar en el tablero de control el modo de operación de los filtros.



Figura 18 Filtros de carbón activado (El autor).

4.5. Osmosis inversa

Una membrana de ósmosis inversa en un equipo correctamente diseñado, la duración puede ser entre 3 a 5 años. Es importante hacer los mantenimientos periódicos con químicos para limpieza de membranas, siguiendo los consejos del fabricante.

Las membranas de ósmosis inversa tienen las características de hacer una limpieza continua mientras trabajan, porque de no ser así, sufrirían una acumulación de contaminantes y una saturación en poco tiempo, por lo que parte del flujo de agua entrada arrastra los contaminantes sales y minerales.

A esto se le conoce como agua de rechazo, que comúnmente es 40% de agua producto y 60% de agua de rechazo, en equipos con agua de calidad relativamente buena, puede ser 50% / 50% o en aguas con sólidos disueltos totales (TDS) bajos hasta 60% / 40%.

4. 5.1 Instalación de las membranas de la osmosis

Se necesita que dos personas hagan la carga de las membranas, además, para esta operación es altamente recomendado usar guantes de nitrilo, debido a que el formol puede provocar irritación en la piel en personas alérgica. Se debe proceder paso a paso con las siguientes instrucciones que se indica a continuación.

1. Efectuar una limpieza con agua en el interior de los recipientes de presión, para eliminar polvo o cualquier partícula. Después de la limpieza de los recipientes revisar que todas las ranuras internas en los extremos estén libres de arena, partículas o cualquier otro material, para que estén libres de obstrucción que pueda ocasionar problemas cuando se coloquen los sellos o-ring.
2. Sacar las membranas de la caja, abrir la bolsa de plástico y sacar de la bolsa, anotar el número de serie de cada membrana y la posición que ocupara en cada recipiente.
3. Verificar que la pestaña de cada o-ring de acuerdo al dibujo adjunto, este apuntando en dirección opuesta al flujo, permitiendo que el flujo de agua la selle contra la pared del recipiente, no colocar 2 o-ring en el mismo lado de la membrana, sino con su respectivo sello en los extremos.
4. Insertar la primera membrana hasta $\frac{3}{4}$ partes de su longitud en el recipiente de presión. Las membranas siempre son insertadas, en el mismo extremo del tubo y deberán ser sacadas por el extremo opuesto, es decir, no deben ser jaladas por ambos lados. Un tubo de PVC puede ayudar empujando las membranas sin dañarlas.
5. El sello o-ring debe ser lubricado con glicerina, el lubricante deberá usarse moderadamente para evitar ensuciar las membranas.
6. Lubricar el o-ring del interconector o insertar el interconector en la membrana que se encuentra dentro del recipiente.
7. Insertar una segunda membrana, mientras se sostiene la primera membrana para evitar que se deslice dentro del recipiente, una persona ajusta la segunda membrana al interconector verificando que quede alineado.

8. Empujar la membrana dentro del recipiente teniendo mucho cuidado de no desalinear las membranas y que el o-ring no se atore.
9. Repetir el proceso con las membranas hasta que el recipiente este completamente cargado con todas las membranas. La última membrana no debe ser insertada completamente, sino hasta las líneas marcadas en uno de los extremos.
10. Cada recipiente tiene 2 tapas, las tapas en el lado del producto tiene una conexión al centro y la otra tapa en el extremo de la alimentación que está en un lado del tubo deberá tener cerrada la boquilla central.
11. Una vez que se coloque la tapa con la boquilla del producto, dirigirse al extremo de alimentación del tubo donde la parte de la última membrana no ha sido insertada completamente. Empujar con fuerza, pero teniendo cuidado de introducir completamente la última membrana, permitiendo que la primera membrana asiente firmemente contra la tapa que se colocó en el extremo del producto.
12. Para reducir el riesgo de que se desconecten los conectores entre las membranas dentro del recipiente, es aconsejable ajustar el recipiente apropiadamente. Este ajuste se podrá efectuar colocando laminillas para ajustar las membranas y que queden perfectamente ajustadas para prevenir espacio libre que permita algún movimiento, las laminillas utilizadas como empaques de plástico o PVC. Los siguientes puntos indican los procedimientos de colocar las laminillas en un recipiente.
13. Antes de iniciar el proceso de ajustar las membranas, asegurarse que el tubo espaciador se encuentre en su lugar, en el extremo del recipiente.
14. Quitar la tapa en el extremo de la alimentación.
15. Empujar los elementos firmemente y asegurarse no haya espacio libre.
16. Colocar un conector en el armado.
17. Tener laminillas de plástico o de otro material apropiado de 1/8 a un 1/4 de espesor, con un diámetro interno mayor que al diámetro externo.
18. Colocar los empaques por el método de prueba sobre el adaptador y colocar la tapa.

Cada laminilla o empaque deberá ser colocada hasta que la tapa no entre completamente en el extremo, luego quitar una laminilla o empaque de tal manera que el espesor de todas las laminillas sea justamente el necesario y colocar la tapa.

19. Repetir este procedimiento para cada uno de los recipientes.
20. Verificar que todas las membranas estén bien colocadas, todos los o-ring en su lugar, colocados y sujetos en la posición correcta, sobre la ranura del empaque. Nunca sacar las membranas en la dirección opuesta al flujo, debido a que los interconectores entre las demás membranas pueden ser aflojados, y las membranas pueden ser dañadas.
21. Si esto ocurre será muy notorio, ya que la conductividad del agua producto de este tubo será más alta. Ocasionalmente uno de los empaques o-ring, puede ser doblado cuando se coloca el interconector y el adaptador. Desensamble siempre que sea necesario siguiendo las membranas, si existe alguna duda sobre empaques mal colocados o fuera de su lugar, verificar que todos ellos estén en su lugar y ensamble nuevamente introduciendo las membranas por el extremo de alimentación.
22. Usando glicerina como lubricante, cambiando los o-ring y empaques dañados. El empaque o-ring de cada membrana es también un sello de concentrado. Su función principal es evitar que el agua del concentrado se convine con el permeado. Generalmente una fuga de sales en el permeado, que significa alta conductividad quiere decir que un empaque o-ring, no se colocó o se dobló, y que necesita remplazarse.
23. Generalmente un módulo nuevo de osmosis inversa que arranca y para que frecuentemente tiene problemas con el sello o-ring, el problema sucede a causa del golpe de agua o golpe de ariete. Para solucionar este se recomienda evitar demasiados paros, arranques y que las membranas queden perfectamente ajustadas para que no tengan movimiento. Después de un cierto periodo de tiempo, este problema disminuye.

4.5.2 Limpieza de incrustación y ensuciamiento

El ensuciamiento de las membranas es un fenómeno normal en los sistemas de ósmosis inversa (OI). Es reversible cuando una limpieza química se realiza correctamente y a tiempo; y no lo es en el caso contrario. Es por eso que la limpieza de membranas de ósmosis inversa es un mantenimiento continuo que se debe realizar. Las señales que indican que es necesaria una limpieza química son:

- ✚ El flujo de permeado ha disminuido en un 10% a un 15% abajo del flujo normal, a la misma presión y temperatura.
- ✚ La presión de alimentación a la temperatura ha incrementado en un 10% a un 15% para mantener el flujo normal del agua producto.
- ✚ La calidad del agua producto ha disminuido en un 10% a un 15% incrementándose el paso de sales en un 10% a un 15%.
- ✚ La presión aplicada ha incrementado en un 10% a un 15%.
- ✚ La presión diferencial a través de una etapa de osmosis inversa se ha incrementado notablemente.

4.5.3 Arranque y operación de Osmosis inversa

Dentro de la planta potabilizadora se encuentran dos sistemas de osmosis inversa las cuales se encargan abastecer el suministro de agua necesario para las líneas de producción, calderas y agua de reposición de los sistemas de Enfriamiento.

Osmosis 1: Cuenta 6 membranas distribuidas en dos tubos colectores para producir 20 galones por minuto aproximadamente trabajando en modo de operación 70% de agua Osmosada y 30% de agua de Rechazo, como se aprecia en la figura 4. 19.

Osmosis 2: Cuenta con 8 membranas distribuidas en dos tubos colectores para producir 26 galones por minuto aproximadamente trabajándola en modo de operación 70% de agua Osmosada y 30% de agua de Rechazo como se aprecia en la figura 4. 20.

4. 5.3.1 Arranque osmosis 1

1. Verificar que la Válvula de alimentación se encuentre Abierta al 100%.
2. Alinear la bomba a operar (succión y descarga)
3. Verificar que la válvula de rechazo de la osmosis se encuentre abierta al 100% así como también la válvula de descarga de agua osmosada.
4. Seleccionar en el tablero de control el selector de arranque de la bomba en modo local.
5. Una vez arrancada la bomba verificar el display donde indica el flujo de agua osmosada y agua de rechazo
6. Cerrar la válvula de rechazo de la osmosis poco a poco hasta que la producción se fije en un 70% de agua osmosada y 30% de agua de rechazo.
7. Encender la bomba dosificadora correspondiente de antiincrustante.



Figura 19 módulo de osmosis 1 (Elaboración propia).

4.5.3.2 Arranque osmosis 2

1. Verificar que la válvula de alimentación se encuentre abierta al 100%.
2. Alinear filtro pulidor a operar (solo operar 1 módulo de los filtros pulidores y meter a operar el otro cuando la presión de entrada del filtro y de salida tenga un diferencial de 40 psi.
3. Verificar que la válvula de rechazo de la osmosis se encuentre abierta al 100% así como también la válvula de descarga de agua osmosada.
4. Seleccionar en el tablero de control el selector de arranque de la bomba en modo local.
5. Una vez arrancada la bomba verificar el display donde indica el flujo de agua osmosada y agua de rechazo
6. Cerrar la válvula de rechazo de la osmosis poco a poco hasta que la producción se fije en un 70% de agua osmosada y 30% de agua de rechazo.
7. Encender la bomba dosificadora correspondiente de antiincrustante.



Figura 20 Módulo de osmosis 2 (Elaboración propia).

4.5.4 Cambio de filtro pulidor de sistema de osmosis inversa

Se realiza el cambio de filtros pulidores cuando el diferencial de presión entre la entrada y salida del filtro tenga una diferencial de mayor a 30 psi, o cuando el flujo de producto y rechazo de la osmosis hayan disminuido sin elevar su presión de operación, para realizar el cambio de filtros se debe de seguir el siguiente procedimiento, mostrados en las figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33.

1. Dejar fuera de operación el módulo de osmosis en el que se estará trabajando, así mismo, cerrar las válvulas de alimentación y descarga del tanque del filtro pulidor a cambiar.

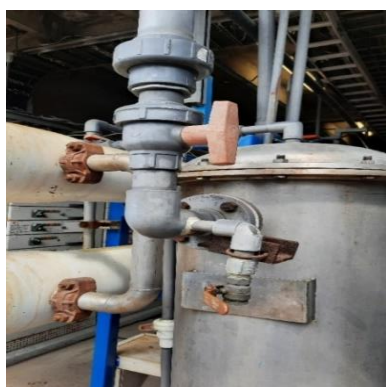


Figura 21 Válvula de alimentación
(Elaboración propia).



Figura 22 Válvula de descarga
(Elaboración propia).

2. Abrir la válvula de Dren del tanque de que se encuentra ubicado en la parte baja del tanque pulidor, esto con el fin de vaciar el agua del filtro.



Figura 23 Dren del tanque
pulidor (Elaboración propia).



Figura 24 salida del agua
acumulada de los filtros
(Elaboración propia).

3. Quitar los tornillos de la tapa para separarla del tanque de los filtros pulidores.



Figura 25 Tornillos del tanque pulidor (Elaboración propia).

4. Remover las roscas o sujetadores superiores de cada uno de los filtros.



Figura 26 Sujetadores de los filtros (Elaboración propia).

5. Extraer cada uno de los filtros pulidores cuidado de que las flautas de acero inoxidable no se muevan de su lugar.



Figura 27 Extracción de filtros pulidores (Elaboración propia).

6. Una vez retirado todos los filtros lavar y enjuagar el interior del tanque pulidor.



Figura 28 Interior del tanque pulidor (Elaboración propia).

7. Colocar los filtros nuevos cada uno en su flauta correspondiente.



Figura 29 Colocación de filtros nuevos (Elaboración propia).

8. Situar los sujetadores de los filtros ajustándolos a presión de tal manera que el filtro no se mueve de la flauta.



Figura 30 Colocación de los sujetadores (Elaboración propia).

9. Acomodar la tapa superior y apretar el cinto de ajuste.



Figura 31 Cinto de ajuste (Elaboración propia).

10. Abrir la válvula de purga del tanque de los filtros pulidores que se encuentra en la parte superior y cerrar la válvula del dren de la parte baja del filtro, de igual manera la válvula de alimentación y descarga de agua del filtro, para eliminar el aire que se encuentra en el interior del tanque hasta que se llene en su totalidad de agua.



Figura 32 Válvula de purga del tanque pulidor (Elaboración propia).

11. Cerrar la válvula de purga de aire y poner E/Op el módulo de osmosis.



Figura 33 Módulo de Osmosis inversa (Elaboración propia).

4.5.5 Procedimiento de lavado CIP de membrana osmosis inversa

Como parte del mantenimiento preventivo que conlleva la operación de la osmosis inversa es realizarle en periodos de 1 mes o más, dependiendo del ensuciamiento, un lavado caustico o acido (lavado CIP) esto con la finalidad de evitar taponamiento por materia orgánica o incrustaciones por minerales en el interior de la membrana.

4. 5.5.1 Periodo para realizar retrolavados

Cuando las presiones de entrada y salida de la osmosis superen los 30 psi de presión al inicio de su operación el flujo de permeado haya disminuido o la conductividad del agua permeado se haya elevado, para esto es necesaria tomar los parámetros de operación iniciales al momento de poner a operar el sistema de osmosis inversa por primera vez, y así mismo llevar una bitácora diaria de estos parámetros (conductividad del agua osmosada o permeada, presión de entrada a la osmosis inversa, presión inter etapas, presión de rechazo o salida, flujo del agua producto y agua de rechazo, dureza y cloruros del agua producto). Para llevar a cabo este proceso es necesario contar con un sistema de lavado CIP donde se prepara la solución de limpieza (cáustica y acida) que se utilizará para el lavado de las membranas, a continuación, se describe el proceso de lavado en las ilustraciones 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47.

4.5.5.2 Preparación de la solución caustica y acida

En un tanque de 200 litros preparar una solución al 5% de sosa cáustica (BP-800) o solución acida (ácido clorhídrico 602-HD) diluida con agua osmosada.



Figura 34 Preparación de solución cáustica (Elaboración propia).

PROCEDIMIENTO

1. Dejar fuera de operación la osmosis a lavar en este caso la osmosis 1.



Figura 35 Módulo de operación de osmosis (Elaboración propia).

2. Cerrar el suministro de agua hacia las membranas.



Figura 36 Válvula de alimentación de agua (Elaboración propia).

3. Drenar el agua que quedo estancada en las membranas, para evitar que la solución de limpieza pierda concentración.

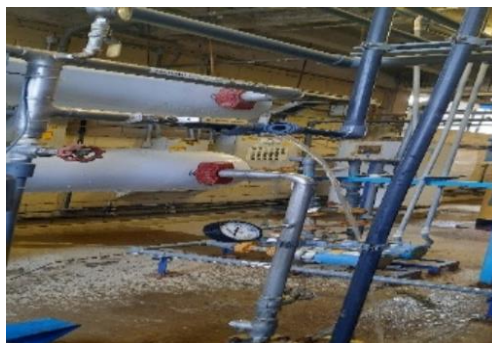


Figura 37 Drenado de agua estancada (Elaboración propia).

4. Cerrar la válvula de entrada y salida de osmosis y la válvula del agua osmosada hacia el tanque de osmosis.



Figura 38 Válvula de rechazo
(Elaboración propia).



Figura 39 Válvula hacia el tanque de osmosis
(Elaboración propia).

5. Abrir las válvulas de entrada, salida y de producto de lavado hacia el tanque CIP.



Figura 40 Válvulas de entrada y salida de producto (Elaboración propia).

6. Poner en operación la bomba del sistema CIP, para empezar a recircular la solución de limpieza al interior de la membrana.

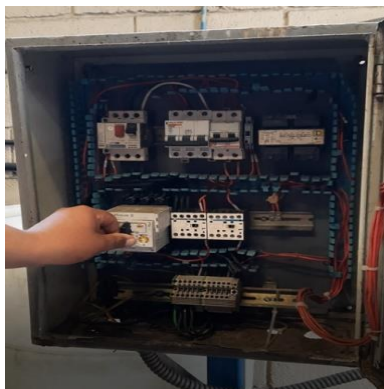


Figura 41 Sistema CIP (Elaboración propia).

7. Dejar recirculando la solución de limpieza caustica durante el lapso de una hora, esto con la finalidad que la solución de limpieza caustica al entrar en la membrana vaya matando toda la materia orgánica que se encuentra adherida. Si la solución de limpieza se encuentra demasiado sucia, desechar la solución, realizar una nueva y continuar recirculando en el tiempo restante.



Figura 42 Tanque CIP (Elaboración propia).

8. Concluir el tiempo de recirculación, dejar fuera el sistema CIP apagando la bomba y cerrando a válvula de entrada, salida y producto de lavado y dejar reposar durante 1 hora (o hasta 24 horas según el ensuciamiento) la solución dentro de la membrana.



Figura 43 Interruptor de encendido y apagado de bomba (Elaboración propia).

9. Drenar la solución del tanque CIP al tanque de almacenamiento de residuos de lavado, esto mediante la válvula hacia el tanque.

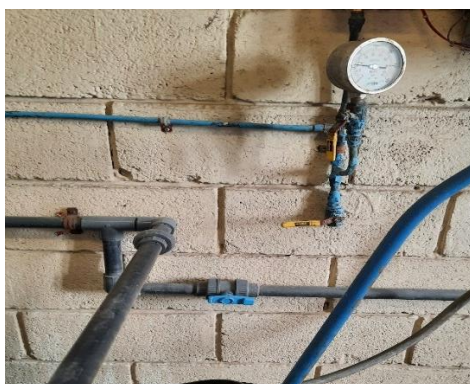


Figura 44 Válvula hacia el tanque de residuos (Elaboración propia).

10. Concluido el tiempo el tiempo de reposo de la solución, abrir la válvula de rechazo y producto únicamente dentro de lavado y abrir la válvula de alimentación de agua del sistema de osmosis, para que se vaya realizando el enjuague de las membranas e ir vaciando el rechazo hacia el tanque CIP, para que posteriormente enviarla al tanque de residuos de la osmosis.
11. Mantener enjuagando hasta que el rechazo del agua de las membranas salga limpio.



Figura 45 Agua de retrolavado (Elaboración propia).

12. Encender la bomba de alta presión del módulo de la osmosis para que la presión de enjuague sea mayor y poder arrastrar toda la solución de limpieza hacia el tanque CIP; continuar enjuagando hasta que la conductividad de la pantalla del módulo de la osmosis se haya estabilizado, hacia los parámetros iniciales o menor.
13. Abrir completamente la válvula de agua osmosada hacia el tanque de osmosis y cerrar la válvula de producto hacia el tanque CIP, abrir también la válvula de rechazo de la osmosis en su totalidad y cerrar la válvula de salida hacia el tanque CIP.
14. Ir cerrando poco a poco la válvula de rechazo de la osmosis hasta realizar un ajuste de operación del 60% de agua osmosada y 40% de agua de rechazo.



Figura 46 Módulo de osmosis (Elaboración propia).

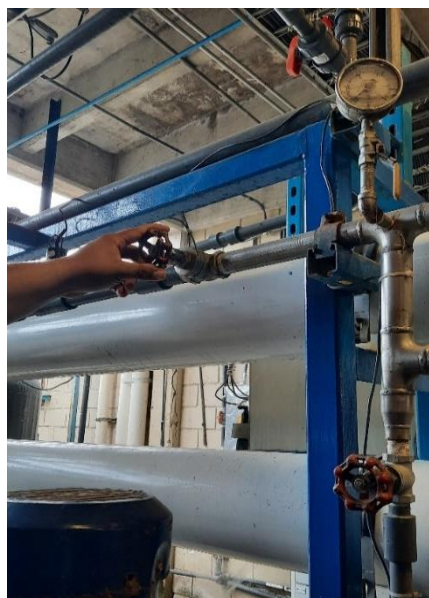


Figura 47 Válvula de agua de rechazo (Elaboración propia).

15. Tomar los datos de operación iniciales después del lavado (conductividad del agua osmosada o permeada, presión de entrada a la osmosis inversa, presión inter etapas, presión de rechazo o salida, flujo del agua producto y agua de rechazo, dureza y cloruros del agua producto).

4.5.6- Procedimiento para cambio de membrana de osmosis inversa

Para un correcto cambio de membrana se debe de seguir el siguiente proceso, así como se muestran en las figuras 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 y 56.

1. Dejar fuera de operación el módulo de osmosis al que se le cambiaran las membranas y cerrar la válvula de alimentación del agua.



Figura 48 Modulo de osmosis inversa (Elaboración propia).

2. Drenar el agua estancada de las membranas dejando abierta la válvula de rechazo del módulo de osmosis.



Figura 49 Agua estancada de las membranas (Elaboración propia).

3. Quitar los acoplamientos de los tubos que van conectados en la descarga del agua producto (agua osmosada) instalados en el exterior de las tapas de los bacines de la osmosis.



Figura 50 Acoplamientos de los tubos (Elaboración propia) .

4. Con ayuda de una pinza mecánica o de punta remover los seguros sujetadores de las tapas de cada bacín.



Figura 51 Sujetadores de las tapas (Elaboración propia).

5. Jalar las tapas hacia afuera para retirarlas de los bacines; en caso de que no se pueda retirar las tapas con facilidad colocar nuevamente los seguros sujetadores en cada una de las tapas y únicamente dejar sin seguro la tapa a remover, cerrar la válvula de rechazo de la osmosis y abrir la válvula de alimentación esto para que la fuerza hidráulica del agua vaya expulsando la tapa hacia afuera (si aun así no es necesario la fuerza para expulsar la tapa encender el módulo de osmosis que implica la operación de la bomba de alta presión para que con ayuda de la fuerza de la bomba sea expulsada la tapa).



Figura 52 Membranas de osmosis (Elaboración propia).

6. Tener precaución de que las tapas no caigan al suelo y únicamente encender el módulo de osmosis de 1 a 3 segundos en lo que la presión libera la tapa, quitar las tapas de abajo hacia arriba en dirección contraria al flujo.
7. Una vez quitadas todas las tapas se procederá a quitar todas las membranas empujándolas en dirección del flujo. Se debe de Quitar empaques negros interiores donde descansa la tapa dentro de los bacines de la osmosis.
8. Una vez retiradas todas las membranas lavar el interior de los bacines hasta que estén completamente limpios.



Figura 53 Interior de los bacines (Elaboración propia).

9. Agregar glicerina en la entrada del bacín o porta membranas e insertar la membrana nueva de osmosis siguiendo la dirección del flujo marcada y colocando su acoplamiento entre cada una de ellas. Ir agregando glicerina a las membranas de osmosis al ir metiendo al bacín o porta membranas, esto para que sea más fácil introducirla y no dañarla.
10. Una vez colocadas todas las membranas colocar el empaque interior.
11. Colocar cada una de las tapas del bacín o porta membranas.
12. Colocar cada uno de los seguros de las tapas, antes de colocar las tapas asegurarse de ver instalado el rompedor de presión en la entrada y rechazo del flujo de los tubos de la osmosis.

13. Poner los acoplamientos de los tubos que van conectados en la descarga del agua producto (agua osmosada) instalados en el exterior de las tapas de los bacines de la osmosis.
14. Abrir la válvula de alimentación y posteriormente válvula de rechazo del agua de osmosis.
15. Encender el módulo de osmosis y dejar operar hasta que la conductividad en el tablero se estabilice, llegando la conductividad debajo de los 30 ms.



Figura 54 Módulo de osmosis (Elaboración propia).

16. Ya estabilizada la conductividad ir cerrando poco a poco la válvula de rechazo hasta ajustar el flujo deseado (60% producto y 40% rechazo).



Figura 55 Módulo de agua de rechazo (Elaboración propia).

4.6 Suavizadores

Los intercambiadores de iones son sustancias químicas sólidas e insolubles en forma de granos, cuya naturaleza puede ser variable y que presentan la propiedad de cuando se les pone en contacto con un líquido que contenga iones en solución de cambiar valencia por valencia, algunos de sus iones constituidos por otros iones que se encuentran en la solución, sin que se disuelva ni se altere su estructura. Por el catión H^+ , ligado al grupo activo o por cualquier otro catión previamente fijado a este grupo, tal cosa es la que ocurre en las llamadas resinas de sodio utilizadas en el proceso de suavización de aguas.

El cambiador puesto en contacto con la solución de una sal cualquiera intercambia el ion ligado a su grupo activo (H^+ o Na^+) en el caso de un intercambiador de cationes por el ion de la sal (Ca^{++} , Mg^{++}) que se encuentran en solución y esto de acuerdo con una reacción del equilibrio reversible el sentido de desplazamiento es función de las actividades de los iones.

Cuando el intercambiador se encuentra saturado, se le devuelve su actividad mediante el paso de una solución conveniente, restituyendo los iones cedidos por el previamente, se trata de un proceso cíclico que puede reproducirse multitud de veces en el caso de suavización de agua, el cambiador de cationes se lava con una solución de cloruro de sodio (salmuera), en esencia la operación de suavizado de agua consiste en lo siguiente:

Se ejecuta utilizando un material intercambiador de cationes llamado resina base sódica y conocida comúnmente bajo la denominación de resina. Cuando se pasa agua conteniendo elementos de dureza (principalmente calcio y magnesio) a través de una unidad suavizadora, la resina toma los elementos de (Ca^{++} y Mg^{++}) y da a cambio iones de sodio. Estos iones de sodio al combinarse con los aniones que venían con la dureza dan sales solubles a todas las temperaturas y no forman depósitos; una vez que se han intercambiado los iones Ca^{++} y Mg^{++} , por iones Na^+ se dice entonces que el agua esta suavizada.

Cuando la resina se encuentra agotada, se le pasa una solución de cloruro de sodio (salmuera) para restituirle los iones sodio que haya donado y de este modo volverla a tener en condiciones para usarla de nuevo como suavizadora. El proceso de regeneración puede ser repetido muchas veces, al igual que el proceso de suavización, la eficiencia de suavización o ablandamiento, depende de varios factores tales como: dureza total, flujo de agua, la velocidad de flujo, características de la resina usada, diseño del equipo, etc.

Los suavizadores contienen un tipo de resina que les permite ofrecer una operación bastante eficiente y económica, a continuación, se hace una descripción de los pasos de operación:

Retrolavado: El agua fluye de la cama de resina a una velocidad controlada en dirección ascendente, lavando y clasificando la resina para ayudar al proceso de regeneración, al mismo tiempo las partículas de suciedad y los finos de las resinas se arrojan al drenaje.

Regeneración: La solución de salmuera se pasa a través de la cama de la resina para intercambiar los iones absorbidos durante la corrida anterior dejando a la resina activada para la próxima corrida, de tal modo que se elimina en forma saludable y se tira al drenaje, el calcio y el magnesio.

Enjuagado: Las camas de resina se lavan para eliminar los productos de regeneración y salmuera que haya quedado como remanente, las columnas de resina se lavan mediante un flujo de agua descendente alimentándose está a través de un distribuidor que se encuentra en la parte superior de la columna eliminándose el agua de enjuagado.

Servicio: Después de que se ha lavado durante un periodo corto de tiempo y que se han eliminado todos los productos indeseables de la cama, la capacidad de intercambio de la resina estará a su máxima eficiencia y el agua producida se podrá mandar a servicio. El ciclo continúa hasta que se obtiene el límite o volumen que se debe manejar, es decir hasta que se ha suavizado un determinado volumen de agua, que previamente se ha fijado con las condiciones de operación.

4.6.1 Arranque y operación de Suavizadores

Después de pasar el agua por el sistema de osmosis inversa, el agua osmosada pasa al tanque captador de agua de osmosis donde por medio de 2 bombas es enviada a los suavizadores donde a una presión de 50 psi pasan por las resinas de los suavizadores realizando el intercambio iónico para posteriormente pasar a un tanque interno en el cual a través de bombeo envía agua a calderas, chillers, líneas de producción y sistemas de enfriamiento.

La operación de las bombas puede manejarse en modo local o modo automático, pero en todo momento la operación es de modo automático controlando su función por medio del tanque captador de agua de osmosis, en la figura 4.56 se muestra los equipos suavizadores.



Figura 56 Módulo de suavizadores de planta potabilizadora (Elaboración propia).

4.7 Fichas técnicas de los equipos

Debido a que no se contaba con una ficha técnica presente, se extrajeron los datos de la placa que se encuentra en cada uno de los equipos los cuales se mencionan a continuación:

4.7.1. Filtro arenas

Descripción	Cantidad
Número de unidades	2
Operación	Automática por tiempo
Flujo normal a tratar	9.4 lps (150 gpm)
Flujo normal por filtro	283.8 lpm (75 gpm)
Flujo superficial normal	2.5 lpm/m ² (3.8 gpm/pie ²)
Flujo de aire para el retrolavado	53.7 pies ³ /min
Tiempo de retrolavado agua-aire	15 minutos
Flujo de agua de retrolavado final	889.5 lpm (235gpm)
Presión de diseño	5.0 kg/cm ²
Presión de operación	3.5 kg/cm ²

Tabla 8 Ficha técnica de los filtros arena (Elaboración propia).

4.7.1.1 Lista de válvulas y accesorios

- 9 válvulas de diafragma, de operación automática de 4", 150 libras de presión máxima.
- válvulas de diafragma de operación automática de 3", 150 libras de presión máxima.
- válvulas de diafragma de operación automática de 1", 150 libras de presión máxima.
- válvulas de diafragma de operación automática de 1 1/2", 150 libras de presión máxima.
- válvulas de diafragma de operación automática de 2", 150 libras de presión máxima normalmente cerrada.
- 2 válvulas de check horizontales de 2".
- válvulas de operación manual tipo aguja de 1/4", rosca NPT de 150 libras de presión máximo con material de bronce.
- 1 válvula stager motorizada, modelo 51-10

- ✚ válvulas solenoide de 3 vías de 3/8" NPT, con bobina de 115 volts.
- ✚ válvulas de corte de operación manual, tipo aguja para muestras de 1/4" con rosca NPT, 150 libras de presión máxima con material de bronce.
- ✚ válvulas tipo mariposa de operación manual de 3", 125 libras de presión máxima instalada entre bridas C.R.
- ✚ 4 indicadores de presión manómetros con caratula redonda de 2 1/2" con conexión exterior de 1/4", rosca NPT con un rango de 0-7 kg/cm².

4.7.2. Filtros carbón

Descripción	Cantidad
Número de unidades	2
Operación	Automática por tiempo
Flujo normal a tratar	1.4 lps (22.9 gpm)
Flujo normal por unidad	0.7 lpm (11.45 gpm)
Flujo superficial normal	1.0 lpm/m ² (1.6 gpm/pie ²)
Flujo de retrolavado por unidad de área	1.0 lpm/m ² (1.6 gpm/pie ²)
Flujo de agua de retrolavado	0.7 lpm (11.45 gpm/pie ²)
Tiempo de retrolavado	10 min
Volumen de agua de retrolavado	433.4 lts. (114.5 gal)
Presión de diseño	5.0 kg/cm ²
Presión de operación	3.0 kg/cm ²

Tabla 9 Ficha técnica de los filtros arena (Elaboración propia).

4.7.2.1 Lista de válvulas y accesorios

- ✚ 8 válvulas de diafragma de operación automática de 1 1/2" con rosca NPT, 150 libras de presión máxima, material A.G.
- ✚ 4 válvulas de diafragma de operación automática de 1" con rosca NPT, 150 libras de presión automática, material A.G.
- ✚ 4 válvulas tipo aguja de corte con operación manual de 1/4" con rosca NPT, 150 libras de presión máxima, material de bronce.
- ✚ 2 válvulas para muestras tipo aguja de operación manual de 1/4", 150 libras de presión máxima, material de bronce.
- ✚ 4 válvulas de corte de operación manual de 1 1/2" con rosca NPT, 150 libras de presión máxima, material A.G.
- ✚ 1 válvula de puertos múltiples motorizada "stager", modelo 51-10.

4.7.3. Filtros pulidores de osmosis inversa

Descripción	Cantidad
Número de unidades	1
Material de construcción	Acero inoxidable 304
Diámetro	0.35 M (14)
Altura en la parte recta	0.91 M (36)
Espesor de la placa de acero inoxidable de las tapas toriesfericas	4.76 mm (3/16)
Espesor de pared	4.76 mm (3/16)
Tapa superior	Desmontable, atornillada
Fondo falso	Acero inoxidable
Boquilla para entrada y salida	25.4 mm (1) de diámetro

Tabla 10 Ficha técnica de los pulidores de osmosis (Elaboración propia).

4.7.3.1 Mantenimiento de la osmosis inversa

A este sistema de 2 filtros pulidores de agua se le deberá dar mantenimiento aproximadamente cada 2 meses o cuando exista una caída de presión considerable (mayor a 1kg/cm² aproximadamente). Este mantenimiento consiste en cambiar los elementos filtrantes por nuevos, removiendo los tornillos de la tapa superior de la columna.

4.7.4. Suavizadores

Descripción	Cantidad
Número de unidades	2
Diámetro exterior	0.40m (16)
Altura del cuerpo cilíndrico	1.52 m (16)
Material de construcción	Fibra de vidrio
Presión de diseño	5.0 kg/cm ²
Presión de operación	3.5 kg/cm ²
Espesor de la lámina del cuerpo cilíndrico	9.52 mm (3/8)
Espesor de las tapas toriesfericas	12.7 mm (1/2)
Distribuidor superior	Tubo de 1" codo de 1" a 90°
Distribuidor inferior	Tipo cruz de 1 ½" NPT con 4 laterales de 1 ½" x8 longitud
Fuertemente acida, tipos gel, "resintsaric 16"	1 13.2 lts. (4pies3)

Tabla 11 Ficha técnica de los Suavizadores (Elaboración propia).

4.7.4.1 Lista de válvulas y accesorios incluidos

- 10 válvulas de diafragma de operación automática de 1", material PVC.
- 2 válvulas de diafragma de operación automática de ¾", material PVC.
- 2 válvulas de diafragma de operación automática de ½", material PVC.
- 2 válvulas tipo bola de operación manual de ½", rosca NPT, 70 libras de presión máxima con material PVC.
- 4 válvulas tipo aguja de operación manual de ¼" con rosca NPT, 125 libras de presión máxima con material PVC.
- 2 válvulas tipo aguja de operación manual de ¼" con rosca NPT, 125 libras de presión máxima con material PVC.
- 2 válvulas motorizadas "Stager" serie 58B-SS.
- 2 eductores de 1" con rosca NPT, material PVC.
- 4 válvulas tipo bola de operación manual de 1", 150 libras de presión máxima con material PVC.
- 1 indicador de flujo, marca "Signet".
- 4 indicadores de presión (manómetros) caratula redonda de 2 ½", con conexión exterior de ¼" con rosca NPT, rango de 0 a 7 kg/cm².

4.8 Diagnóstico de operación

La entrevista fue aplicada a los 3 encargados de la planta potabilizadora por parte de Chem-Aqua, la entrevista consistió en un formato elaborado por el autor (anexo 1), con 6 ítems de preguntas abiertas y cerradas, cuyos resultados obtenidos son los siguientes:

El encargado de la planta potabilizadora con mayor tiempo de antigüedad es el técnico comercial, el Ing. Aaron Reyna Saldaña que lleva 5 años en la planta potabilizadora, el ingeniero nos respondió que en su puesto de trabajo se encarga del control y monitoreo de la correcta operación de la planta potabilizadora. La pregunta número 2 nos menciona que ha tomado más de 15 cursos por parte de la empresa en un periodo de cada 5 meses.

Los mantenimientos que nos mencionó que necesita la potabilizadora son los retrolavados de los equipos y arreglo de las bombas dosificadoras. La pregunta número 5 nos respondió que si considera que la falta de capacitación afecta la correcta operación de la planta. En la pregunta número 6 nos menciona que es necesario la implementación y el uso de un proceso escrito de la operación de la planta potabilizadora. El segundo entrevistado fue el técnico de servicio el Ing. Hugo Daniel Charles Mendoza, que lleva 3 años y medio de servicio. La pregunta 1 que corresponde a que tarea realiza en el puesto de trabajo, nos respondió que se encarga de asegurar la calidad requerida por Taghleef Industries, dentro de la planta potabilizadora para su operación continúa en las áreas de proceso.

Para la pregunta número 2 nos respondió que ha recibido más de 10 cursos en un periodo de 6 meses. Nos respondió a la pregunta 4 que los principales mantenimientos son los preventivos que se llevan a cabo cada semana, los cuales son los retrolavados de los filtros, cloración adecuada, Flusing de ósmosis, regeneración de suavizadores, inyección de producto químico a las diferentes etapas de proceso. La pregunta número 5 el ingeniero considera que la falta de capacitación afecta la operación de la potabilizadora, ya que si no se tiene los principios básicos pueden provocar que el tratamiento del agua no sea el adecuado y no cumpla con la calidad requerida.

Finalmente, para la última pregunta nos respondió que es muy necesario, debido a que implementar un proceso escrito al nuevo personal tanto interno como externo, para que conozcan los principios de operación de la potabilizadora y con ello reducir el tiempo de capacitación logrando que el personal conozca los fundamentos necesarios para su operación y no solo la que se transmite de boca a boca en el campo de proceso.

El tercer entrevistado fue el técnico Víctor Jesús Cruz Hernández, quien lleva un año laborando en la planta potabilizadora, el técnico nos mencionó que ha recibido un curso de capacitación en un año, las tareas que realiza son los análisis del agua, llenado de químicos para caldera y torres.

De igual forma, nos mencionó que la potabilizadora necesita constante mantenimiento correctivo, como lo son el lavado de osmosis, retrolavado de filtros arena y suavizadores. El técnico considera que la falta de capacitación constante no afecta la operación de la planta, sin embargo, si considera necesario la implementación de un proceso escrito del funcionamiento de la potabilizadora.

La entrevista fue aplicada nuevamente al finalizar los cuatro meses, utilizando el mismo formato (Anexo 1) donde los datos obtenidos se mencionan a continuación:

Los tres encargados de la planta potabilizadora consideraron que la falta de capacitación afecta de gran medida la correcta operación y funcionamiento de la potabilizadora. De igual forma mencionaron que al aplicar un proceso escrito en la planta, se obtuvo una mayor eficacia en la potabilización del agua, además de aplicar un correcto procedimiento de los retrolavado de filtros y una buena operación de los equipos.

4.9 Análisis diarios de calidad del agua

El cumplimiento del segundo objetivo demostró la calidad del agua que entra al proceso y sale de la planta potabilizadora, los datos obtenidos de los análisis se registraron en el formato (Anexo 2), donde se realizaron de lunes a viernes, comenzando el 16 de agosto y finalizando el 16 de diciembre.

Los datos representados en las siguientes tablas son el resultado de la aplicación de estadística descriptiva, basándonos de la información de los reportes (Anexo 2), se clasifico los datos en tablas por parámetro de forma mensual, para posteriormente realizar los cálculos de las frecuencias relativas, la media, desviación estándar y la varianza. De igual forma las gráficas muestran el comportamiento de las medias de cada parámetro, las cuales se representan a continuación:

La siguiente tabla 12 muestra el promedio del pH, desviación estándar y la varianza durante el mes de agosto:

Mes: Agosto	Parámetro: PH		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.41	0.22322023	0.04982727
Filtrada	7.45	0.19381927	0.03756591
Carbón	7.49	0.17244235	0.02973636
Osmosis 1	6.63	2.49105399	6.20535
Osmosis 2	7.54	0.15530615	0.02412
Suavizada	7.54	0.23979	0.05749924

Tabla 12 pH del mes de agosto (Elaboración propia).

La tabla anterior nos muestra las medias del pH, la desviación estándar y la varianza de cada muestra, a continuación, se representa la gráfica figura 57 del comportamiento del promedio del pH durante el mes de agosto:

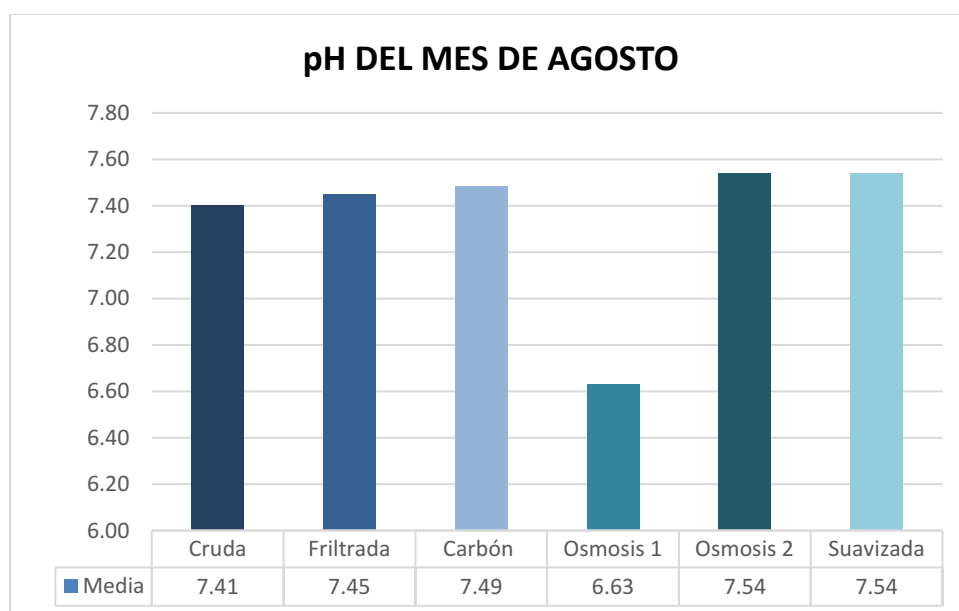


Figura 57 Gráfica del pH de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que el pH más elevado fue de 7.54 del equipo de ósmosis 2 y del agua suavizada, mientras que el pH más bajo fue de 6.63 correspondiente al equipo de osmosis 1.

La tabla 13 muestra los promedios de conductividad de las diferentes muestras de agua durante el mes de agosto:

Mes: Agosto	Parámetro: Conductividad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	1110.75	78.83	6214.93
Filtrada	1116.58	64.24	4126.63
Carbón	1131.25	69.76	4866.93
Osmosis 1	22.73	9.57	91.59
Osmosis 2	31.30	4.35	18.89
Suavizada	25.69	6.85	46.96

Tabla 13 Conductividad del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los promedios de conductividad del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la conductividad del agua cruda, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 58 se muestra el comportamiento de la conductividad:

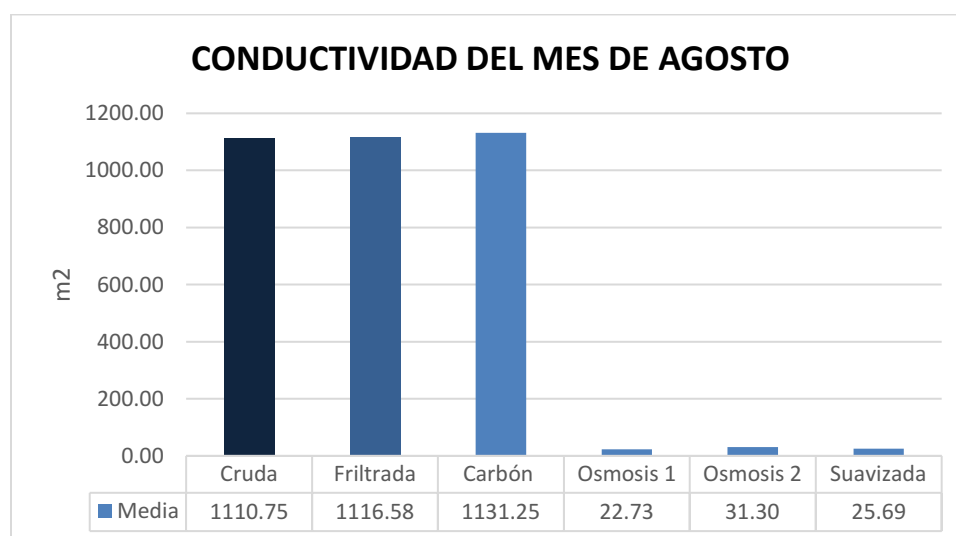


Figura 58 Grafica de conductividad del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la conductividad más elevada fue de 1131.25 perteneciente al agua carbón, mientras que la conductividad más baja fue de 22.73 correspondiente al equipo de osmosis 1.

Los datos de Dureza total del mes de agosto se representan en la tabla 14 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: Dureza		
Muestra	Media		Varianza
Cruda	260	45.53	2072.73
Filtrada	255	45.23	2045.45
Carbón	250	42.64	1818.18
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 14 Dureza del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los promedios de dureza del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la dureza del agua cruda, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica 59 se muestra el comportamiento de la conductividad:

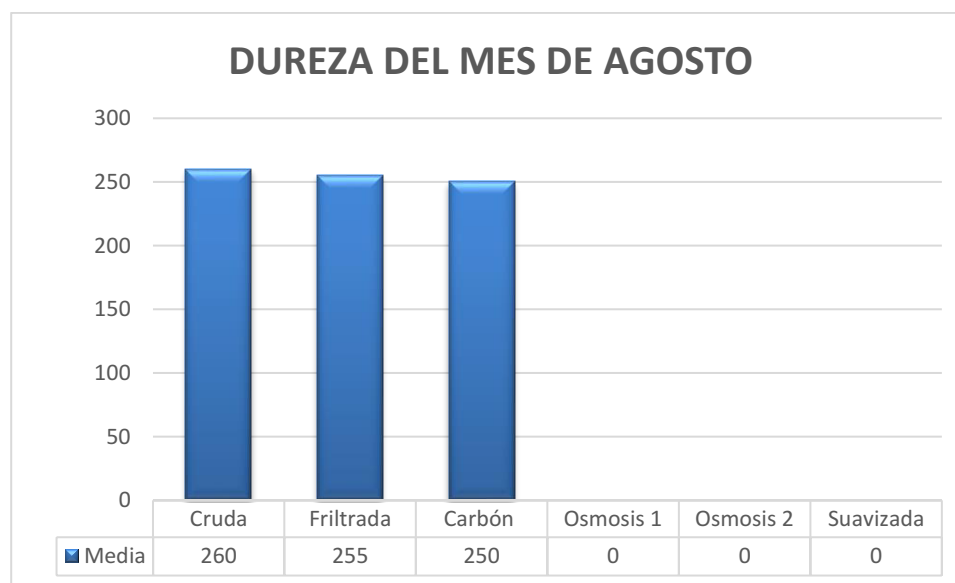


Figura 59 Grafica de dureza del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la dureza más elevada fue de 260 perteneciente al agua cruda, debido a que no se ha sometido a ningún tratamiento, se puede apreciar la disminución de este parámetro en el paso de cada equipo.

Los datos de los cloruros del mes de agosto se representan en la tabla 15 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: Cloruros		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A
Carbón	128	42.64	111.36
Osmosis 1	10.55	4	13
Osmosis 2	12	4	20
Suavizada	10	0	0

Tabla 15 Cloruros del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los resultados de cloruros del mes de agosto, se puede apreciar que al agua cruda y al agua filtrada no aplican estos análisis debido a que no han sido sometidos a ningún tratamiento el agua contiene cloruros.

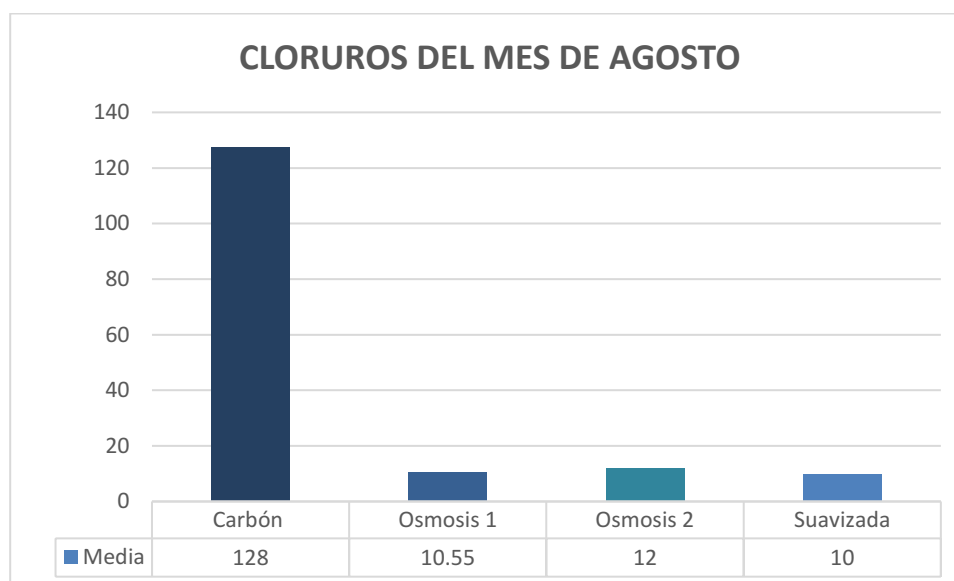


Figura 60 Grafica de Cloruros del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior 60 muestra que la mayor concentración de cloruros fue de 128 perteneciente al agua carbón, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua suavizada con 10 ppm.

Los datos de Alcalinidad Total del mes de agosto se representan en la tabla 16 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: ALCALINIDAD		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	101.7	13.37	178.79
Filtrada	105.8	9.00	81.06
Carbón	96.7	9.85	96.97
Osmosis 1	8.9	3.33	11.11
Osmosis 2	10	14	0
Suavizada	10	0	0

Tabla 16 Alcalinidad del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla 16 anterior se muestran los promedios de alcalinidad del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua cruda, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 61 se muestra el comportamiento de la alcalinidad:

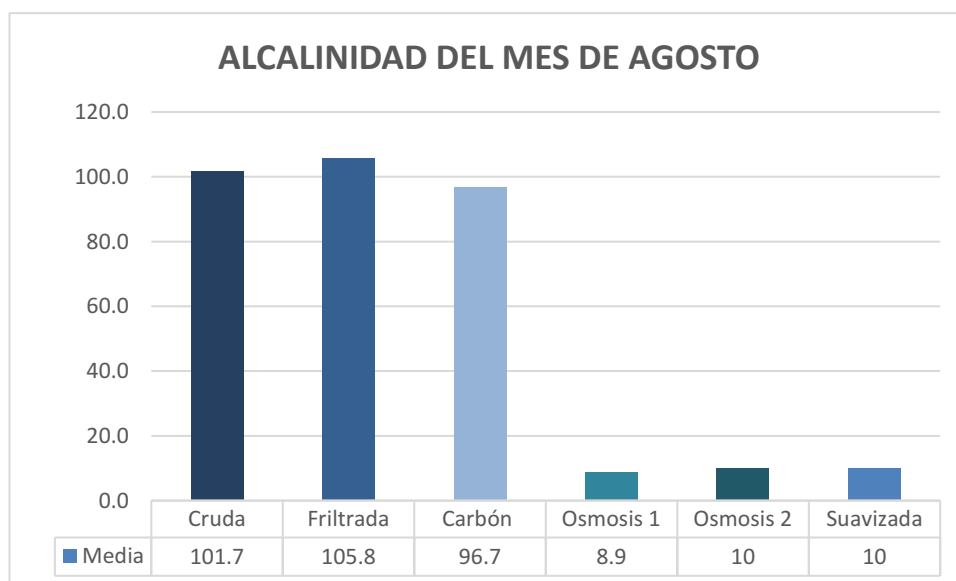


Figura 61 Gráfica de alcalinidad del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de alcalinidad fue de 105.8 perteneciente al agua filtrada, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 con 8.9 ppm.

Los datos de Solidos Suspendidos Totales (SST) del mes de agosto se representan en la tabla 17 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: SST		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	9.50	3.66	13.36
Filtrada	3.17	1.40	1.97
Carbón	0.58	0.51	0.27
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 17 SST del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior 17 se muestran los promedios de SST del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en los sst del agua cruda con 3.66, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 62 se muestra el comportamiento de los sst:

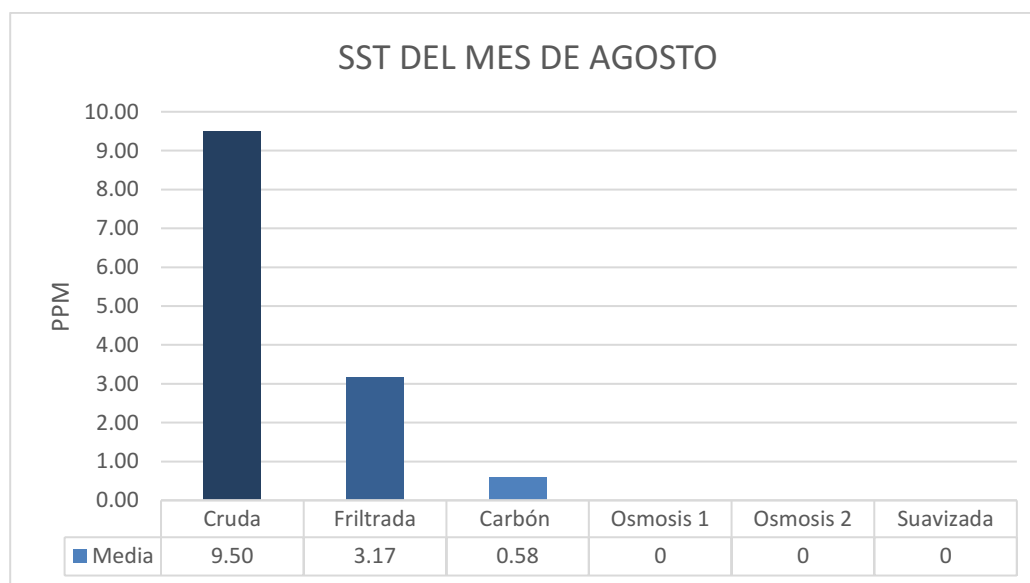


Figura 62 Gráfica de SST del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 62 muestra que la mayor concentración de sst fue de 9.50 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de turbidez del mes de agosto se representan en la tabla 18 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: TURBIDEZ		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	9.58	3.58	12.81
Filtrada	3	1.54	2.36
Carbón	0.50	0.52	0.27
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 18 Turbidez del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los promedios de turbidez del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la turbidez del agua cruda con 3.58, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 63 se muestra el comportamiento de turbidez:

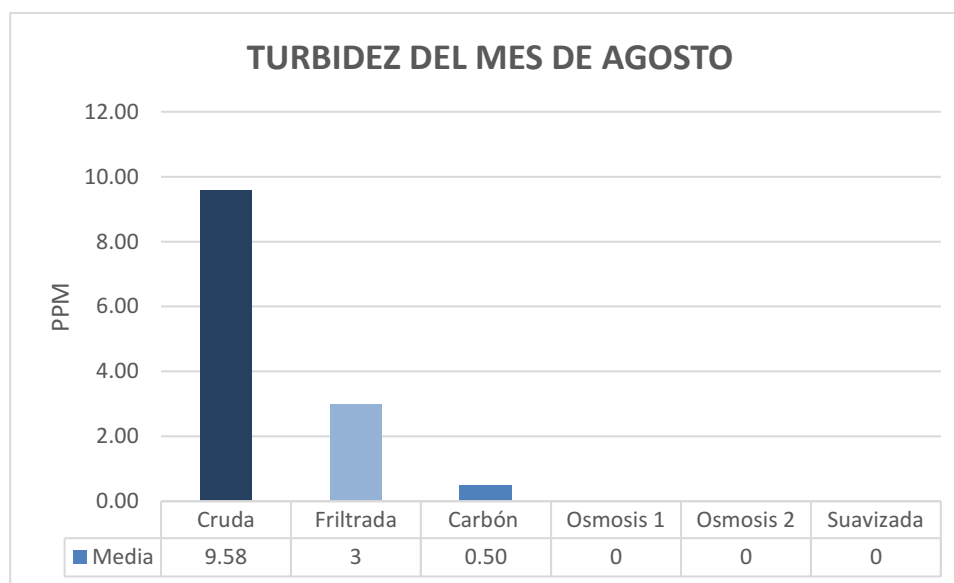


Figura 63 Gráfica de turbidez del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 63 muestra que la mayor concentración de turbidez fue de 9.58 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de salinidad del mes de agosto se representan en la tabla 19 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto	Parámetro: Salinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	558.83	24.38	1182493.11
Filtrada	569.67	24.38	110.06
Carbón	565	22.27	19.82
Osmosis 1	12.33	19.94	6.33
Osmosis 2	17.22	16.62	0.44
Suavizada	N/A	N/A	N/A

Tabla 19 Salinidad del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los resultados de salinidad del mes de agosto, se puede apreciar que el agua cruda y el agua filtrada son los que tiene mayor concentración de sal, para la muestra de agua suavizada no aplica este parámetro. En la siguiente gráfica figura 64 se muestra el comportamiento de la salinidad:

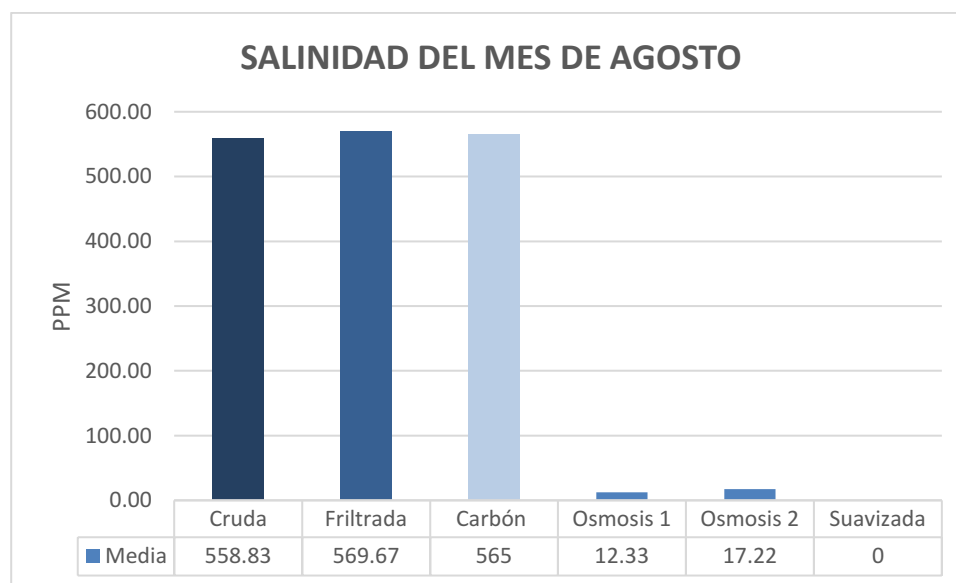


Figura 64 Gráfica de salinidad del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 64 muestra que la mayor concentración de salinidad fue de 558.83 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 con 12.33 ppm.

Los datos de Cloro residual y Cloro total del mes de agosto se representan en la tabla 20 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto		Parámetro: Cloro		
Muestra	Tipo	Media	σ	Varianza
Cruda	Residual	1.06	0.53	0.28
	Total	0.73	0.33	0.11
Filtrada	Residual	0.7	0.46	0.21
	Total	0.84	0.26	0.07

Tabla 20 Cloro del mes de agosto (Elaboración propia).

En la tabla 20 se muestran los resultados de Cloro del mes de agosto, como se puede apreciar solo se determina al agua cruda y al agua filtrada, es importante mantener las cantidades de cloro dentro del rango para una buena desinfección, la tabla nos indica que las concentraciones de cloro se mantuvieron bajas con un cloro total de 0.73 en agua cruda y 0.84 en agua filtrada. La siguiente gráfica figura 65 representa el comportamiento de cloro del mes de agosto:

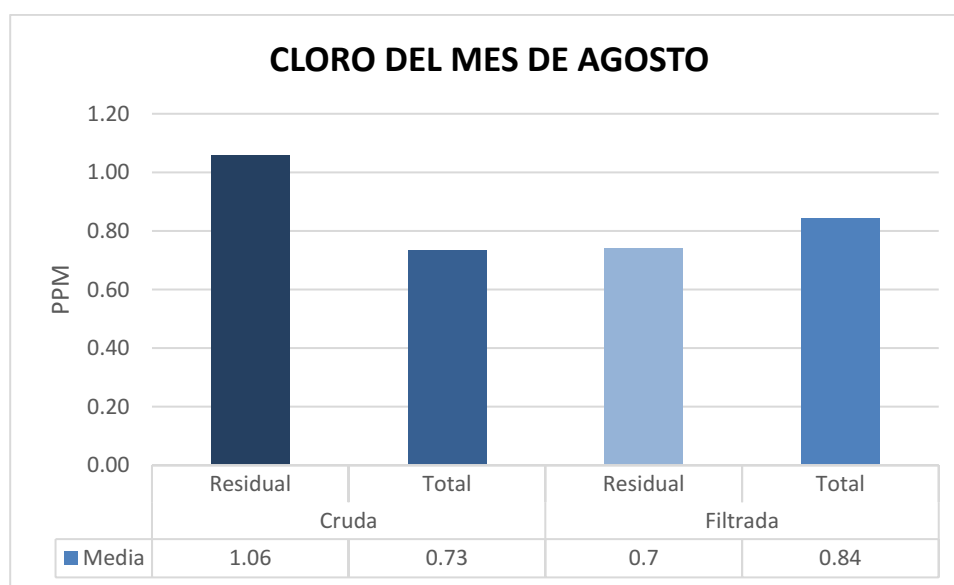


Figura 65 Gráfica de cloro del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 65 muestra que la mayor concentración de cloro fue del total con 1.06 ppm perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad fue del cloro residual con 0.7 ppm en el agua filtrada.

La siguiente tabla 21 muestra el promedio del pH, desviación estándar y la varianza durante todo el mes de septiembre:

Mes: Septiembre	Parámetro: pH		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.59	0.23	0.05
Filtrada	7.57	0.17	0.03
Carbón	7.71	0.20	0.04
Osmosis 1	7.15	1.80	3.25
Osmosis 2	7.47	0.34	0.11
Suavizada	7.35	0.17	0.03

Tabla 21 pH del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los resultados de pH del mes de septiembre, se puede apreciar que el agua carbón tiene un elevado pH con 7.71, mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 1, de igual forma la desviación estándar fue de este último equipo. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la salinidad:

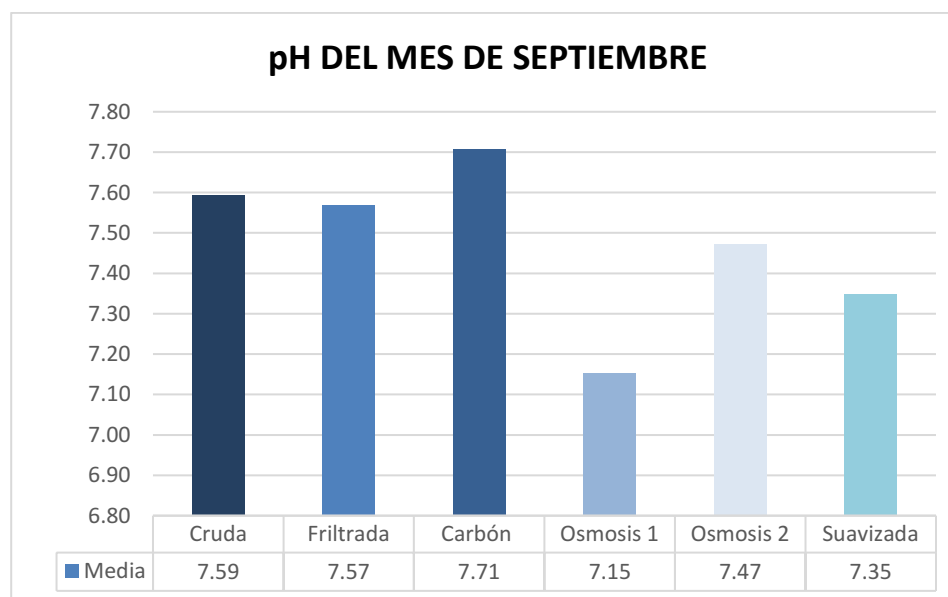


Figura 66 Gráfica de pH del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 4.66 muestra que el agua carbón tiene mayor concentración de pH a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 1.

Los datos de conductividad del mes de septiembre se representan en la tabla 22 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: Conductividad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	1137.18	47.19	2226.44
Filtrada	1134.68	46.68	2179.08
Carbón	1136.32	44.29	1961.47
Osmosis 1	30.71	9.69	93.82
Osmosis 2	33.73	3.33	11.09
Suavizada	31.64	2.42	5.87

Tabla 22 Conductividad del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 22 se muestran los resultados de conductividad del mes de septiembre, se puede apreciar que el agua cruda tiene un promedio de 1137.18 m^2 , mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 1, de igual forma la desviación estándar mayor fue del agua cruda con 79.19. En la siguiente gráfica figura 67 se muestra el comportamiento de la conductividad:

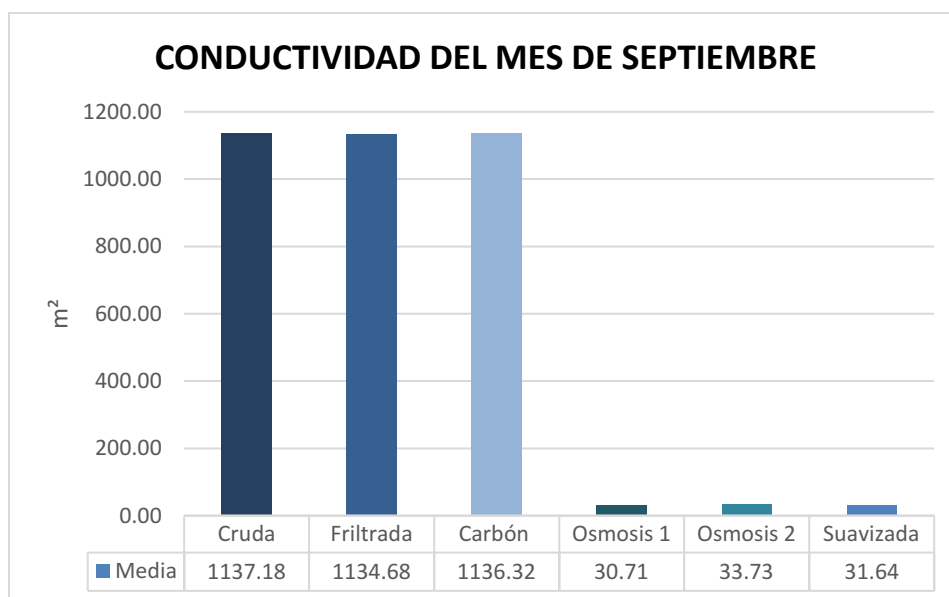


Figura 67 Gráfica de conductividad del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 67 muestra que el agua cruda tiene mayor conductividad a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 1.

La tabla 23 representa los datos obtenidos de la Dureza total del mes de septiembre:

Mes: Septiembre	Parámetro: Dureza		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	251.82	54.83	3006.06
Filtrada	237.27	34.11	1163.64
Carbón	238.64	42.57	1812.34
Osmosis 1	1.18	3.32	11.03
Osmosis 2	0.83	2.89	8.33
Suavizada	0	0	0

Tabla 23 Conductividad del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 23 se muestran los resultados de dureza del mes de septiembre, se puede apreciar que el agua cruda tiene un promedio de 251 ppm, mientras que el menor perteneció al agua suavizada, la desviación estándar mayor fue del agua cruda con 54.83 y la varianza con 3006.06. En la siguiente gráfica figura 68 se muestra el comportamiento de la dureza:

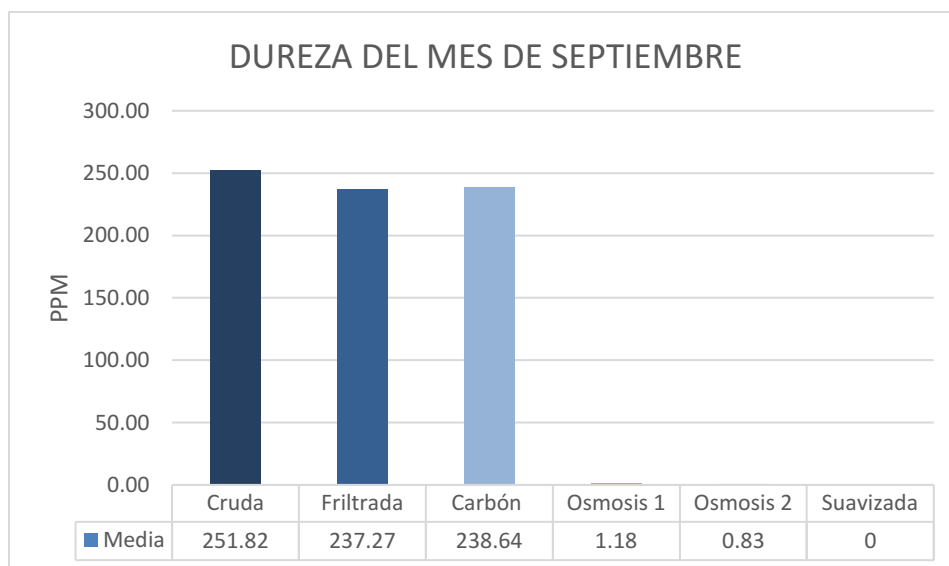


Figura 68 Gráfica de dureza del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 68 muestra que el agua cruda tiene mayor concentración de dureza con 251.82 pp.

Los datos de los Cloruros del mes de septiembre se representan en la tabla 24 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: Cloruros		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A
Carbón	135.91	19.92	396.75
Osmosis 1	12.94	8.49	72.06
Osmosis 2	16.67	4.92	1534482.75
Suavizada	0	0	0

Tabla 24 Cloruros del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla 24 se muestran los resultados de cloruros del mes de septiembre, se puede apreciar que al agua cruda y al agua filtrada no aplican estos análisis debido a que no han sido sometidos a ningún tratamiento el agua contiene cloruros.

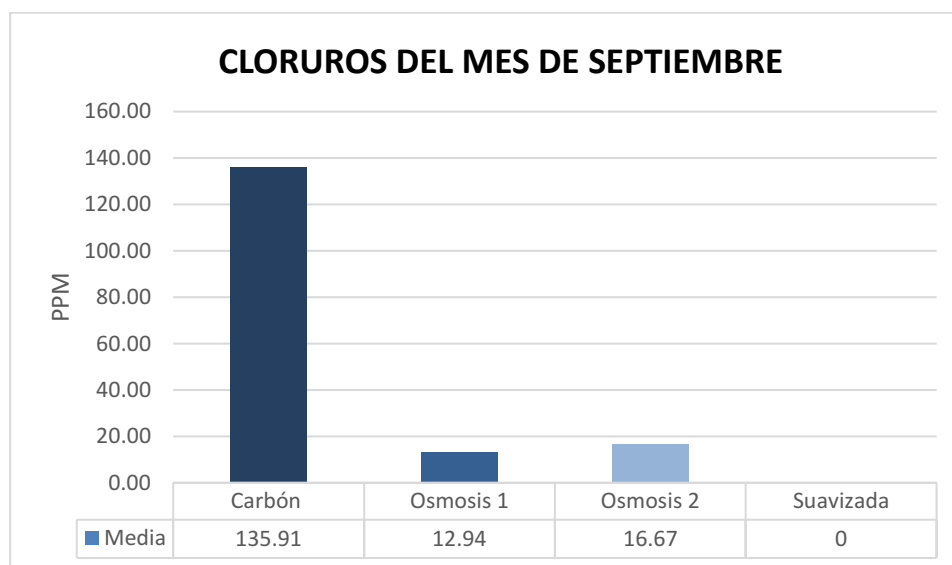


Figura 69 Grafica de Cloruros del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 69 muestra que la mayor concentración de cloruros fue de 135.91 perteneciente al agua carbón, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de Alcalinidad Total del mes de septiembre se representan en la tabla 25 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: Alcalinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	109.09	17.70	313.42
Filtrada	116.36	12.17	148.05
Carbón	111.36	13.20	174.24
Osmosis 1	8.24	3.93	15.44
Osmosis 2	10	4.26	18.18
Suavizada	10	0	0

Tabla 25 Alcalinidad del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 25 se muestran los promedios de alcalinidad del mes de agosto, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua carbón, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua carbón con 174.24. En la siguiente grafica figura 70 se muestra el comportamiento de la alcalinidad:

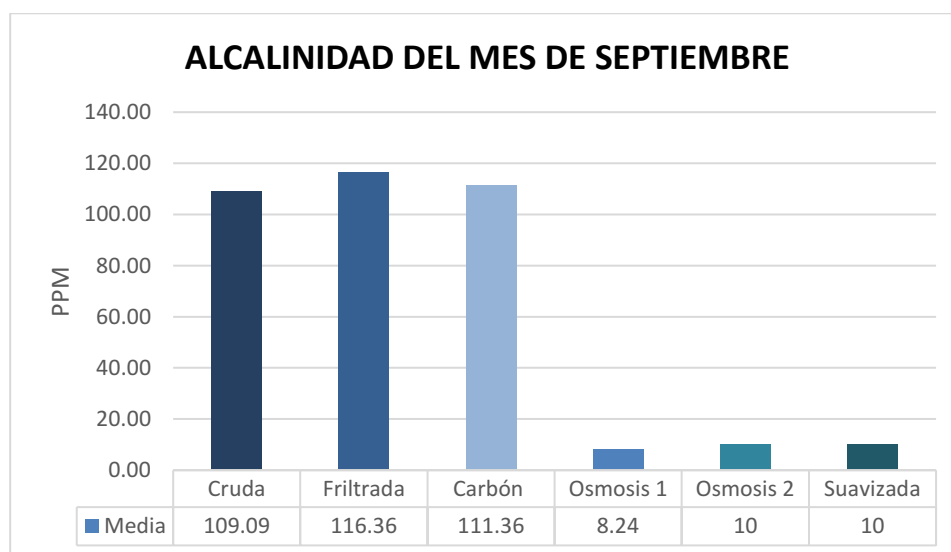


Figura 70 Gráfica de alcalinidad del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 70 muestra que la mayor concentración de alcalinidad fue de 116.36 perteneciente al agua filtrada, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 con 8.24 ppm.

Los datos de Solidos Suspendidos Totales (SST) del mes de septiembre se representan en la tabla 26 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: SST		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.59	3.26	10.63
Filtrada	2.45	1.95	3.78
Carbón	0.59	1.14	1.30
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 26 SST del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 26 se muestran los promedios de SST del mes de septiembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en los sst del agua cruda con 6.59, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 71 se muestra el comportamiento de los sst:

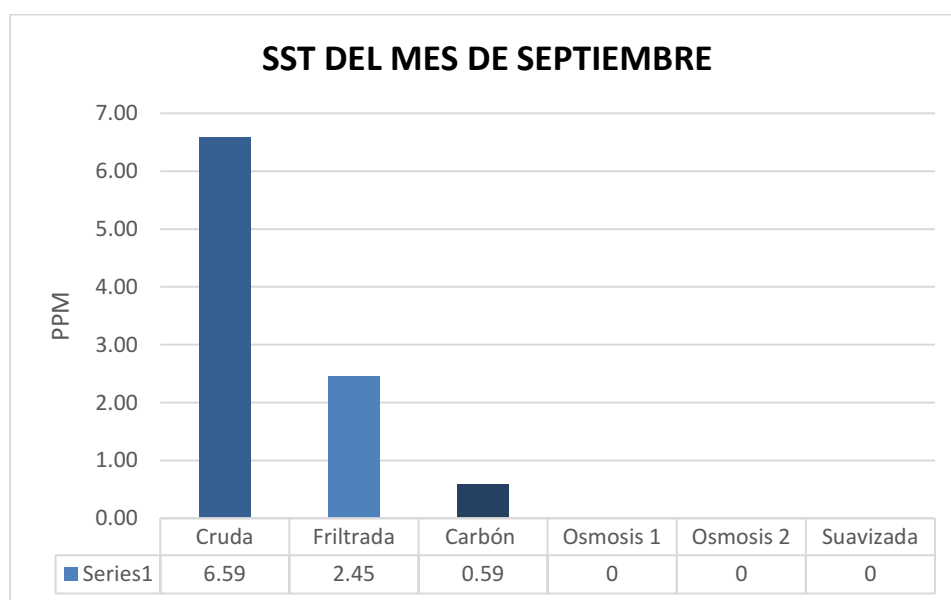


Figura 71 Gráfica de SST del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 71 muestra que la mayor concentración de sst fue de 6.59 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de turbidez del mes de septiembre se representan en la tabla 27 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: Turbidez		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.58	5.78	33.47
Filtrada	1.14	0.83	0.69
Carbón	0.32	1.49	2.23
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 27 Turbidez del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 27 se muestran los promedios de turbidez del mes de septiembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la turbidez del agua cruda con 6.58, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 72 se muestra el comportamiento de turbidez:

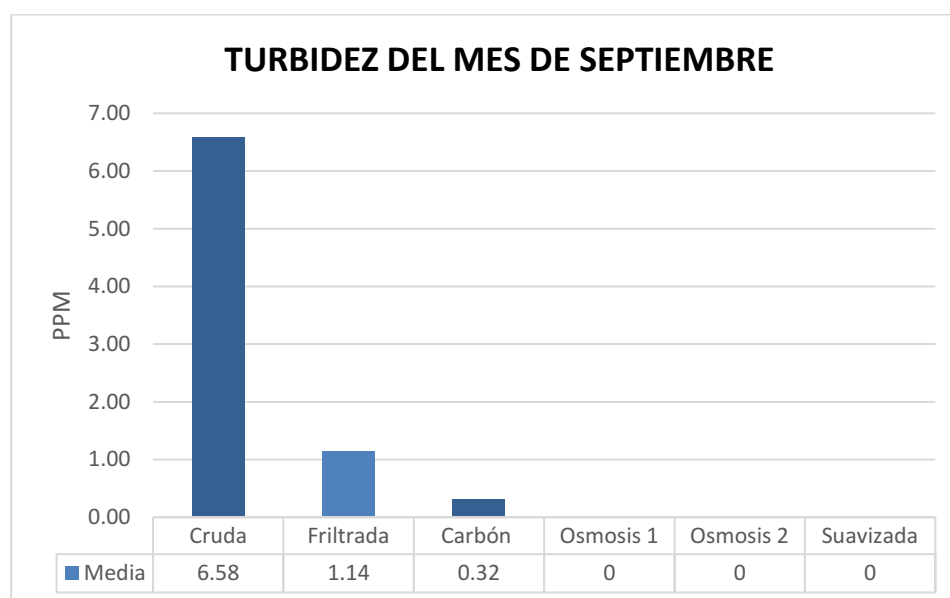


Figura 72 Gráfica de turbidez del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior 72 muestra que la mayor concentración de turbidez fue de 6.58 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de salinidad del mes de septiembre se representan en la tabla 28 que se muestra a continuación:

Mes: Septiembre	Parámetro: Salinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	595.95	15.70	246.43
Filtrada	595.55	14.13	199.69
Carbón	594.77	14.53	211.04
Osmosis 1	16	2	4
Osmosis 2	16	1	2
Suavizada	N/A	N/A	N/A

Tabla 28 Salinidad del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 28 se muestran los resultados de salinidad del mes de septiembre, se puede apreciar que el agua cruda y el agua filtrada son los que tiene mayor concentración de sal, para la muestra de agua suavizada no aplica este parámetro. En la siguiente gráfica figura 73 se muestra el comportamiento de la salinidad:

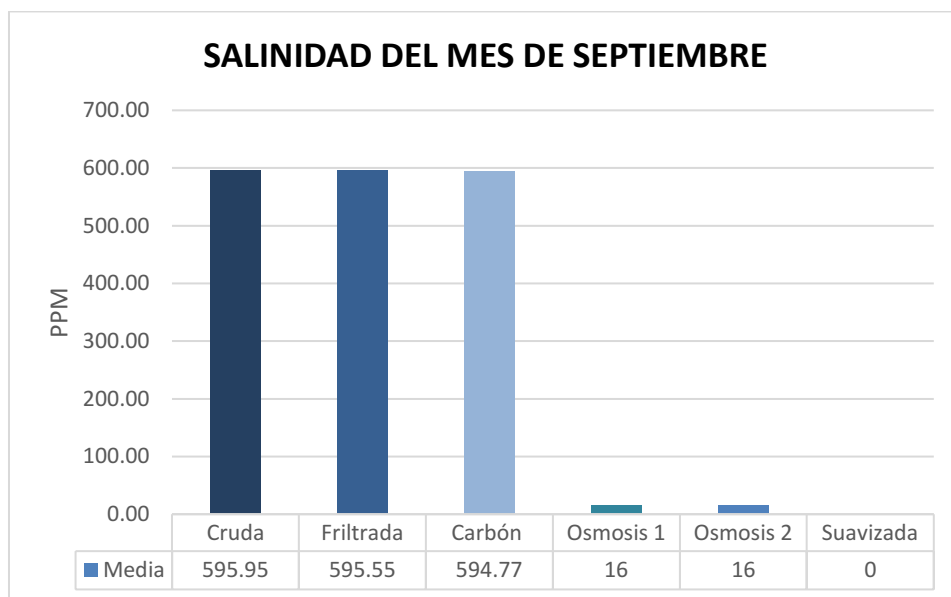


Figura 73 Gráfica de turbidez del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 73 muestra que la mayor concentración de salinidad fue de 595.55 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 y 2 con 16 ppm.

Los datos de Cloro residual y Cloro total del mes de septiembre se representan en la tabla 29 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto		Parámetro: Cloro		
Muestra	Tipo	Media	σ	Varianza
Cruda	Residual	1.41	0.53	0.28
	Total	1.25	0.33	0.11
Filtrada	Residual	1.02	0.46	0.21
	Total	1	0.26	0.07

Tabla 29 Cloro del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla 29 se muestran los resultados de Cloro del mes de septiembre, como se puede apreciar solo se determina al agua cruda y al agua filtrada, es importante mantener las cantidades de cloro dentro del rango para una buena desinfección, la tabla nos indica que las concentraciones de cloro se mantuvieron bajas con un cloro total de 1.41 en agua cruda y 1 en agua filtrada. La siguiente gráfica figura 74 representa el comportamiento de cloro del mes de agosto:

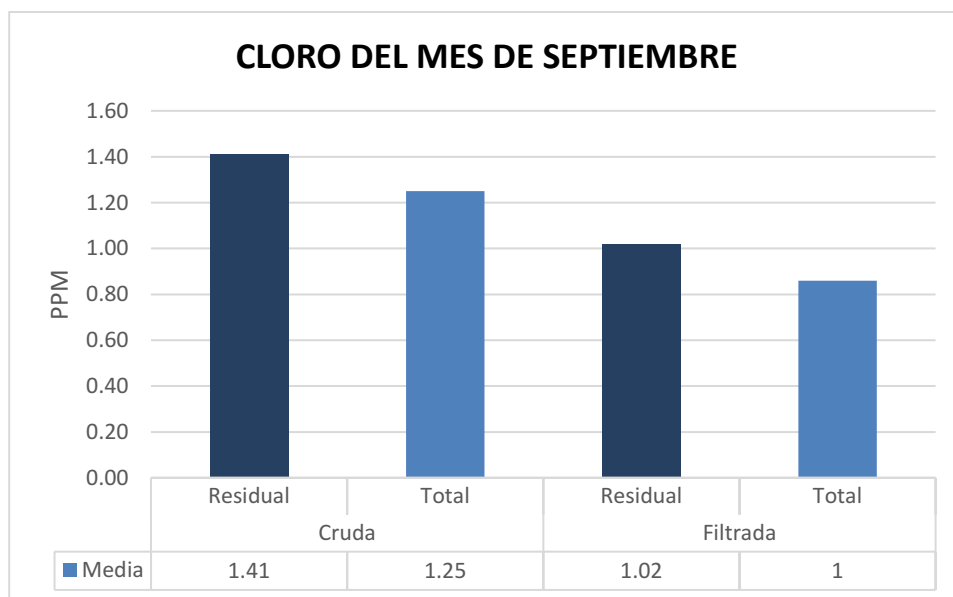


Figura 74 Gráfica de cloro del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 74 muestra que la mayor concentración de cloro fue del residual con 1.41 ppm perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad fue del cloro total con 1 ppm en el agua filtrada.

La siguiente tabla muestra el promedio del pH, desviación estándar y la varianza durante todo el mes de septiembre:

Mes: Octubre	Parámetro: pH		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.36	0.23	0.06
Filtrada	7.46	0.22	0.05
Carbón	7.63	0.18	0.03
Osmosis 1	7.69	0.26	0.07
Osmosis 2	7.42	0.35	0.12
Suavizada	7.46	0.25	0.06

Tabla 30 pH del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 30 se muestran los resultados de pH del mes de octubre, se puede apreciar que la desviación estándar más elevada perteneció al equipo de osmosis 2 con 0.35, de igual forma la varianza fue elevada con 0.12.

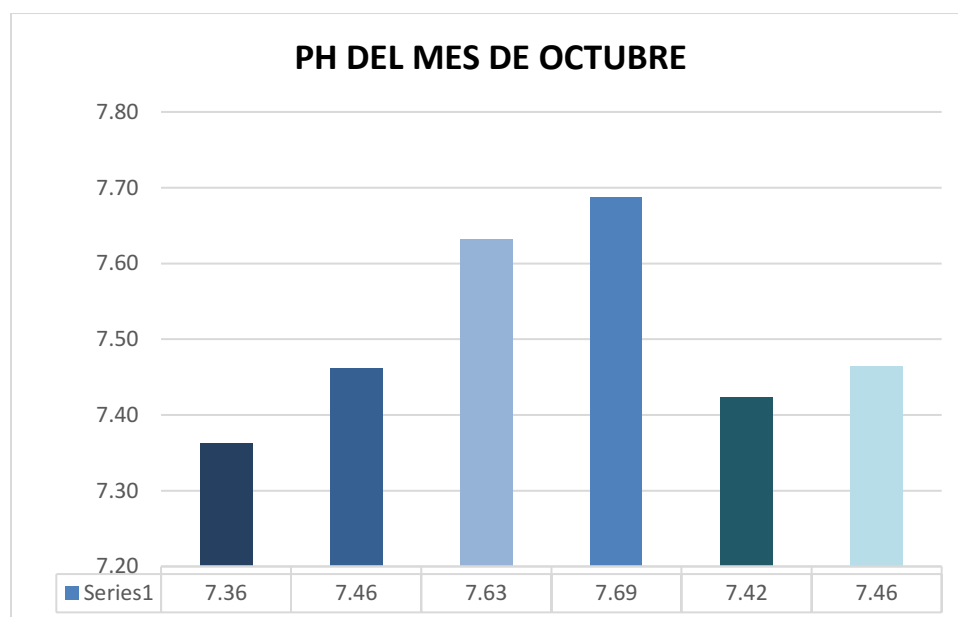


Figura 75 Gráfica de pH del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 75 muestra que el agua del equipo de osmosis 1 tiene mayor concentración de pH a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al agua cruda.

Los datos de conductividad del mes de octubre se representan en la tabla 31 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: Conductividad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	1016.81	210.97	44506.56
Filtrada	1022.00	212.10	44987.30
Carbón	1027.19	213.19	45448.96
Osmosis 1	28.98	7.73	59.79
Osmosis 2	27.92	12.74	162.19
Suavizada	27.28	7.92	62.67

Tabla 31 Conductividad del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 31 se muestran los resultados de conductividad del mes de octubre, se puede apreciar que la desviación estándar más elevada fue de 213.19, de igual forma la varianza más elevada fue 4,5448.96. perteneciente al agua cruda. En la siguiente gráfica figura 76 se muestra el comportamiento de la conductividad:

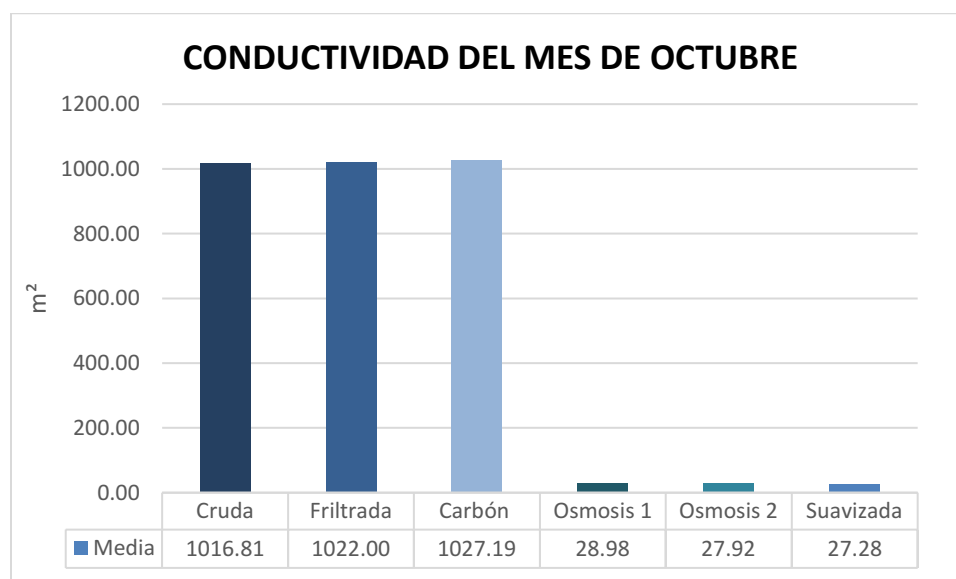


Figura 76 Gráfica de conductividad del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 76 muestra que el agua carbón tiene mayor conductividad a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al agua suavizada.

La tabla 32 representa los datos obtenidos de la Dureza total del mes de septiembre:

Mes: Octubre	Parámetro: Dureza		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	237.62	28.27	799.05
Filtrada	237.62	28.79	829.05
Carbón	232.86	29.35	861.43
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 32 Dureza del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 32 se muestran los resultados de dureza del mes octubre, se puede apreciar que el agua cruda y el agua filtrada tuvieron una desviación estándar de 28.27, mientras que la varianza más elevada perteneció al agua carbón con 861.43. En la siguiente gráfica figura 77 se muestra el comportamiento de la dureza:

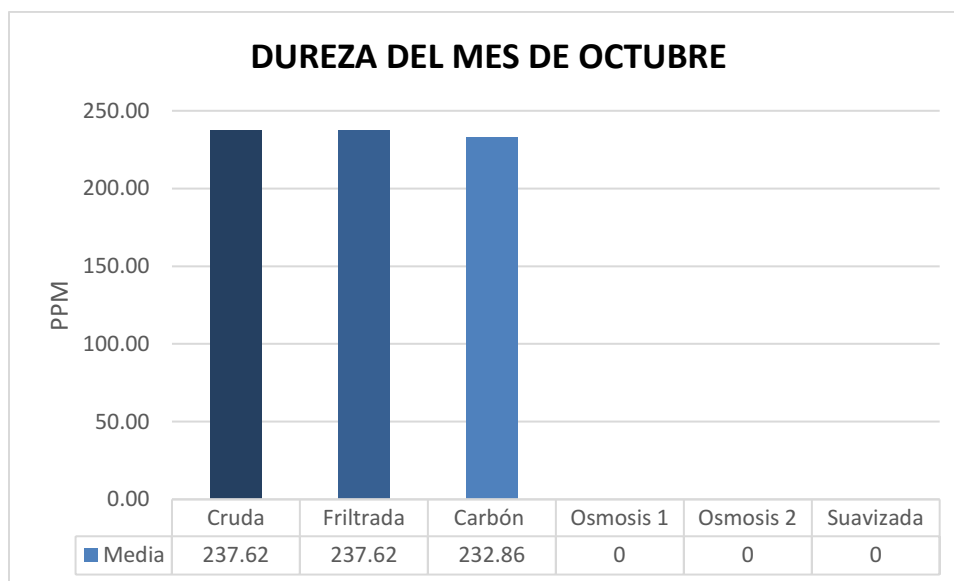


Figura 77 Gráfica de dureza del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 77 muestra que el agua cruda y el agua filtrada tiene mayor concentración de dureza con 237.62 ppm, mientras que los equipos de ósmosis y agua suavizada no existe presencia de dureza.

Los datos de los Cloruros del mes de octubre se representan en la tabla 33 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: Cloruros		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A
Carbón	115.24	22.05	486.19
Osmosis 1	3	7	56
Osmosis 2	4	9	78
Suavizada	0	0	0

Tabla 33 Cloruros del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 33 se muestran los resultados de cloruros del mes de septiembre, se puede apreciar que al agua cruda y al agua filtrada no aplican estos análisis debido a que no han sido sometidos a ningún tratamiento, mientras que el agua carbón tuvo la desviación estándar de 22.05 y una varianza de 486.19. En la siguiente gráfica figura 78 se puede apreciar el comportamiento de los cloruros:

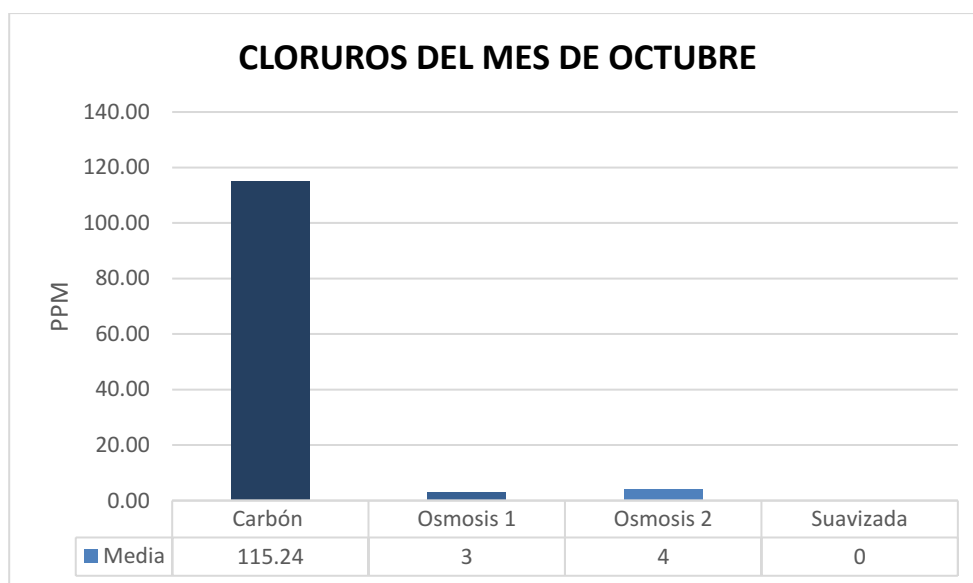


Figura 78 Grafica de Cloruros del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 78 muestra que la mayor concentración de cloruros fue de 115.24 perteneciente al agua carbón, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de Alcalinidad Total del mes de octubre se representan en la tabla 34 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: Alcalinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	112.86	12.71	161.43
Filtrada	112.86	14.88	221.43
Carbón	110.48	14.65	214.76
Osmosis 1	11.05	3.15	9.94
Osmosis 2	10	5	25
Suavizada	10	0	0

Tabla 34 Alcalinidad del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 34 se muestran los promedios de alcalinidad del mes de octubre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua filtrada, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua filtrada con 214.76. En la siguiente grafica figura 79 se muestra el comportamiento de la alcalinidad:

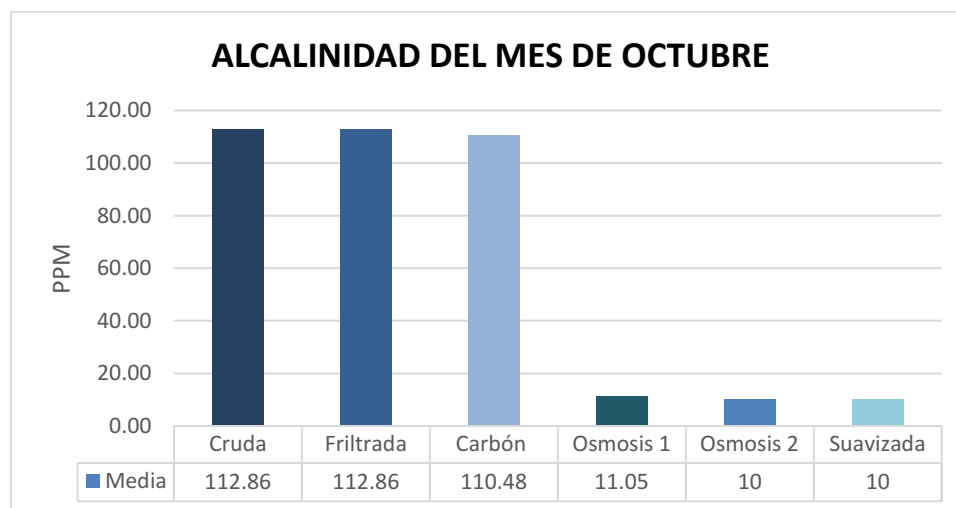


Figura 79 Gráfica de alcalinidad del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 79 muestra que la mayor concentración de alcalinidad fue de 112.86 perteneciente al agua cruda y filtrada, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 2 al igual que el agua suavizada.

Los datos de Solidos Suspendidos Totales (SST) del mes de octubre se representan en la tabla 35 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: SST		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.29	2.53	6.41
Filtrada	2.62	1.88	3.55
Carbón	0.24	0.44	0.19
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 35 SST del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 35 se muestran los promedios de SST del mes de octubre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en los sst del agua cruda con 2.53 de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 80 se muestra el comportamiento de los sst:

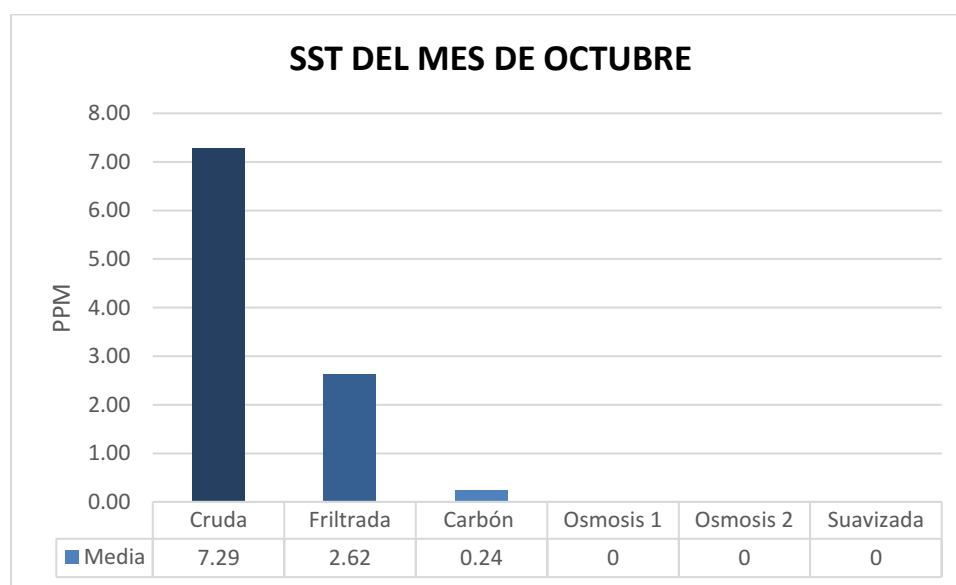


Figura 80 Gráfica de SST del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 80 muestra que la mayor concentración de sst fue de 7.29 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de turbidez del mes de octubre se representan en la tabla 36 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: Turbidez		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.67	3.62	13.13
Filtrada	1.33	1.49	2.23
Carbón	0	0	0
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 36 Turbidez del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla anterior se muestran los promedios de turbidez del mes de octubre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la turbidez del agua cruda con 3.62, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda. En la siguiente grafica figura 81 se muestra el comportamiento de turbidez:

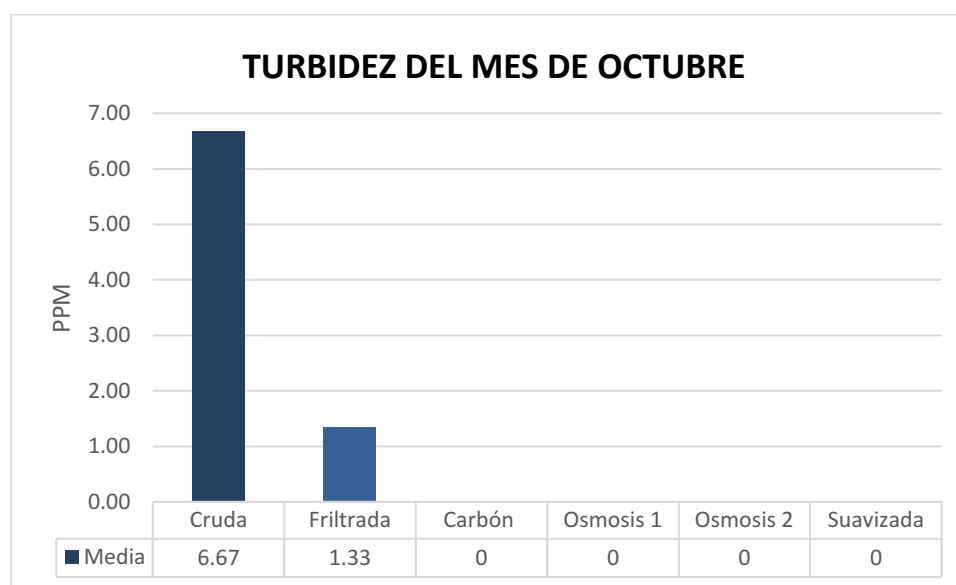


Figura 81 Gráfica de turbidez del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 81 muestra que la mayor concentración de turbidez fue de 6.67 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua carbón, ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de salinidad del mes de octubre se representan en la tabla 37 que se muestra a continuación:

Mes: Octubre	Parámetro: Salinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	567.43	18.16	329.86
Filtrada	569.14	17.99	323.73
Carbón	569	18	318
Osmosis 1	17	4	15
Osmosis 2	12	4	18
Suavizada	0	0	0

Tabla 37 Salinidad del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 37 se muestran los resultados de salinidad del mes de octubre, se puede apreciar que el agua cruda y el agua filtrada son los que tiene mayor concentración de sal, para la muestra de agua suavizada no aplica este parámetro. La varianza más elevada fue de 329.86 del agua cruda. En la siguiente gráfica figura 82 se muestra el comportamiento de la salinidad:

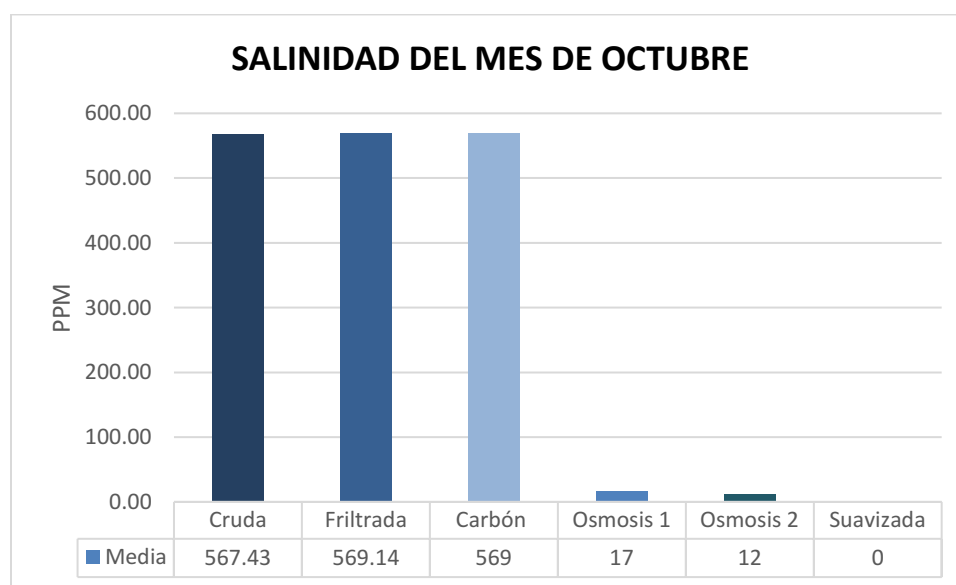


Figura 82 Gráfica de salinidad del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 82 muestra que la mayor concentración de salinidad fue de 569.14 perteneciente al agua filtrada, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 2 con 12 ppm.

Los datos de Cloro residual y Cloro total del mes de octubre se representan en la tabla 38 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto		Parámetro: Cloro		
Muestra	Tipo	Media	σ	Varianza
Cruda	Residual	1.06	0.39	0.15
	Total	0.69	0.35	0.12
Filtrada	Residual	1	0	0
	Total	1	0	0

Tabla 38 Cloro del mes de octubre (Elaboración propia).

En la tabla 38 se muestran los resultados de Cloro del mes de octubre, como se puede apreciar solo se determina al agua cruda y al agua filtrada, la tabla nos indica que las concentraciones de cloro se mantuvieron bajas, la desviación estándar del agua filtrada se mantuvo en 0 al igual que la varianza, mientras que el agua cruda fue de 0.39 en cloro residual y 0.35 en cloro total. La gráfica 83 representa el comportamiento de cloro del mes de agosto:

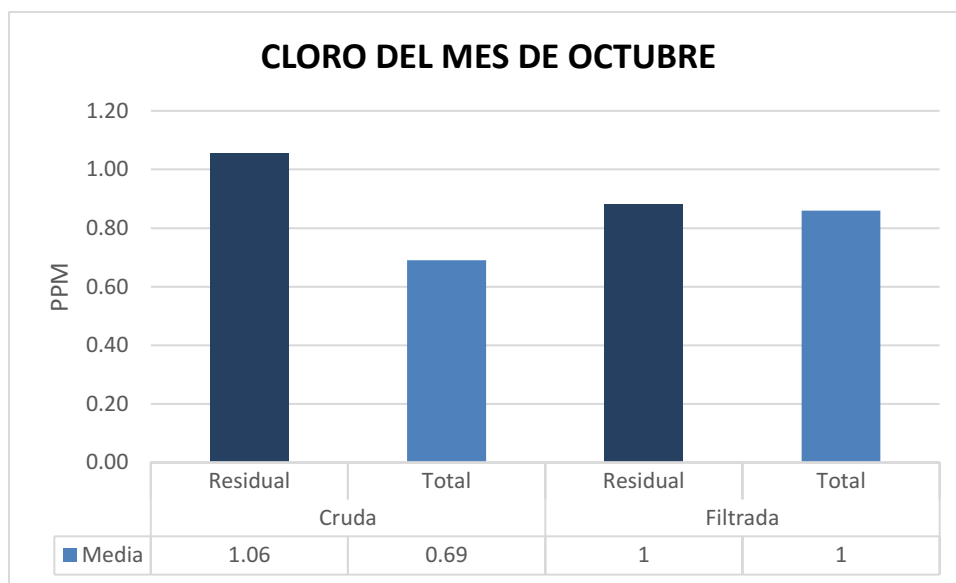


Figura 83 Gráfica de cloro del mes de octubre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 83 muestra que la mayor concentración de cloro fue del residual con 1.06 ppm perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad fue del cloro total con 0.69 ppm en el agua cruda.

La tabla 39 muestra los resultados del pH del mes de noviembre:

Mes: Noviembre	Parámetro: pH		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.50	0.29	0.08
Filtrada	7.55	0.31	0.09
Carbón	7.57	0.31	0.10
Osmosis 1	7.90	0.52	0.27
Osmosis 2	7.05	1.77	3.13
Suavizada	7.47	0.19	0.04

Tabla 39 pH del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 39 se muestran los resultados de pH del mes de noviembre, se puede apreciar que el agua de ósmosis 1 tiene un elevado pH con 7.90, la mayor dispersión de distribución de pH fue del equipo de ósmosis 2 con 1.77, mientras que la varianza más elevada fue de 3.13. La grafica a continuación figura 84 muestra el comportamiento del pH durante el mes de noviembre:

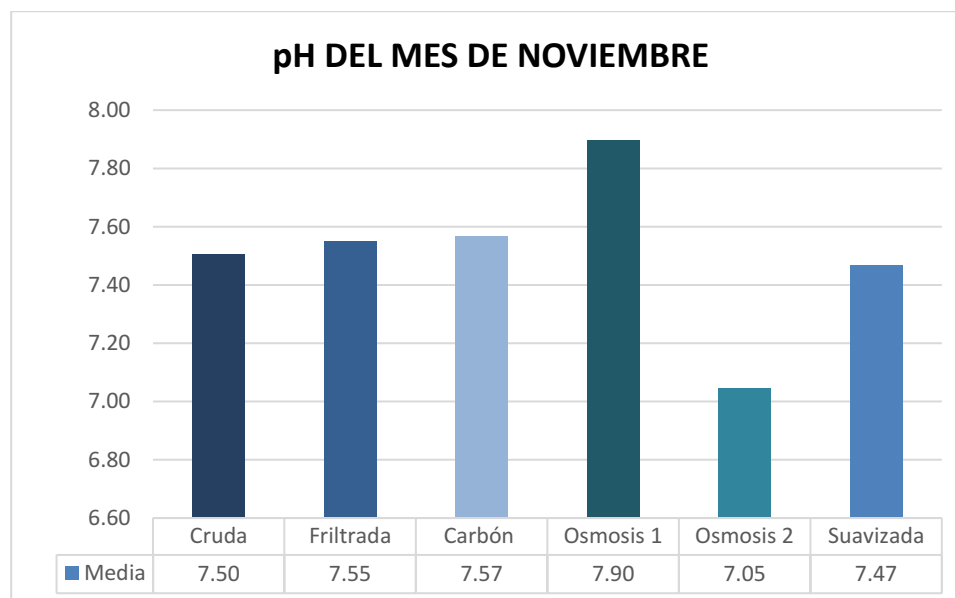


Figura 84 Gráfica de pH del mes de noviembre (Elaboración propia).

La figura 84 muestra que el equipo de osmosis 1 tiene mayor concentración de pH con 7.90, mientras que el menor pH perteneció al equipo de ósmosis 2 con 7.05. Estos datos nos indica que el equipo de osmosis 1 requiere un ajuste al pH.

Los datos de conductividad del mes de noviembre se representan en la tabla 40 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: Conductividad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	1155.10	606.98	368422.97
Filtrada	1037.23	235.10	55273.50
Carbón	1033.45	233.37	54463.43
Osmosis 1	24.97	5.69	32.38
Osmosis 2	20.71	6.58	43.32
Suavizada	21.90	2.43	5.90

Tabla 40 Conductividad del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 40 se muestran los resultados de conductividad del mes de noviembre, se puede apreciar que el agua cruda tiene un promedio de 1115.10 m², mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 2, de igual forma la desviación estándar mayor fue del agua cruda con 606.98, la varianza más elevada fue de 55273.50 del agua filtrada. En la siguiente gráfica figura 85 se muestra el comportamiento de la conductividad:

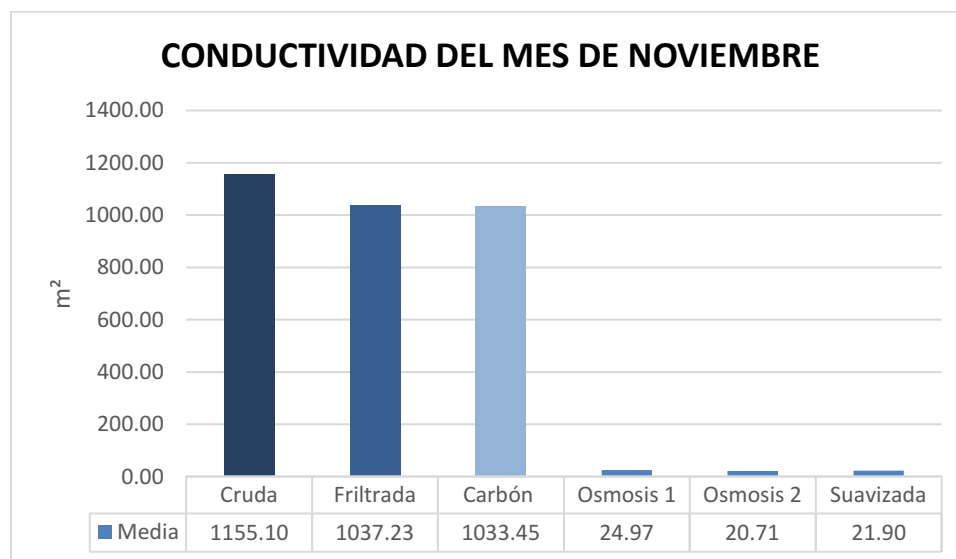


Figura 85 Gráfica de conductividad del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica figura 85 muestra que el agua cruda tiene mayor conductividad a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 2.

La tabla 41 representa los datos obtenidos de la Dureza total del mes de octubre:

Mes: Noviembre	Parámetro: Dureza		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	248.64	126.05	15888.53
Filtrada	215.91	24.82	615.80
Carbón	217.73	15.72	246.97
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 41 Dureza del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 41 se muestran los resultados de dureza del mes de noviembre, se puede apreciar que el agua cruda tiene un promedio de 248.64 ppm, la desviación estándar mayor fue del agua cruda con 126.05 y la varianza con 15888.53. En la gráfica 86 se muestra el comportamiento de la dureza:

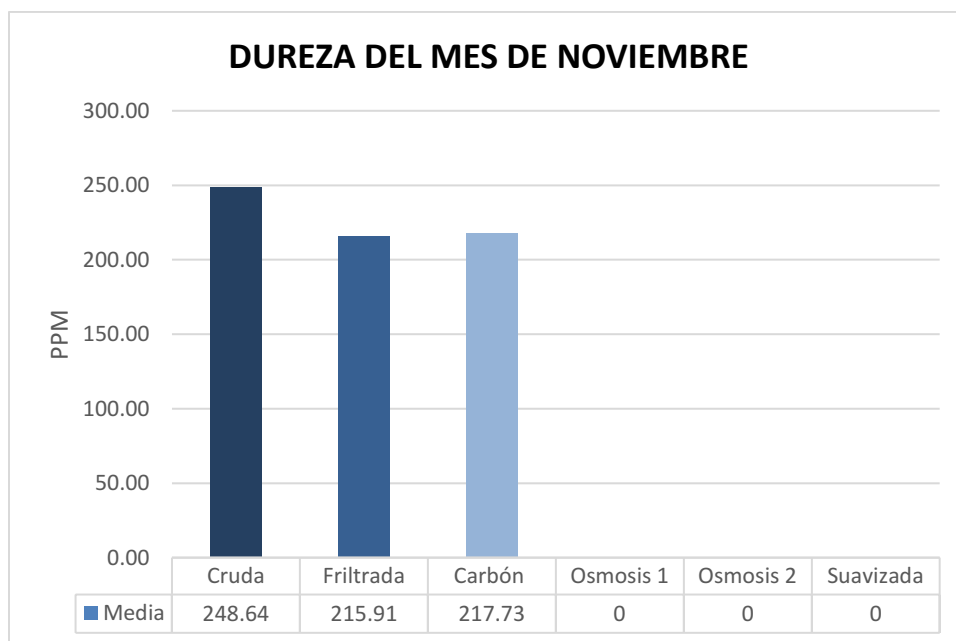


Figura 86 Gráfica de dureza del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica 86 muestra que el agua cruda tiene mayor concentración de dureza con 248.64 ppm del agua cruda, mientras que el agua de ósmosis 1, 2 y agua suavizada.

Los datos de los Cloruros del mes de septiembre se representan en la tabla 42 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: Cloruros		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A
Carbón	105.45	38.51	1483.12
Osmosis 1	20	0	0
Osmosis 2	16	8	61
Suavizada	20	0	0

Tabla 42 Cloruros del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 42 se muestran los resultados de cloruros del mes de octubre, se puede apreciar que al agua cruda y al agua filtrada no aplican estos análisis debido a que no han sido sometidos a ningún tratamiento, la varianza más elevada fue de 1483.12.

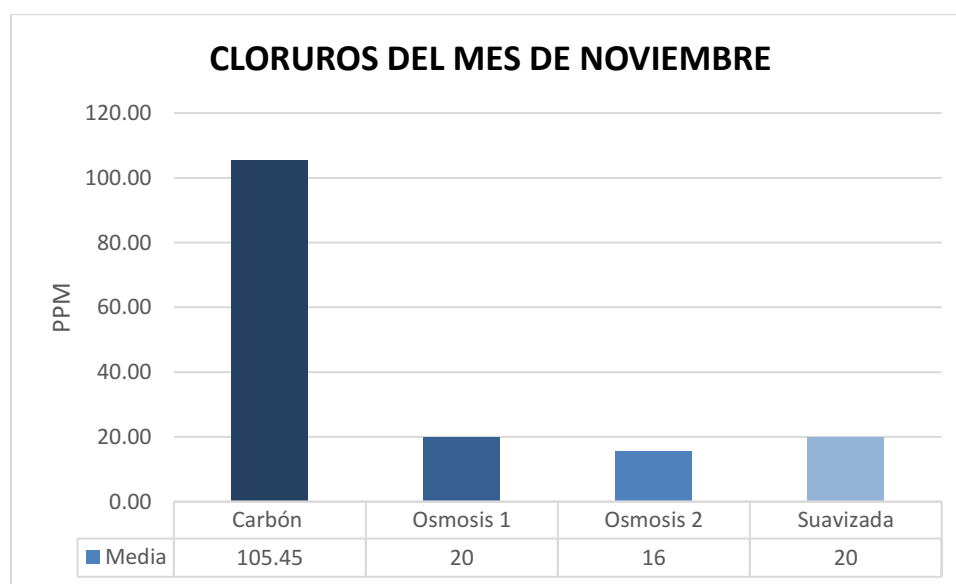


Figura 87 Gráfica de Cloruros del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 87 muestra que la mayor concentración de cloruros fue de 105.45 perteneciente al agua carbón, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua de osmosis 2 con 16 ppm.

Los datos de Alcalinidad Total del mes de noviembre se representan en la tabla 43 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: Alcalinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	118.18	49.15	2415.58
Filtrada	110.91	16.01	256.28
Carbón	106.36	14.32	205.19
Osmosis 1	10	0	0
Osmosis 2	9	2	6
Suavizada	10	0	0

Tabla 43 Alcalinidad del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 43 se muestran los promedios de alcalinidad del mes de noviembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua cruda, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua carbón con 2415.58. En la siguiente grafica figura 88 se muestra el comportamiento de la alcalinidad:

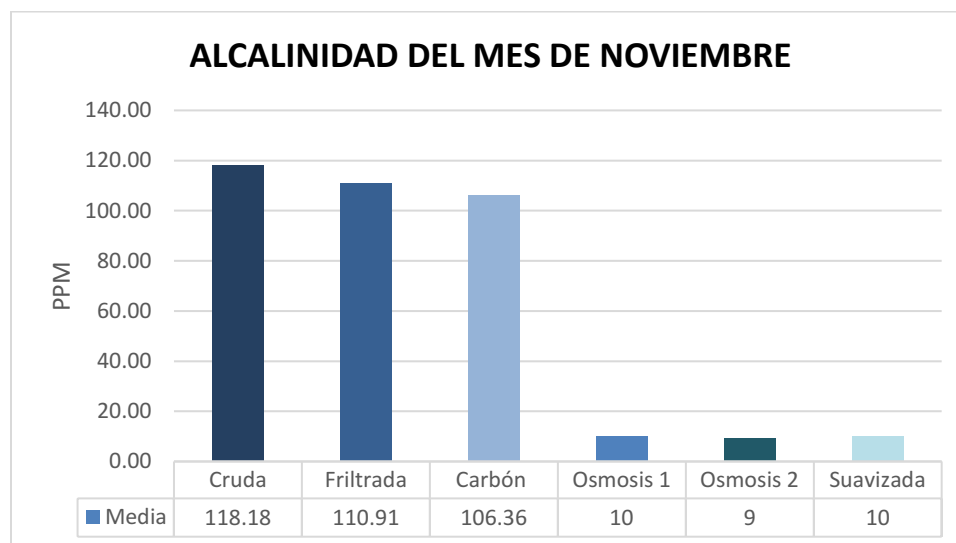


Figura 88 Gráfica de alcalinidad del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 88 muestra que la mayor concentración de alcalinidad fue de 118.18 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 2 con 9 ppm.

Los datos de Solidos Suspendidos Totales (SST) del mes de noviembre se representan en la tabla 44 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: SST		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.82	1.84	3.39
Filtrada	2.32	0.99	0.99
Carbón	0.09	0.29	0.09
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 44 SST del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 44 se muestran los promedios de SST del mes de noviembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua cruda con 1.84 de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda con 3.39. En la siguiente gráfica figura 89 se muestra el comportamiento de los sst:

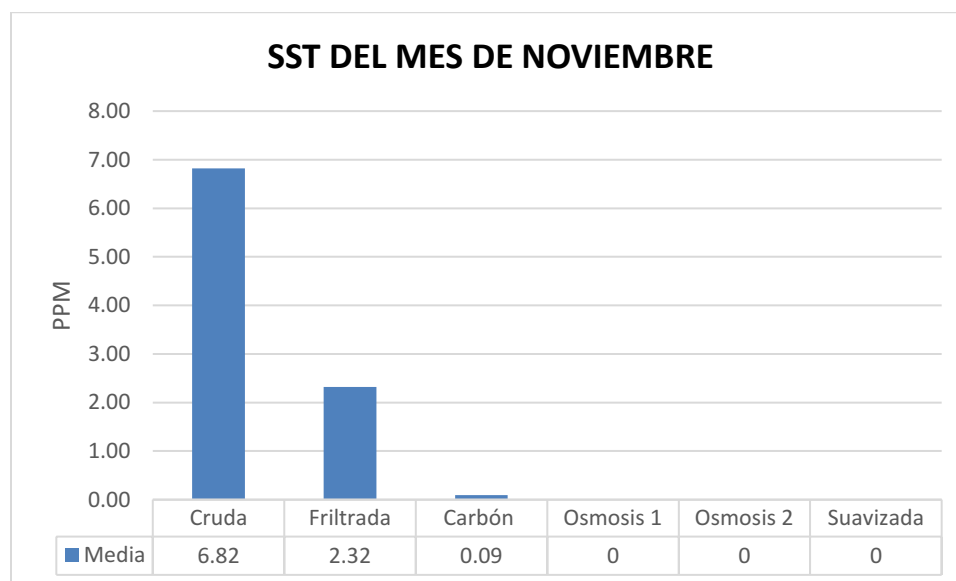


Figura 89 Gráfica de SST del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica 89 muestra que la mayor concentración de sst fue de 6.82 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de turbidez del mes de noviembre se representan en la tabla 45 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: Turbidez		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.82	2.56	6.54
Filtrada	1.27	0.63	0.40
Carbón	0.05	0.21	0.05
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	2	2	2
Suavizada	0	0	0

Tabla 45 Turbidez del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 45 se muestran los promedios de turbidez del mes de noviembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la turbidez del agua cruda con 2.56, de igual forma la varianza más alta perteneció al agua cruda con 6.54. En la siguiente gráfica figura 90 se muestra el comportamiento de turbidez:

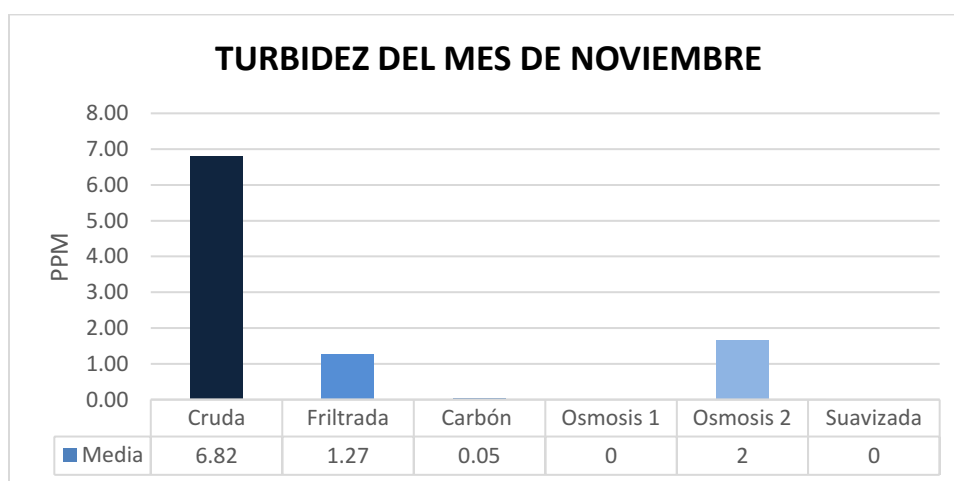


Figura 90 Gráfica de turbidez del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 90 muestra que la mayor concentración de turbidez fue de 6.82 ppm perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 y agua suavizada con 0 ppm. Los resultados nos indican que el equipo de ósmosis 2 requiere de limpieza de membranas.

Los datos de salinidad del mes de noviembre se representan en la tabla 46 que se muestra a continuación:

Mes: Noviembre	Parámetro: Salinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	621.09	256.69	65892.18
Filtrada	563.59	31.33	981.30
Carbón	561.32	29.77	886.42
Osmosis 1	15	4	20
Osmosis 2	13	4	16
Suavizada	N/A	N/A	N/A

Tabla 46 Salinidad del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 46 se muestran los resultados de salinidad del mes de noviembre, se puede apreciar que el agua cruda tuvo la mayor concentración de sal, la desviación estándar fue de 256.69 y la varianza de 65892.18, la muestra de agua suavizada no aplica este parámetro. En la siguiente gráfica figura 91 se muestra el comportamiento de la salinidad:

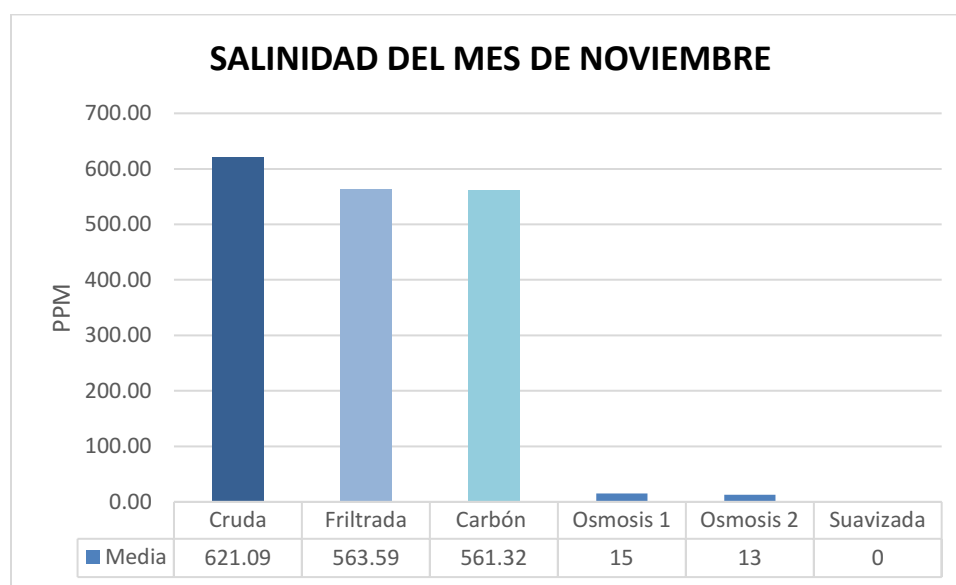


Figura 91 Gráfica de salinidad del mes de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 91 muestra que la mayor concentración de salinidad fue de 621.09 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 2 con 13 ppm.

Los datos de Cloro residual y Cloro total del mes de noviembre se representan en la tabla 47 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto		Parámetro: Cloro		
Muestra	Tipo	Media	σ	Varianza
Cruda	Residual	0.84	0.24	0.06
	Total	0.72	0.13	0.02
Filtrada	Residual	0.88	0.23	0.05
	Total	1	2	5

Tabla 47 Cloro del mes de noviembre (Elaboración propia).

En la tabla 47 se muestran los resultados de Cloro del mes de noviembre, como se puede apreciar solo se determina al agua cruda y al agua filtrada, es importante mantener las cantidades de cloro dentro del rango para una buena desinfección, la tabla nos indica que las concentraciones de cloro se mantuvieron bajas con un cloro total de 0.72 en agua cruda y 1 en agua filtrada. La siguiente gráfica figura 92 representa el comportamiento de cloro del mes de agosto:

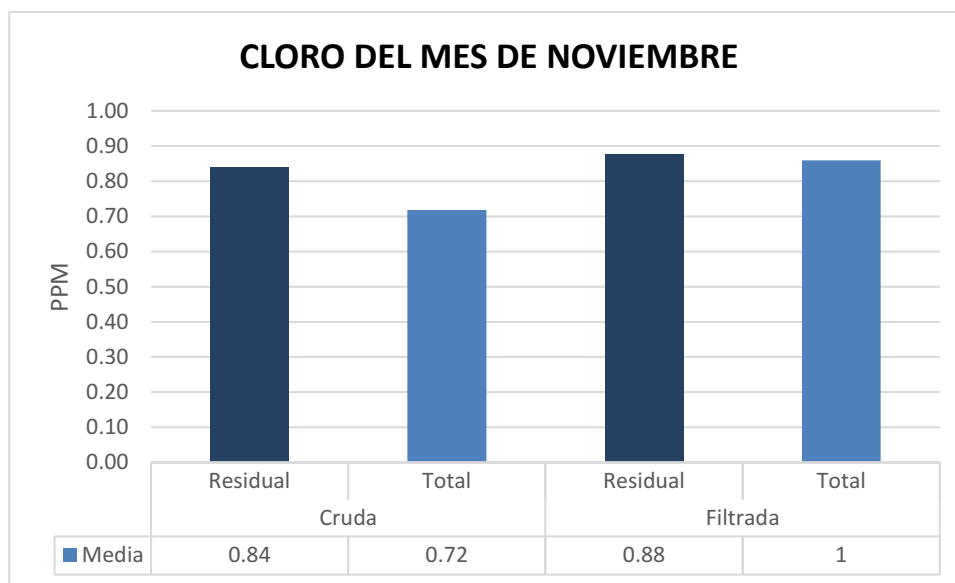


Figura 92 Gráfica de cloro del mes de agosto (Elaboración propia).

La gráfica anterior 92 muestra que la mayor concentración de cloro fue del residual con 0.88 ppm perteneciente al agua filtrada, mientras que la menor cantidad fue del cloro total con 0.72 ppm en el agua total.

La siguiente tabla 48 muestra el promedio del pH durante todo el mes de diciembre:

Mes: Diciembre	Parámetro: pH		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	7.31	0.27	0.07
Filtrada	7.46	0.18	0.03
Carbón	7.55	0.17	0.03
Osmosis 1	6.53	2.89	8.36
Osmosis 2	7.63	0.21	0.04
Suavizada	7.49	0.21	0.04

Tabla 48 pH del mes de septiembre (Elaboración propia).

En la tabla 48 se muestran los resultados de pH del mes de diciembre, se puede apreciar que el agua carbón tiene un elevado pH con 7.55, la desviación estándar mayor fue de 2.89 y la varianza de 8.36 perteneciente al agua de ósmosis 1. En la siguiente gráfica figura 93 se muestra el comportamiento de la salinidad:

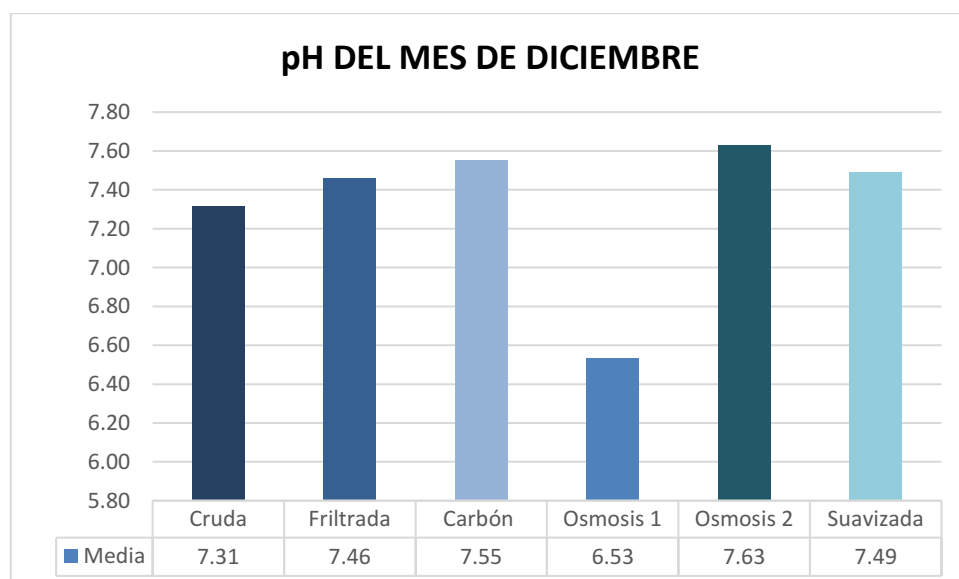


Figura 93 Gráfica de pH del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 93 muestra que el agua carbón tiene mayor concentración de pH con 7.55, mientras que el menor perteneció al equipo de ósmosis 1 con 6.53. Los datos nos indican que el equipo de ósmosis 1 requiere un ajuste de pH.

Los datos de conductividad del mes de diciembre se representan en la tabla 49 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: Conductividad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	1126.17	42.35	1793.42
Filtrada	1161.50	16.38	268.45
Carbón	1143.58	19.69	387.54
Osmosis 1	22.50	3.20	10.24
Osmosis 2	24.24	1.03	1.07
Suavizada	21.60	2.45	6.02

Tabla 49 Conductividad del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 49 se muestran los resultados de conductividad del mes de diciembre, se puede apreciar que el agua filtrada tiene un promedio de 1161.50 m^2 , la desviación estándar más elevada fue de 42.35 y una varianza de 1793.42, perteneciente al agua cruda. En la siguiente gráfica figura 94 se muestra el comportamiento de la conductividad:

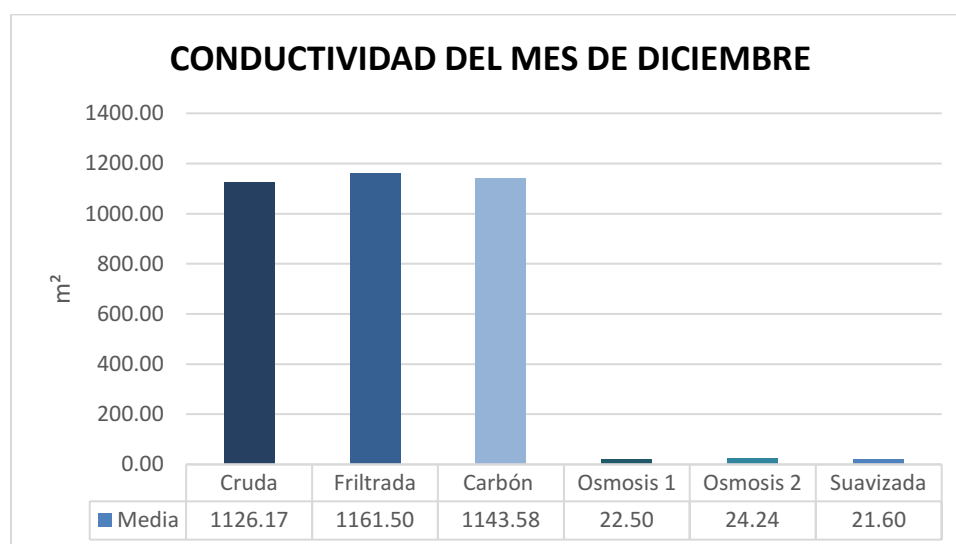


Figura 94 Gráfica de conductividad del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 94 muestra que el agua filtrada tiene mayor conductividad a comparación de las demás muestras, mientras que el menor perteneció al agua suavizada con 21.60

La tabla 50 representa los datos obtenidos de la Dureza total del mes de diciembre:

Mes: Diciembre	Parámetro: Dureza		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	222.50	33.61	1129.55
Filtrada	215.83	26.10	681.06
Carbón	215	14.46	209.09
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 50 Conductividad del mes de diciembre (El autor).

En la tabla anterior 50 se muestran los resultados de dureza del mes de diciembre, se puede apreciar que el agua cruda tiene un promedio de 222.50 ppm, la desviación estándar mayor fue del agua cruda con 33.61 y la varianza con 1129.55. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la dureza:

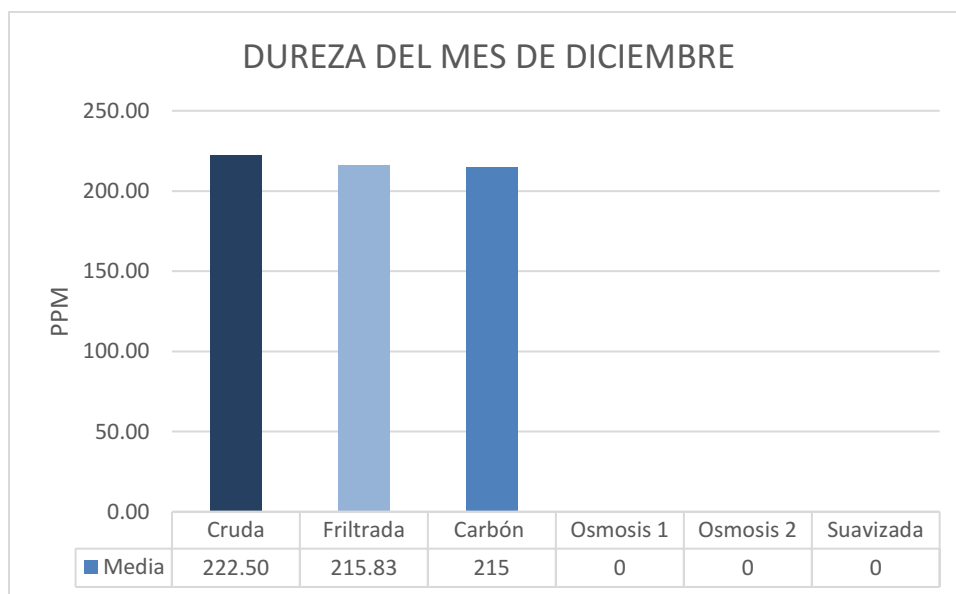


Figura 95 Gráfica de dureza del mes de diciembre (El autor).

La gráfica anterior muestra que el agua cruda tiene mayor concentración de dureza con 222.50 ppm, se puede apreciar que los equipos de ósmosis y agua suavizada no existe presencia de dureza.

Los datos de los Cloruros del mes de diciembre se representan en la tabla 51 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: Cloruros		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A
Carbón	100	12.79	163.64
Osmosis 1	10	0	0
Osmosis 2	10	0	0
Suavizada	10	0	0

Tabla 51 Cloruros del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla 51 se muestran los resultados de cloruros del mes de diciembre, se puede apreciar que al agua cruda y al agua filtrada no aplican estos análisis, se observa que al salir del equipo de ósmosis los cloruros disminuyen de gran manera. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de cloruros del mes de diciembre:

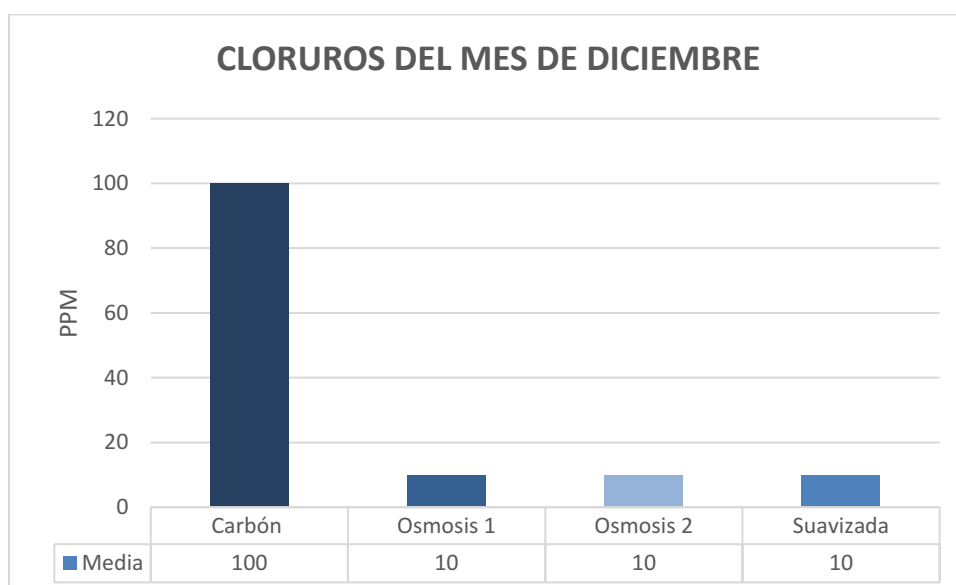


Figura 96 Grafica de Cloruros del mes de septiembre (El autor).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de cloruros fue de 100 ppm perteneciente al agua carbón, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua de ósmosis y suavizada con 10 ppm.

Los datos de Alcalinidad Total del mes de diciembre se representan en la tabla 52 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: Alcalinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	104	17.82	317.42
Filtrada	108	16.58	275.00
Carbón	100	12.79	163.64
Osmosis 1	10	0	0
Osmosis 2	10	0	0
Suavizada	10	0	0

Tabla 52 Alcalinidad del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 52 se muestran los promedios de alcalinidad del mes de diciembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua cruda con 17.82, de igual forma la varianza más alta con 317.42 perteneció al agua cruda. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la alcalinidad:

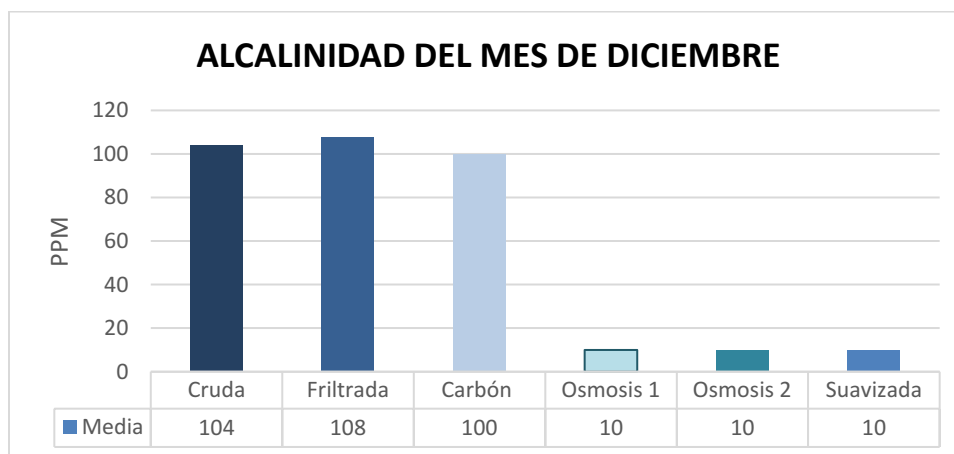


Figura 97 Gráfica de alcalinidad del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de alcalinidad fue de 116.36 perteneciente al agua filtrada, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 con 8.24 ppm.

Los datos de Solidos Suspendidos Totales (SST) del mes de diciembre se representan en la tabla 53 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: SST		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.75	1.42	2.02
Filtrada	2.92	1.16	1.36
Carbón	0.08	0.29	0.08
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 53 SST del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 53 se muestran los promedios de SST del mes de diciembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la alcalinidad del agua cruda con 1.42, de igual forma la varianza más alta fue de 2.02 perteneció al agua cruda. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de los sst:

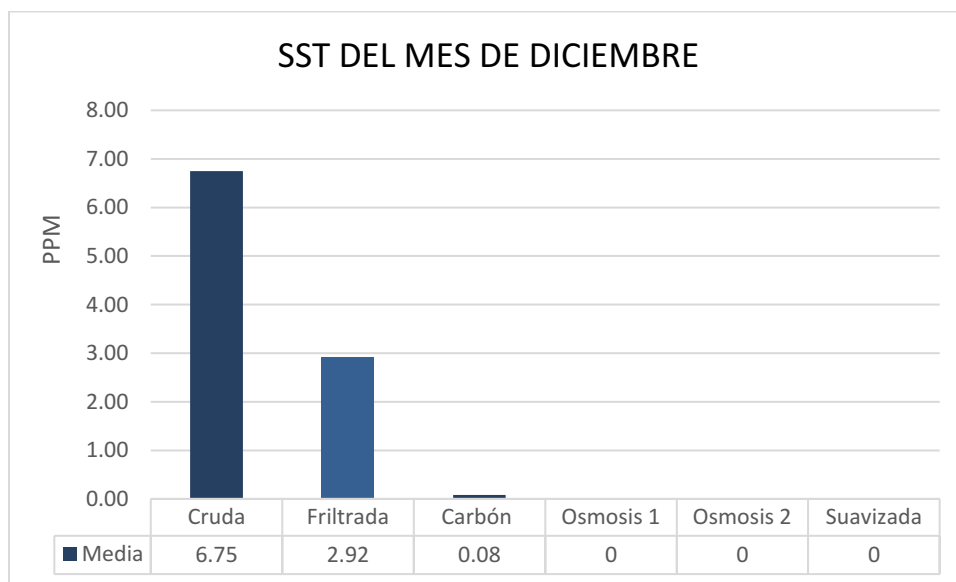


Figura 98 Gráfica de SST del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de sst fue de 6.75 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1, 2 y agua suavizada con 0 ppm.

Los datos de turbidez del mes de agosto se representan en la tabla 54 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: TURBIDEZ		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	6.75	1.91	3.66
Filtrada	1.25	0.45	0.20
Carbón	0	0	0
Osmosis 1	0	0	0
Osmosis 2	3	0	0
Suavizada	0	0	0

Tabla 54 Turbidez del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 54 se muestran los promedios de turbidez del mes de diciembre, los resultados de la desviación estándar nos indican una mayor cantidad de dispersión en la turbidez del agua cruda con 1.91, de igual forma la varianza más alta fue de 3.66 perteneciente al agua cruda. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de turbidez:

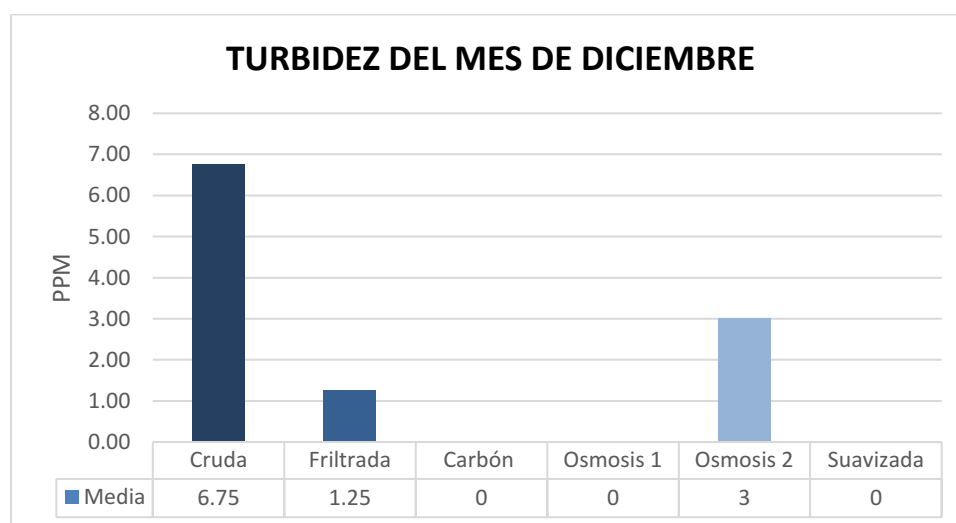


Figura 99 Gráfica de turbidez del mes de diciembre (El autor).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de turbidez fue de 6.75 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua carbón, ósmosis 1 y agua suavizada con 0 ppm. Los datos indican que el equipo de ósmosis 2 requiere lavado de membranas.

Los datos de salinidad del mes de diciembre se representan en la tabla 55 que se muestra a continuación:

Mes: Diciembre	Parámetro: Salinidad		
Muestra	Media	σ	Varianza
Cruda	594.42	52.34	2739.36
Filtrada	583.50	25.81	665.91
Carbón	583	29	815
Osmosis 1	13	2	4
Osmosis 2	13	1	1
Suavizada	0	0	0

Tabla 55 Salinidad del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla anterior 55 se muestran los resultados de salinidad del mes de diciembre, se puede apreciar que el agua cruda son los que tiene mayor concentración de sal, con una desviación estándar de 52.34, mientras que la varianza fue 2739.36 para la muestra de agua suavizada no aplica este parámetro. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de la salinidad:

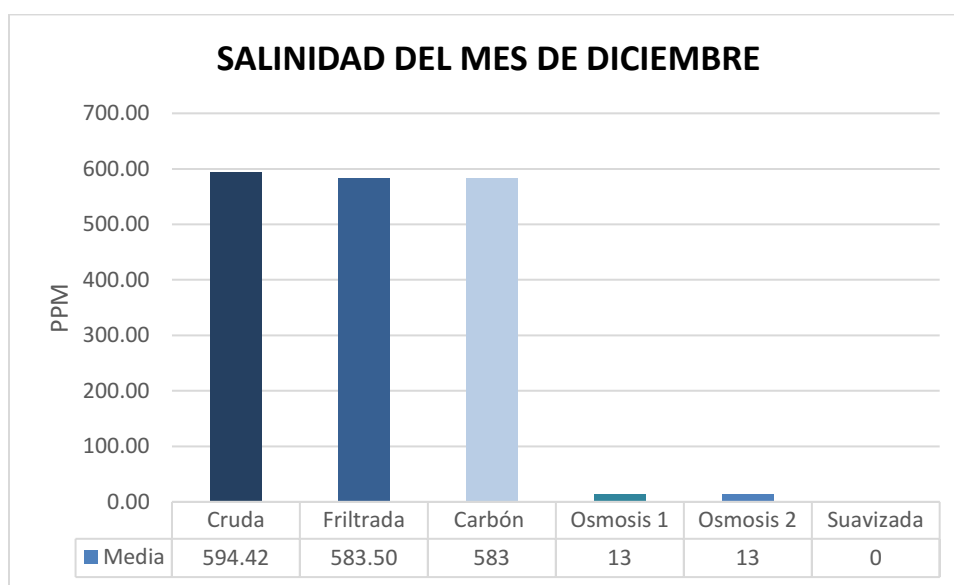


Figura 100 Gráfica de salinidad del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de salinidad fue de 594.42 perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad se mantuvo en el agua del equipo de ósmosis 1 y 2 con 13 ppm.

Los datos de Cloro residual y Cloro total del mes de diciembre se representan en la tabla 56 que se muestra a continuación:

Mes: Agosto		Parámetro: Cloro		
Muestra	Tipo	Media	σ	Varianza
Cruda	Residual	0.83	0.18	0.03
	Total	0.95	0.29	0.09
Filtrada	Residual	1	0	0
	Total	2	3	8

Tabla 56 Cloro del mes de diciembre (Elaboración propia).

En la tabla 56 se muestran los resultados de Cloro del mes de diciembre, como se puede apreciar solo se determina al agua cruda y al agua filtrada, es importante mantener las cantidades de cloro dentro del rango para una buena desinfección, la tabla 4.54 nos indica que las concentraciones de cloro se mantuvieron bajas con un cloro total de 0.95 en agua cruda y 2 en agua filtrada. La siguiente gráfica representa el comportamiento de cloro del mes de diciembre:

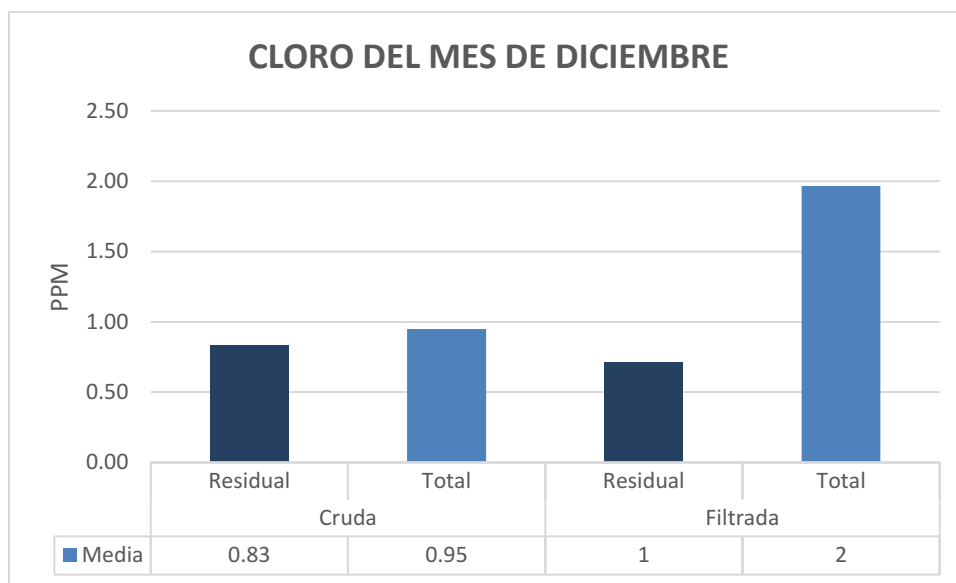


Figura 101 Gráfica de cloro del mes de diciembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra que la mayor concentración de cloro, fue del total con 1.06 ppm perteneciente al agua cruda, mientras que la menor cantidad fue del cloro residual con 0.7 ppm en el agua filtrada.

En la tabla 57 muestra la recopilación de pH durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

PH					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	7.41	7.59	7.36	7.50	7.31
Filtrada	7.45	7.57	7.46	7.55	7.46
Carbón	7.49	7.71	7.63	7.57	7.55
Osmosis 1	6.63	7.15	7.69	7.90	6.53
Osmosis 2	7.54	7.47	7.42	7.05	7.63
Suavizada	7.54	7.35	7.46	7.47	7.49

Tabla 57 Comparación de pH (Elaboración propia).

La tabla 57 muestra la comparación de pH de las muestras durante el tiempo de recopilación de datos. A continuación, se muestra la gráfica figura 102 de comportamiento de pH durante los 4 meses:

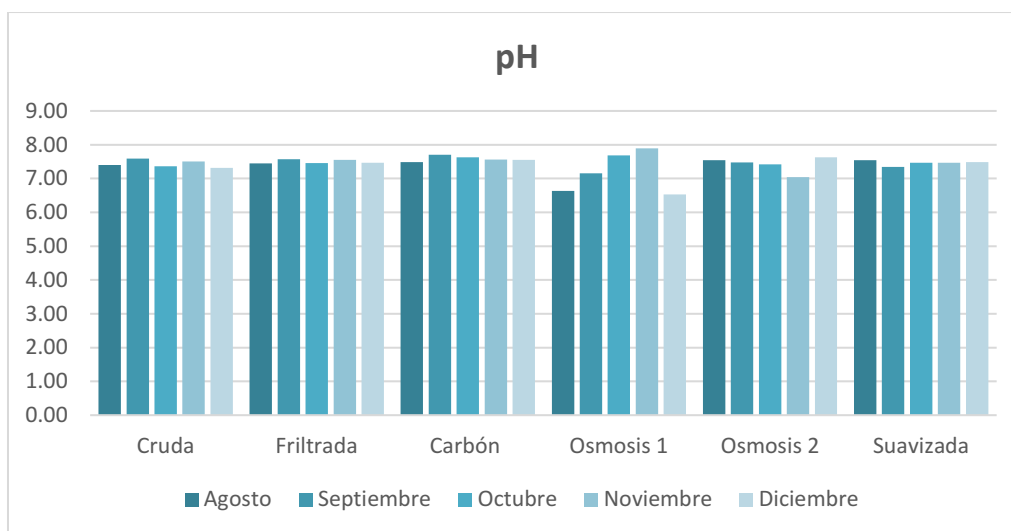


Figura 102 Gráfica de pH (Elaboración propia).

La gráfica anterior muestra la comparación de pH, se puede observar que el agua cruda, filtrada, carbón y agua suavizada se mantuvieron semejantes en los cuatro meses, sin embargo, el pH de la ósmosis 1 tuvo diversas variaciones, en el mes de agosto el pH fue ácido con 6.63, mientras que el mes de noviembre el pH fue el más elevado con 7.90. El equipo de ósmosis 2 tuvo pocas variaciones, lo que indica que ambos equipos requieren con más frecuencia lavados y cambios de membranas.

La tabla 58 muestra la recopilación de conductividad durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

CONDUCTIVIDAD					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	1110.75	1137.18	1016.81	1155.10	1126.17
Filtrada	1116.58	1134.68	1022.00	1037.23	1161.50
Carbón	1131.25	1136.32	1027.19	1033.45	1143.58
Osmosis 1	22.73	30.71	28.98	24.97	22.50
Osmosis 2	31.30	33.73	27.92	20.71	24.24
Suavizada	25.69	31.64	27.28	21.90	21.60

Tabla 58 Comparación de conductividad (Elaboración propia).

La tabla 58 muestra la comparación de conductividad de las muestras durante el tiempo de recopilación de datos. A continuación, se muestra la gráfica figura 103 de comportamiento de conductividad durante los 4 meses:

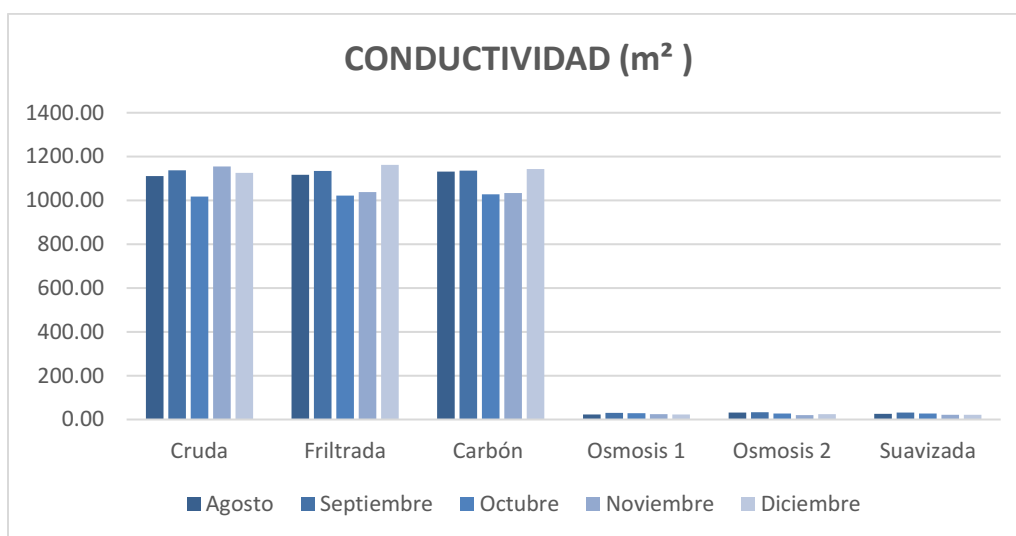


Figura 103 Gráfica de conductividad (Elaboración propia).

La gráfica nos 103 muestra como el mes de octubre la conductividad del agua cruda, filtrada y carbón fueron semejantes, estas dos últimas se mantuvieron similares durante el mes de noviembre, sin embargo, para el mes de diciembre estas dos muestras elevaron su conductividad indicando la falta de retrolavados de los filtros. En el mes de septiembre y diciembre todas las muestras presentaron aumento en la conductividad, mostrando alguna falla en los equipos.

La tabla 59 muestra la comparación de dureza durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

DUREZA					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	260	251.82	237.62	248.64	222.50
Filtrada	255	237.27	237.62	215.91	215.83
Carbón	250	238.64	232.86	217.73	215
Osmosis 1	0	1.18	0	0	0
Osmosis 2	0	0.83	0	0	0
Suavizada	0	0	0	0	0

Tabla 59 Comparación de dureza (Elaboración propia).

La tabla 59 muestra la comparación de dureza de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica de comportamiento de dureza durante los 4 meses:

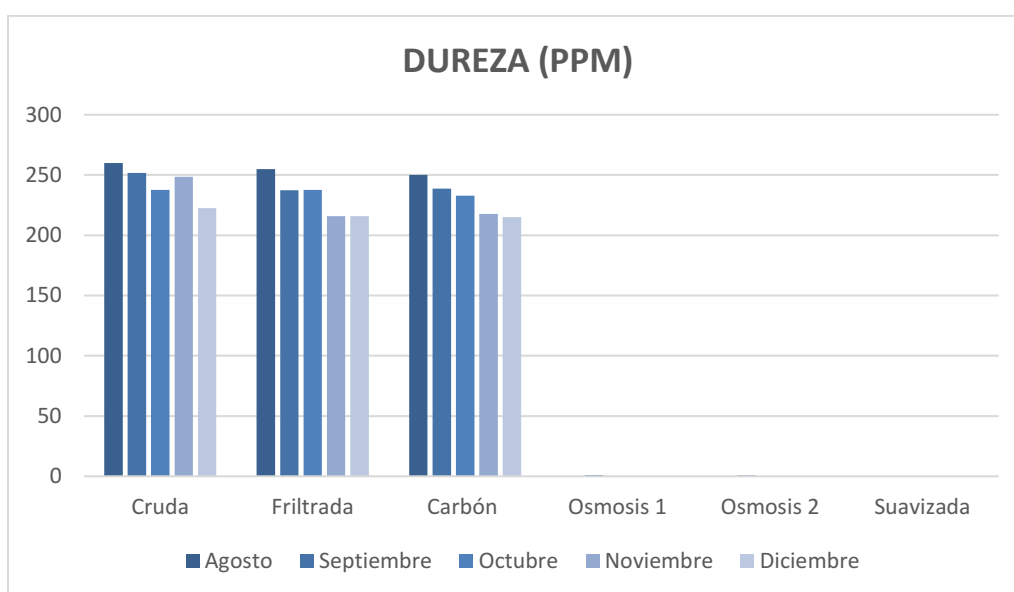


Figura 104 Gráfica de dureza (Elaboración propia).

La gráfica 104 nos muestra como el mes de agosto tuvo mayor concentración de dureza, mientras que en los meses de noviembre a diciembre las concentraciones de dureza disminuyeron en las muestras de agua filtrada y agua carbón, durante el mes de octubre a noviembre la dureza se mantuvo similar en el agua carbón.

La tabla 60 muestra la comparación de cloruros durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

CLORUROS					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Filtrada	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Carbón	128	135.91	115.24	105.45	100
Osmosis 1	10.55	12.94	3	20	10
Osmosis 2	12	16.67	4	16	10
Suavizada	10	0	0	20	10

Tabla 60 Comparación de cloruros (Elaboración propia).

La tabla 60 muestra la comparación de cloruros de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica figura 105 de comportamiento de cloruros durante los 4 meses:

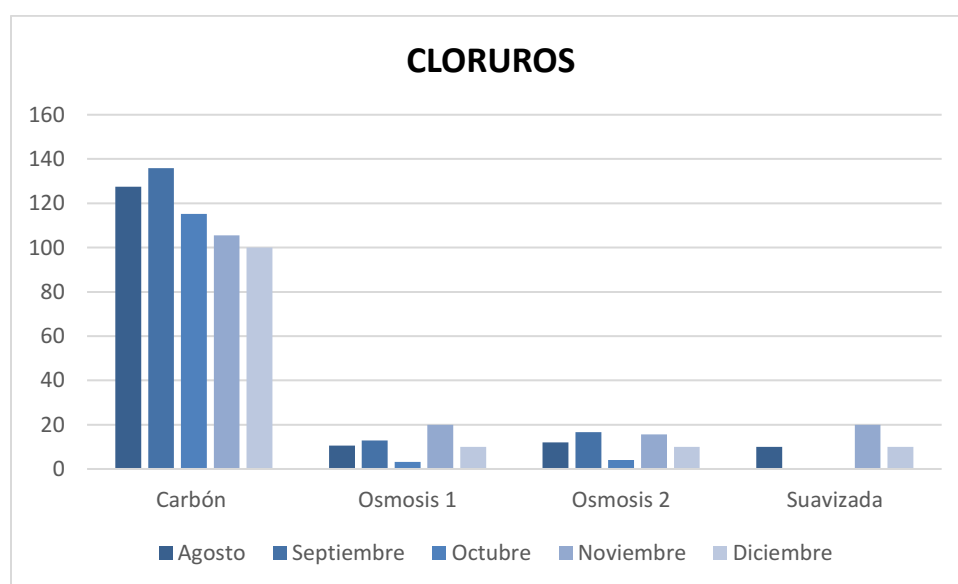


Figura 105 Gráfica de cloruros (Elaboración propia).

La gráfica 105 muestra como el mes de septiembre tuvo la mayor concentración de cloruros en las muestras de agua carbón, ósmosis 1 y 2. Se puede apreciar que el mes de diciembre las concentraciones de cloruros fueron baja en la muestra de agua carbón, para el mes de octubre los equipos de ósmosis 1 y 2 tuvieron las concentraciones más bajas.

La tabla 61 muestra la comparación de alcalinidad durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

ALCALINIDAD					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	101.7	109.09	112.86	118.18	104
Filtrada	105.8	116.36	112.86	110.91	108
Carbón	96.7	111.36	110.48	106.36	100
Osmosis 1	8.9	8.24	11.05	10	10
Osmosis 2	10	10	10	9	10
Suavizada	10	10	10	10	10

Tabla 61 Comparación de alcalinidad (Elaboración propia).

La tabla 61 muestra la comparación de alcalinidad de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica figura 4.106 de comportamiento de la alcalinidad durante los 4 meses:

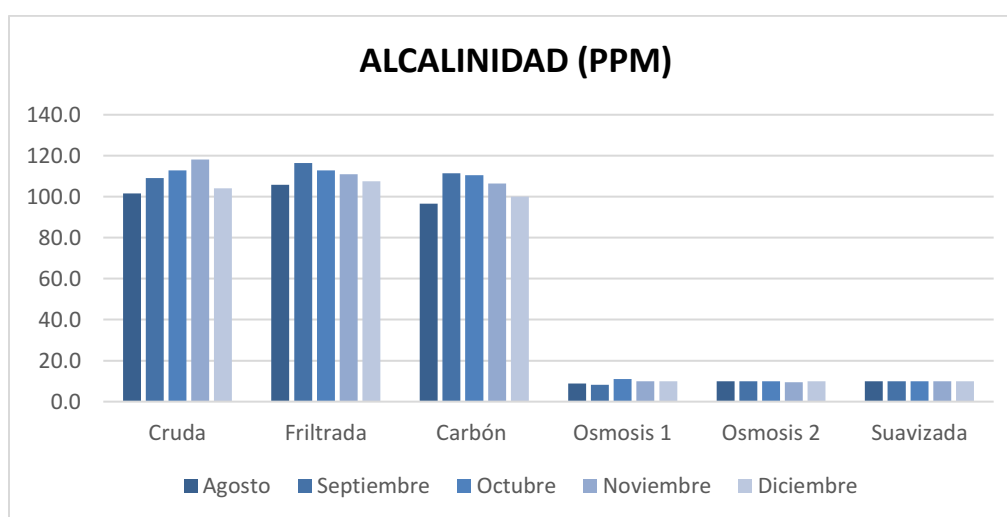


Figura 106 Gráfica de alcalinidad (Elaboración propia).

La grafica anterior representa el comportamiento de alcalinidad, se aprecia que durante el mes septiembre la alcalinidad fue mayor en la muestra de agua filtrada y agua carbón, en el mes de agosto se presentó poca alcalinidad en las muestras de agua cruda, filtrada y carbón. Se muestra como el agua de los equipos de ósmosis a los suavizadores la alcalinidad se mantuvo muy similar, indicando la disminución de este parámetro.

La tabla 62 muestra la comparación de presencia de sst durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

SST					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	9.50	6.59	7.29	6.82	6.75
Filtrada	3.17	2.45	2.62	2.32	2.92
Carbón	0.58	0.59	0.24	0.09	0.08
Osmosis 1	0	0	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0	0	0
Suavizada	0	0	0	0	0

Tabla 62 Comparación de SST (Elaboración propia).

La tabla 62 muestra la comparación de SST de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica figura 107 de comportamiento de este parámetro:

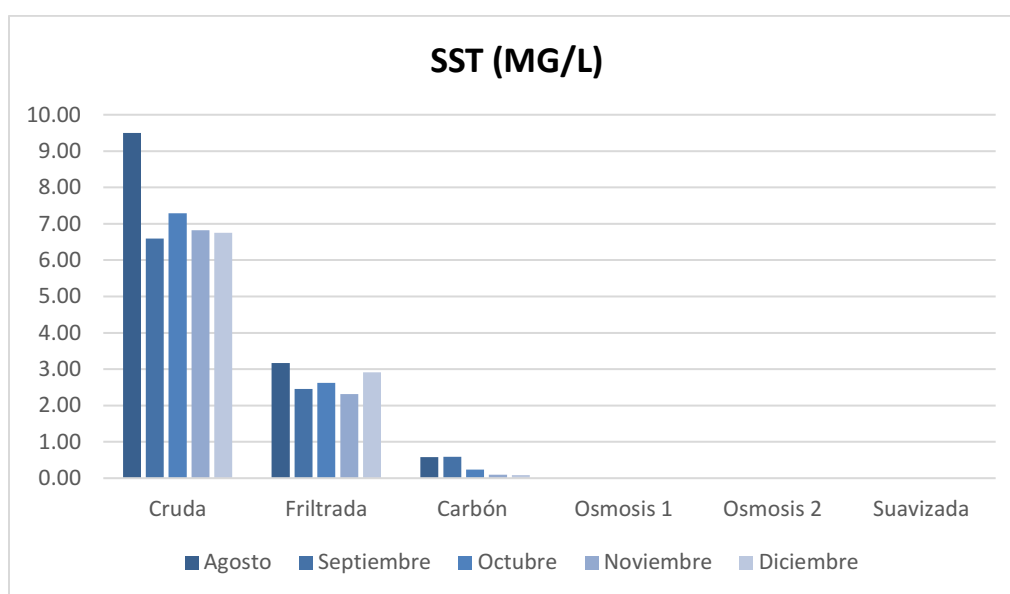


Figura 107 Gráfica de los SST (Elaboración propia).

La grafica anterior figura 107 muestra las concentraciones de SST, se puede apreciar que la mayor presencia de SST fue del agua cruda, el mes de agosto fue la presencia más elevada con 9.50 mg/L. los datos nos indican como la presencia de SST disminuye en cada proceso, el equipo de ósmosis 1, 2 y suavizadores no existe presencia de este parámetro.

La tabla 63 muestra la comparación de turbidez durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

TURBIDEZ					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	9.58	6.58	6.67	6.82	6.75
Filtrada	3	1.14	1.33	1.27	1.25
Carbón	0.50	0.32	0	0.05	0
Osmosis 1	0	0	0	0	0
Osmosis 2	0	0	0	2	3
Suavizada	0	0	0	0	0

Tabla 63 Comparación de cloro (Elaboración propia).

La tabla 63 muestra la comparación de turbidez de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica figura 108 de comportamiento de este parámetro:

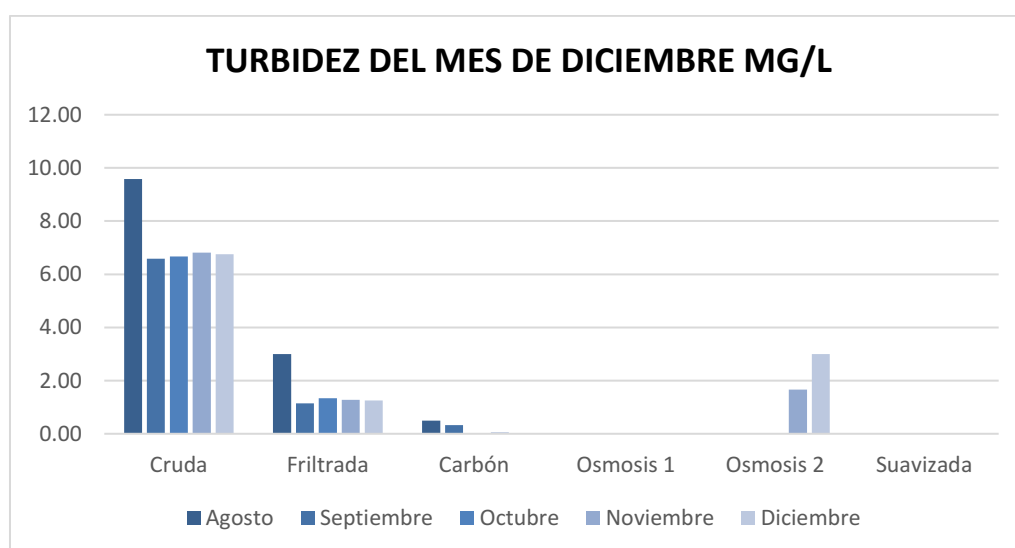


Figura 108 Gráfica de turbidez (Elaboración propia).

La grafica anterior muestra las concentraciones de turbidez, se puede apreciar que la mayor presencia de turbidez fue del agua cruda, el mes de agosto fue el mes con mayor presencia de turbidez. Los datos nos indican como la presencia de turbidez disminuye en cada proceso. El equipo de ósmosis 2 durante el mes de noviembre y diciembre tuvo presencia de turbidez, indicando la falta de mantenimiento.

La tabla 64 muestra la comparación de salinidad durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

SALINIDAD					
Muestra	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	558.83	595.95	567.43	621.09	594.42
Filtrada	569.67	595.55	569.14	563.59	583.50
Carbón	565	594.77	569	561.32	583
Osmosis 1	12.33	16	17	15	13
Osmosis 2	17.22	16	12	13	13
Suavizada	N/A	N/A	0	N/A	0

Tabla 64 Comparación de salinidad (Elaboración propia).

La tabla 64 muestra la comparación de salinidad de las diferentes muestras. A continuación, se muestra la gráfica figura 109 de comportamiento de este parámetro:

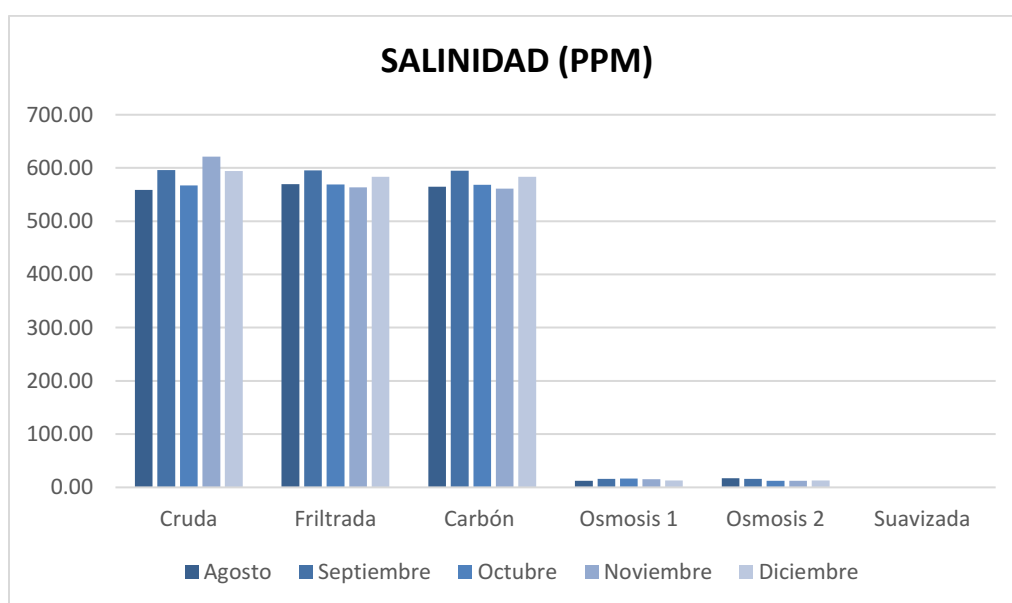


Figura 109 Gráfica de salinidad (Elaboración propia).

La grafica anterior figura 109 muestra las concentraciones de salinidad se puede apreciar que la mayor presencia fue el mes de noviembre en las muestras de agua cruda, los equipos de ósmosis 1 y 2 la presencia de salinidad disminuye en gran medida con rangos de 17 a 12 ppm, para la muestra de agua suavizada este análisis no aplica.

La tabla 65 muestra la comparación de cloro durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre:

CLORO						
Muestra	Tipo	AGOSTO	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cruda	Residual	1.06	1.41	1.06	0.84	0.83
	Total	0.73	1.25	0.69	0.72	0.95
Filtrada	Residual	0.7	1.02	1	0.88	1
	Total	0.84	1	1	1	2

Tabla 65 Comparación de cloro (Elaboración propia).

La tabla 65 muestra la comparación de cloro en las muestras de agua cruda y filtrada. A continuación, se muestra la gráfica figura 110 de comportamiento de este parámetro:

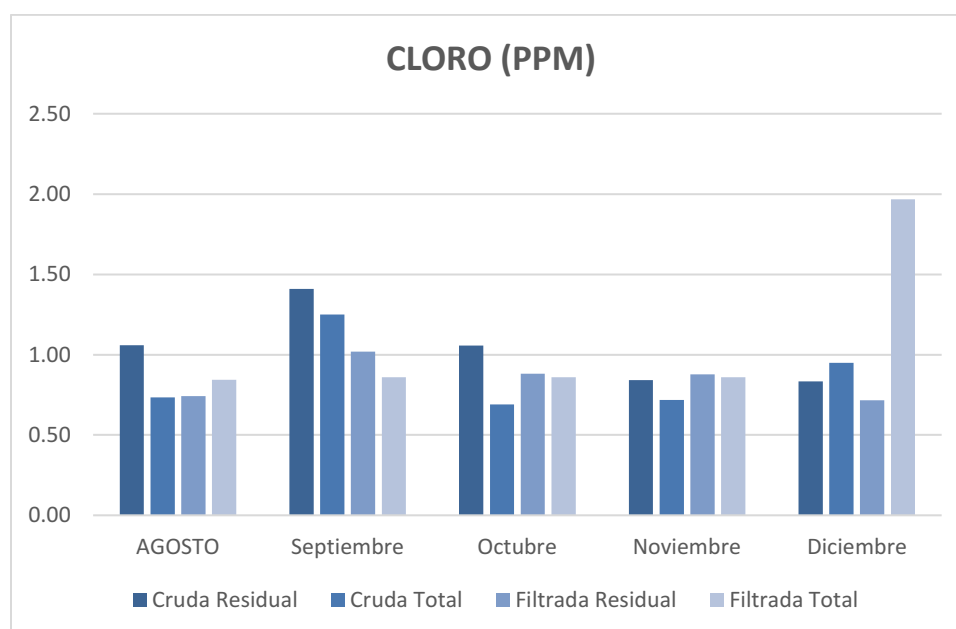


Figura 110 Gráfica de cloro (Elaboración propia).

La grafica anterior figura 110 muestra las concentraciones de cloro residual y cloro total de las muestras, los resultados nos indican mayores concentraciones de cloro residual en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Los resultados representan que las concentraciones de cloro se mantuvieron dentro de los limites necesarios para una buena desinfección.

4. 10 Ajustes del agua

Para el tercer objetivo que consistió en implementar los ajustes al agua en función del proceso los resultados obtenidos son los siguientes:

4.10.1 Ajuste de cloro residual

El ácido tricloro granular es aplicado al agua cruda para desinfectar y matar poblaciones de microorganismos, se aplica cuando los análisis diarios nos indican bajas concentraciones de cloro total y residual los parámetros bajos se encuentran entre 0 a 1.5. El procedimiento a realizar es vaciar el contenido en un porrón de cloro en la cisterna de agua cruda, se prepara la concentración y se abre la dosificación hacia la cisterna, los valores de cloro se deben de mantener entre 5 ppm a 1.5 ppm.

El uso del cloro residual se debe de evitar el contacto con la piel, ojos y ropa, no se debe respirar los vapores ni la niebla de la pulverización, el almacenamiento debe de ser en el envase original herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado.

4.10.1.1 Equipo de protección personal recomendado:

-  Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro.
-  Protección para la piel: ropa de mangas largas.
-  Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Algunas consideraciones generales de higiene es garantizar que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo. Quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla.

4.10.2 Ajuste de ácido para osmosis

4.10.2.1 Solución acida

Los lavados CIP se realiza cuando los análisis diarios de los equipos de osmosis dan como resultado una conductividad mayor a 100 m^s indicando que las membranas se encuentran incrustadas de materia orgánica, para realizar los retrolavados de tanque CIP se utiliza el reactivo DS-602 HD-Limpiador ácido altamente concentrado, que remueve las acumulaciones de oxido y depósitos minerales. Libera de los depósitos de incrustación a las unidades intercambiadoras de calor, serpentine de condensadores y líneas de servicio. No se debe permitir el contacto con los ojos, la piel, o la ropa, no respirar los vapores/polvo.

El almacenamiento debe estar en el envase original manteniendo los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado. La congelación afectará el aspecto físico, pero no dañará el material, la ventilación debe ser adecuada, en especial en áreas confinadas donde sea razonablemente práctico, esto deberá ser realizado usando ventilación local y una buena extracción general.

4.10.2.1.1 Equipo de protección personal recomendado:

-  Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro, pantalla facial.
-  Protección para la piel: usar indumentaria protectora adecuada, guantes impermeables.
-  Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Algunas consideraciones generales de higiene es usar guantes /indumentaria protectora, garantizando que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo, quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla.

4.10.2.2 Solución básica

La solución básica que se emplea para el retrolavado de tanque CIP, es el reactivo VITEC 4000 solución antiincrustante, dispersante de sílice, sulfatos y carbonatos, la preparación de esta solución se realiza en un tanque con capacidad de 200 L una solución al 5% de concentración y se dosifica 2 ppm en la tubería de alimentación de cada módulo de osmosis inversa en operación.

La solución VITE 4000 contiene Polímero Acrílico y Agente Quelato, para su uso se debe de evitar el contacto con la piel, ojos y ropa, de igual forma evitar respirar los vapores o las neblinas. Para el almacenamiento solo debe de ser en el envase original manteniendo los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado. La ventilación debe de ser adecuada, en especial en áreas confinadas donde sea razonablemente práctico, esto deberá ser realizado usando ventilación local y una buena extracción general.

4.10.2.2.1 Equipo de protección personal recomendado:

- ✚ Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro, pantalla facial.
- ✚ Protección para la piel: usar indumentaria protectora adecuada, guantes impermeables.
- ✚ Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Las consideraciones generales de higiene es garantizar que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo, quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua. Después del lavado inicial, quitar las lentillas de contacto eventuales y seguir lavando por lo menos durante 15 minutos, consultar inmediatamente a un médico

4.10.3 Ajuste de pH

Los ajustes de pH se realizan cuando los análisis diarios nos indican un valor alto o bajo del valor neutro, para este ajuste se utiliza la solución BP-800, que es un líquido concentrado para incrementar el pH del agua cuando sea necesario para prevenir incrustaciones y corrosión, para el empleo de la solución se agrega 1L de BP-800 por cada 400 litros de agua, aplicado directamente a la bomba de ácido sulfúrico hasta tener un valor de pH neutro (7). Los ingredientes contenidos en BP-800 pueden ser usados con seguridad en la preparación de vapor que estará en contacto con alimentos.

El almacenamiento solo debe de ser en el envase original manteniendo los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado. La ventilación debe de ser adecuada, en especial en áreas confinadas donde sea razonablemente práctico, esto deberá ser realizado usando ventilación local y una buena extracción general.

4.10.3.1 Equipo de protección personal recomendado:

-  Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro, pantalla facial.
-  Protección para la piel: usar indumentaria protectora adecuada, guantes impermeables.
-  Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Las consideraciones generales de higiene es garantizar que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo, quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla.

4.10.4 Desafición de Coagulante

La solución coagulante que se emplea es MC-5111 un compuesto líquido de polímero catiónico y una sal inorgánica a base de polidagmac diseñado para coagular las impurezas y remoción de sólidos suspendidos. Este producto es un coagulante de alta densidad de carga y peso molecular medio, para uso en sistemas de tratamiento de agua residual.

Es efectivo en coagulación de aguas turbias, reducción de fósforo, grasas y remoción de color. Este producto es aproximadamente un 90% biodegradable y no daña al medio ambiente ni a los mantos acuíferos.

Para el empleo de la solución se prepara en un tanque de 200L una solución al 4% de concentración y dosificar a 2 ppm en la tubería de agua cruda hacia los filtros de arena. No permitir el contacto con los ojos, la piel, o la ropa, se debe almacenar en el envase original manteniendo los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado los envases de metal deben ser revestidos.

4.10.4.1 Equipo de protección personal recomendado:

-  Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro, pantalla facial.
-  Protección para la piel: usar indumentaria protectora adecuada, guantes impermeables.
-  Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Las consideraciones generales de higiene es garantizar que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo, quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla.

4.10.5 Dosificación de Floculante

La solución floculante que se emplea en la planta potabilizadora es Floculante FA-1113, una solución que reacciona con la alcalinidad presente en el agua, formando flóculos fácilmente sedimentables eliminando la turbidez creada por sólidos suspendidos totales y coloraciones creadas por sales minerales.

El método de empleo es preparando en un tanque de 150 L una solución al 1.5% de concentración y dosificar a 2 ppm en la tubería de agua cruda hacia los filtros de arena. El producto no contiene sustancias que, a la concentración específica, se consideren peligrosas para la salud. Se debe de mantener en el envase original, y los recipientes herméticamente cerrados en un lugar seco, fresco y bien ventilado.

La ventilación debe ser adecuada, en especial en áreas confinadas. Donde sea razonablemente práctico, deberá ser realizado usando ventilación local y una buena extracción .

4.10.5.1 Equipo de protección personal recomendado:

-  Protección para la cara y los ojos: gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro, pantalla facial.
-  Protección para la piel: usar indumentaria protectora adecuada, guantes impermeables.
-  Protección respiratoria: en caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria, cuando los trabajadores están expuestos a concentraciones superiores a los límites de exposición deben utilizar respiradores certificados apropiados.

Las consideraciones generales de higiene es garantizar que las estaciones de lavado ocular y duchas de seguridad se encuentren cerca de los lugares de trabajo, quitarse la ropa contaminada y lavarlo antes de reutilizarla.

4.11 Consumo de agua

Al aplicar un proceso escrito en la planta potabilizadora mejora la eficacia del proceso, reduciendo costos de operación y gracias a esto reducir el consumo de agua por parte de Taghleef Industries, los resultados del cuarto objetivo son los siguientes:

El mes de enero de 2021 se registró el siguiente consumo de agua en la planta potabilizadora mostrada en la tabla 66:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-ene-21	380	11-ene-21	500	21-ene-21	530
02-ene-21	390	12-ene-21	240	22-ene-21	520
03-ene-21	530	13-ene-21	410	23-ene-21	540
04-ene-21	530	14-ene-21	390	24-ene-21	540
05-ene-21	460	15-ene-21	430	25-ene-21	540
06-ene-21	430	16-ene-21	400	26-ene-21	470
07-ene-21	360	17-ene-21	450	27-ene-21	470
08-ene-21	420	18-ene-21	450	28-ene-21	410
09-ene-21	340	19-ene-21	490	29-ene-21	510
10-ene-21	500	20-ene-21	500	30-ene-21	310
31-ene-21			340		

Tabla 66 Consumo del mes de enero (Charles Mendoza, 2021).



Figura 111 Gráfica de consumo del mes de enero (Charles Mendoza, 2021).

La anterior gráfica 111 representa el consumo de todo el mes de enero, sumando todos los metros cúbicos lo cual nos da que en ese mes se consumió 13,440 m³ de agua cruda.

El mes de febrero de 2021 se registró el siguiente consumo de agua en la planta potabilizadora mostrado en la tabla 67:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-feb-21	460	10-feb-21	420	19-feb-21	240
02-feb-21	300	11-feb-21	530	20-feb-21	220
03-feb-21	610	12-feb-21	500	21-feb-21	480
04-feb-21	440	13-feb-21	440	22-feb-21	480
05-feb-21	530	14-feb-21	430	23-feb-21	370
06-feb-21	510	15-feb-21	430	24-feb-21	430
07-feb-21	480	16-feb-21	360	25-feb-21	540
08-feb-21	480	17-feb-21	280	26-feb-21	470
09-feb-21	470	18-feb-21	270	27-feb-21	470
28-feb-21	440	Total		12080 m ³	

Tabla 67 Consumo del mes de febrero (Charles Mendoza, 2021).

La siguiente grafica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes de febrero figura 112:

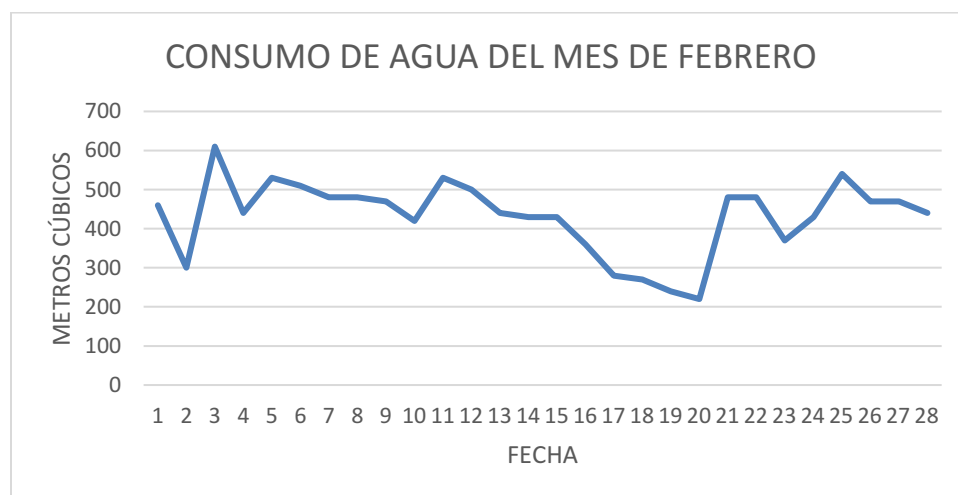


Figura 112 Gráfica de consumo del mes de febrero (Charles Mendoza, 2021).

La gráfica anterior figura 112 nos muestra el consumo de agua durante el mes de febrero, el cual nos indica un consumo de 12080 m³, el consumo más elevado fue el día 3 de febrero con 610 m³ y el día con menor consumo fue el 20 de febrero con 220 m³

El consumo de agua del mes de marzo se presenta en la siguiente tabla 68:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-mar-21	440	11-mar-21	570	21-mar-21	490
02-mar-21	570	12-mar-21	630	22-mar-21	490
03-mar-21	360	13-mar-21	390	23-mar-21	610
04-mar-21	660	14-mar-21	430	24-mar-21	450
05-mar-21	450	15-mar-21	430	25-mar-21	500
06-mar-21	420	16-mar-21	510	26-mar-21	510
07-mar-21	450	17-mar-21	310	27-mar-21	540
08-mar-21	450	18-mar-21	400	28-mar-21	500
09-mar-21	490	19-mar-21	280	29-mar-21	490
10-mar-21	450	20-mar-21	1,130	30-mar-21	560
31-mar-21		520	Total:	15480m ³	

Tabla 68 consumo de agua del mes de marzo (Charles Mendoza, 2021).

La tabla anterior 68 muestra el consumo de agua durante el mes de marzo, la siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes figura 113:

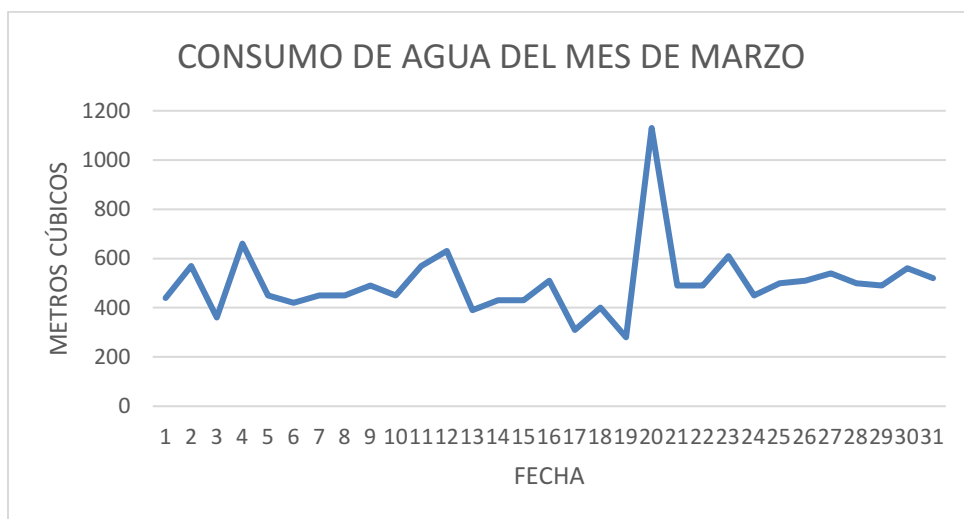


Figura 113 Gráfica del consumo de marzo (Charles Mendoza, 2021).

En el mes de marzo el consumo de agua fue de 15,480 m³, siendo el 20 de marzo el día con más consumo con 1130 m³ y el día con menor consumo el 19 de marzo con 280 m³.

El consumo de agua del mes de abril se representa en la siguiente tabla 69 donde se muestra el consumo de cada día, de igual forma se representa en una gráfica figura 114.

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-abr-21	600	11-abr-21	870	21-abr-21	1,270
02-abr-21	470	12-abr-21	880	22-abr-21	280
03-abr-21	490	13-abr-21	540	23-abr-21	600
04-abr-21	570	14-abr-21	500	24-abr-21	640
05-abr-21	570	15-abr-21	540	25-abr-21	520
06-abr-21	510	16-abr-21	490	26-abr-21	530
07-abr-21	580	17-abr-21	420	27-abr-21	600
08-abr-21	470	18-abr-21	590	28-abr-21	690
09-abr-21	290	19-abr-21	580	29-abr-21	470
10-abr-21	610	20-abr-21	340	30-abr-21	570
CONSUMO MENSUAL			17,080		

Tabla 69 Consumo de agua del mes de abril (Charles Mendoza, 2021).

La tabla anterior 69 muestra el consumo de agua durante el mes de abril, la siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes:

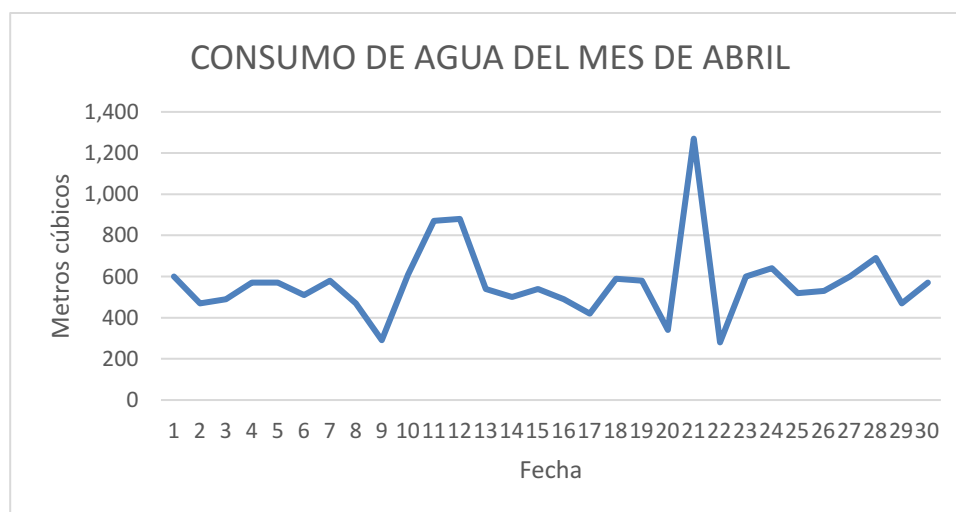


Figura 114 Gráfica del consumo de abril (Charles Mendoza, 2021).

La gráfica anterior 114 muestra el consumo de agua del mes de abril, indicando que el mayor consumo fue el 21 de abril con 1270 m³ y el menor consumo fue de 290 m³ el día 9 de abril, dando un consumo mensual de 17, 080 m³.

Los consumos de agua de mayo se presentan en la siguiente tabla 70:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-may-21	530	11-may-21	550	21-may-21	620
02-may-21	330	12-may-21	570	22-may-21	690
03-may-21	320	13-may-21	420	23-may-21	660
04-may-21	1,570	14-may-21	670	24-may-21	670
05-may-21	470	15-may-21	580	25-may-21	650
06-may-21	510	16-may-21	520	26-may-21	550
07-may-21	600	17-may-21	500	27-may-21	700
08-may-21	490	18-may-21	550	28-may-21	530
09-may-21	490	19-may-21	520	29-may-21	500
10-may-21	630	20-may-21	600	30-may-21	590
31-may-21	580	CONSUMO MENSUAL			17,080

Tabla 70 Consumo de agua del mes de mayo (Charles Mendoza, 2021).

La tabla anterior 70 muestra el consumo de agua durante el mes de mayo, la siguiente gráfica figura 115 muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes:

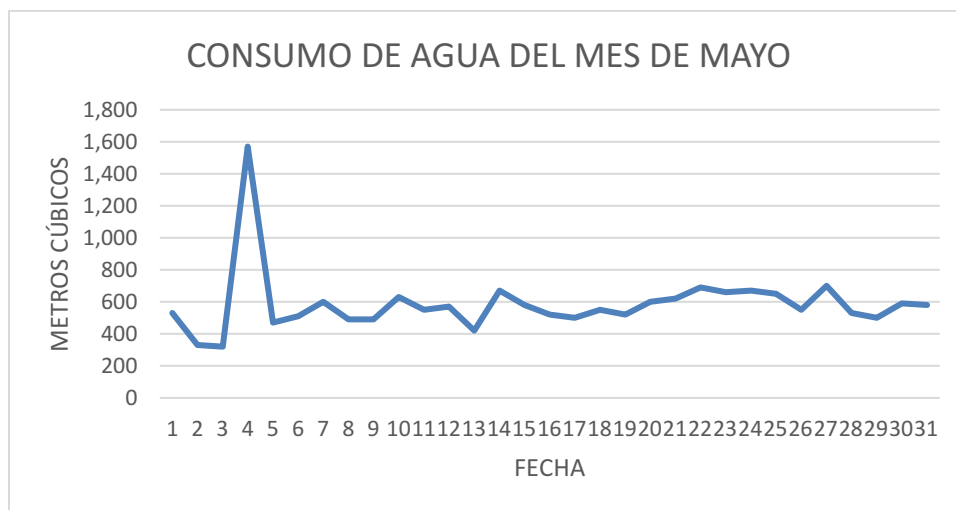


Figura 115 Gráfica del consumo de agua de mayo (Charles Mendoza, 2021).

La gráfica anterior figura 115 nos muestra el consumo de agua del mes de mayo teniendo el mayor consumo el día 4 con 1,570 m³ y el día 3 con 320 m³, teniendo un consumo mensual de 17, 080 m³.

Para el mes de junio el consumo de agua se representa en la siguiente tabla 71, donde se muestra el consumo por metro cubico de manera diaria:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-jun-21	540	11-jun-21	580	21-jun-21	590
02-jun-21	1,030	12-jun-21	560	22-jun-21	1,160
03-jun-21	660	13-jun-21	510	23-jun-21	770
04-jun-21	600	14-jun-21	500	24-jun-21	660
05-jun-21	500	15-jun-21	690	25-jun-21	1,040
06-jun-21	600	16-jun-21	580	26-jun-21	890
07-jun-21	620	17-jun-21	400	27-jun-21	1,000
08-jun-21	610	18-jun-21	630	28-jun-21	990
09-jun-21	600	19-jun-21	650	29-jun-21	920
10-jun-21	600	20-jun-21	580	30-jun-21	960
CONSUMO MENSUAL				21,020	

Tabla 71 Consumo de agua del mes de junio (Charles Mendoza, 2021).

La tabla 71 muestra el consumo de agua durante el mes de junio, la siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes de junio figura 116 .

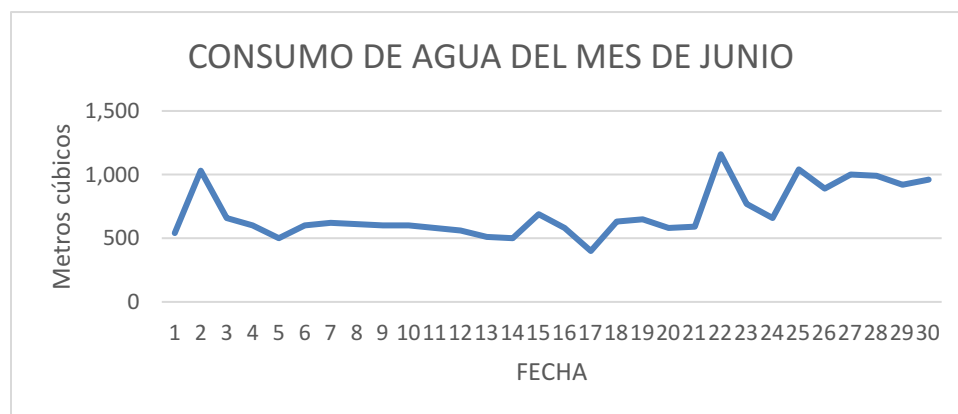


Figura 116 Gráfica del consumo del mes de junio (Charles Mendoza, 2021).

La gráfica figura 116 nos representa el consumo de agua del mes de junio, siendo el día 22 el de mayor consumo con una cantidad de 1160 m³, mientras que el día 1 fue el de menor consumo con 540 m³, el consumo mensual fue de 21,020 m³.

El mes julio el consumo de agua se representa en la siguiente tabla 72:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-jul-21	820	11-jul-21	490	21-jul-21	460
02-jul-21	820	12-jul-21	480	22-jul-21	690
03-jul-21	580	13-jul-21	310	23-jul-21	630
04-jul-21	530	14-jul-21	320	24-jul-21	650
05-jul-21	530	15-jul-21	460	25-jul-21	400
06-jul-21	500	16-jul-21	650	26-jul-21	410
07-jul-21	600	17-jul-21	370	27-jul-21	760
08-jul-21	500	18-jul-21	420	28-jul-21	810
09-jul-21	530	19-jul-21	430	29-jul-21	530
10-jul-21	520	20-jul-21	560	30-jul-21	560
31-jul-21	560	CONSUMO MENSUAL		16,060 m ³	

Tabla 72 Consumo de agua del mes de julio (Charles Mendoza, 2021).

En el siguiente diagrama figura 117 de líneas se muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes de julio.

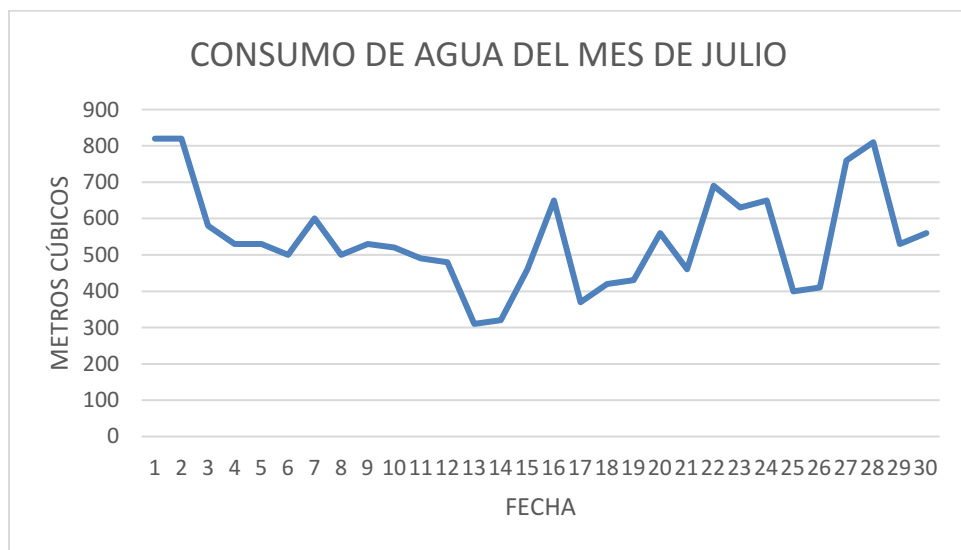


Figura 117 gráfica del consumo del mes de julio (Charles Mendoza, 2021).

La gráfica anterior figura 117 nos indica que durante el mes de julio el día de mayor consumo fue el 1 y 2 con un consumo de 820 m³, el día con menor consumo fue el 25 de julio con un consumo de 400 m³.

Para el mes de agosto el consumo de agua se representa en la siguiente tabla 73:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-ago-21	560	11-ago-21	370	21-ago-21	660
02-ago-21	560	12-ago-21	380	22-ago-21	470
03-ago-21	330	13-ago-21	370	23-ago-21	470
04-ago-21	690	14-ago-21	540	24-ago-21	660
05-ago-21	390	15-ago-21	460	25-ago-21	480
06-ago-21	250	16-ago-21	480	26-ago-21	560
07-ago-21	650	17-ago-21	580	27-ago-21	790
08-ago-21	560	18-ago-21	560	28-ago-21	590
09-ago-21	340	19-ago-21	650	29-ago-21	340
10-ago-21	640	20-ago-21	770	30-ago-21	340
31-ago-21	430	CONSUMO MENSUAL		15,920 m³	

Tabla 73 Consumo de agua del mes de agosto (Elaboración propia).

La siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes agosto figura 118 .

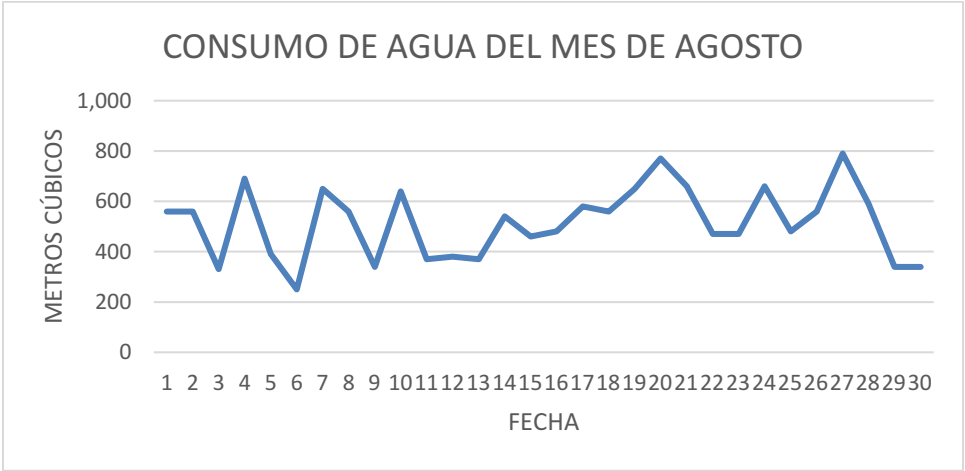


Figura 118 Gráfica de consumo del mes de agosto (Elaboración propia).

La siguiente gráfica figura 118 nos indica el consumo de agua del mes de agosto, mostrando que el consumo máximo fue el día 27 con un consumo de 790 m³, mientras el día con menor consumo corresponde al 6 con un consumo de 250 m³, el consumo mensual fue de 15, 920 m³.

El consumo de agua del mes de septiembre se muestra a continuación:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-sep-21	510	11-sep-21	380	21-sep-21	580
02-sep-21	670	12-sep-21	260	22-sep-21	510
03-sep-21	630	13-sep-21	260	23-sep-21	560
04-sep-21	630	14-sep-21	820	24-sep-21	350
05-sep-21	380	15-sep-21	890	25-sep-21	410
06-sep-21	380	16-sep-21	460	26-sep-21	470
07-sep-21	570	17-sep-21	560	27-sep-21	490
08-sep-21	310	18-sep-21	460	28-sep-21	600
09-sep-21	460	19-sep-21	550	29-sep-21	370
10-sep-21	590	20-sep-21	550	30-sep-21	400
CONSUMO MENSUAL				15,060 m ³	

Tabla 74 Consumo de agua del mes de septiembre (Elaboración propia).

La siguiente gráfica figura 119 representa el comportamiento del consumo de agua durante el mes de septiembre:

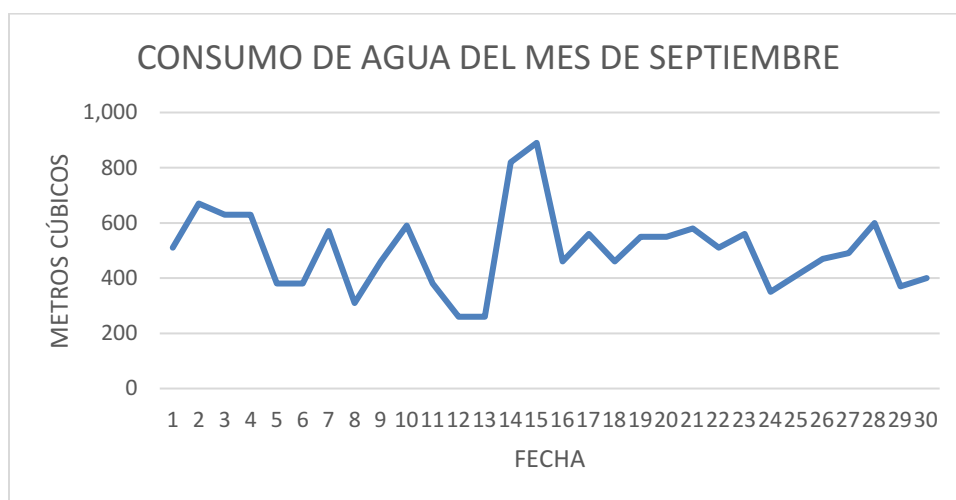


Figura 119 Gráfica de consumo del mes de septiembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 119 nos muestra el comportamiento del consumo de agua, donde la fecha con mayor consumo corresponde al día 15 con un consumo de 890 m³, sin embargo, el 12 y 13 fueron el de menor consumo con 260 m³, el consumo mensual fue de 15, 060 m³.

En el mes de octubre se registró el siguiente consumo de agua:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-oct-21	450	12-oct-21	310	22-oct-21	580
02-oct-21	430	13-oct-21	190	23-oct-21	220
03-oct-21	550	14-oct-21	480	24-oct-21	550
04-oct-21	560	15-oct-21	350	25-oct-21	550
05-oct-21	500	16-oct-21	430	26-oct-21	340
06-oct-21	290	17-oct-21	530	27-oct-21	420
07-oct-21	220	18-oct-21	480	28-oct-21	450
08-oct-21	450	19-oct-21	380	29-oct-21	440
09-oct-21	350	20-oct-21	200	30-oct-21	310
10-oct-21	280	21-oct-21	190	31-oct-21	230
11-oct-21	440	CONSUMO MENSUAL			12,150

Tabla 75 Consumo de agua del mes de octubre (Elaboración propia).

La tabla anterior 75 muestra el consumo de agua durante el mes de octubre, la siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes de octubre figura 120 .

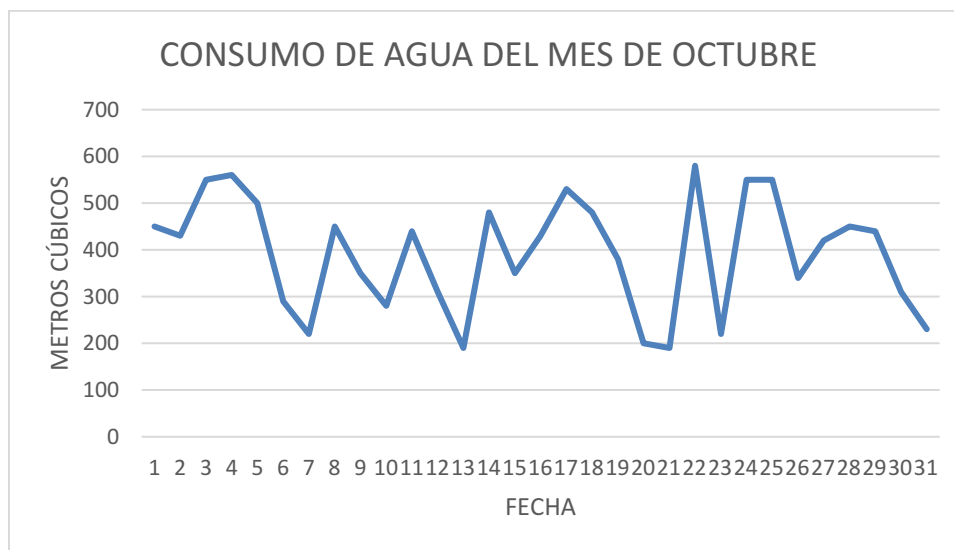


Figura 120 Gráfica consumo del mes de octubre (Elaboración propia).

La figura 120 Nos muestra el comportamiento del consumo de agua, se observa que el día 4 fue el de mayor consumo con 560 m³, el día 13 y 21 fue de menor consumo con 190 m³, teniendo un consumo mensual de 12, 150 m³.

La tabla 76 nos muestra el consumo de agua del mes de noviembre:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-nov-21	500	11-nov-21	420	21-nov-21	350
02-nov-21	490	12-nov-21	370	22-nov-21	510
03-nov-21	380	13-nov-21	220	23-nov-21	250
04-nov-21	190	14-nov-21	380	24-nov-21	410
05-nov-21	340	15-nov-21	370	25-nov-21	420
06-nov-21	410	16-nov-21	290	26-nov-21	430
07-nov-21	500	17-nov-21	460	27-nov-21	480
08-nov-21	490	18-nov-21	350	28-nov-21	360
09-nov-21	400	19-nov-21	340	29-nov-21	350
10-nov-21	420	20-nov-21	310	30-nov-21	330
CONSUMO MENSUAL				11520	

Tabla 76 Consumo de agua del mes de noviembre (Elaboración propia).

La tabla 76 muestra el consumo de agua durante el mes de noviembre, la siguiente gráfica figura 121 muestra el comportamiento del consumo de agua durante el mes.

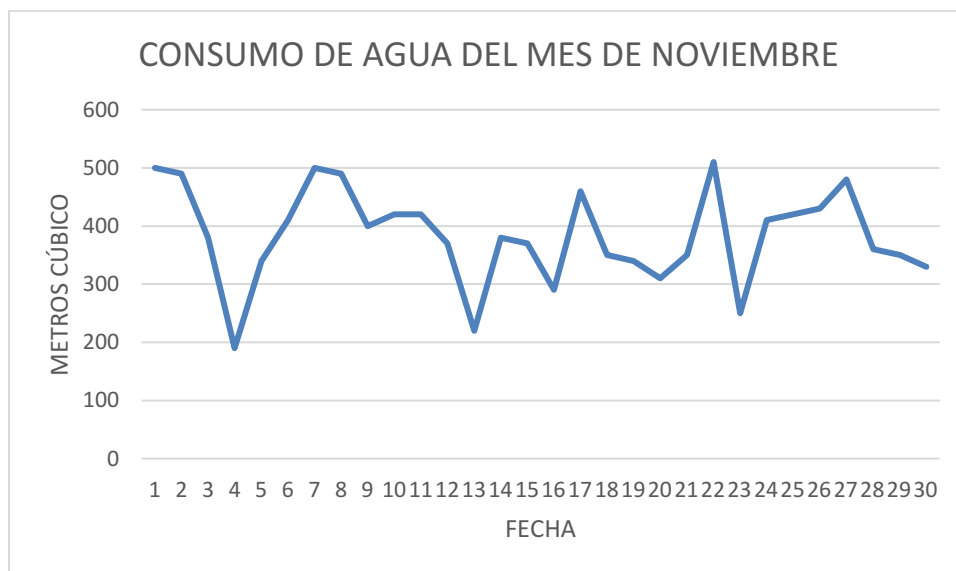


Figura 121 Gráfica del consumo de noviembre (Elaboración propia).

La gráfica anterior figura 121 nos muestra el comportamiento del consumo del agua, se puede apreciar que el día 22 se consumió 510 m³, mientras que el día 4 corresponde al mínimo consumo con 190 m³, el consumo mensual fue de 11,520.

La siguiente tabla 77 corresponde a los consumos del mes de diciembre:

FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10	FECHA	M3/DÍA *10
01-dic-21	500	12-dic-21	380	22-dic-21	220
02-dic-21	100	13-dic-21	160	23-dic-21	380
03-dic-21	330	14-dic-21	340	24-dic-21	370
04-dic-21	500	15-dic-21	410	25-dic-21	290
05-dic-21	260	16-dic-21	170	26-dic-21	460
06-dic-21	280	17-dic-21	490	27-dic-21	350
07-dic-21	280	18-dic-21	400	28-dic-21	340
08-dic-21	430	19-dic-21	420	29-dic-21	310
09-dic-21	430	20-dic-21	420	30-dic-21	350
10-dic-21	250	21-dic-21	370	31-dic-21	510
11-dic-21	490	CONSUMO MENSUAL			10,990

Tabla 77 Consumo del mes de diciembre (Elaboración propia).

La grafica 122 nos muestra el comportamiento del consumo de agua.

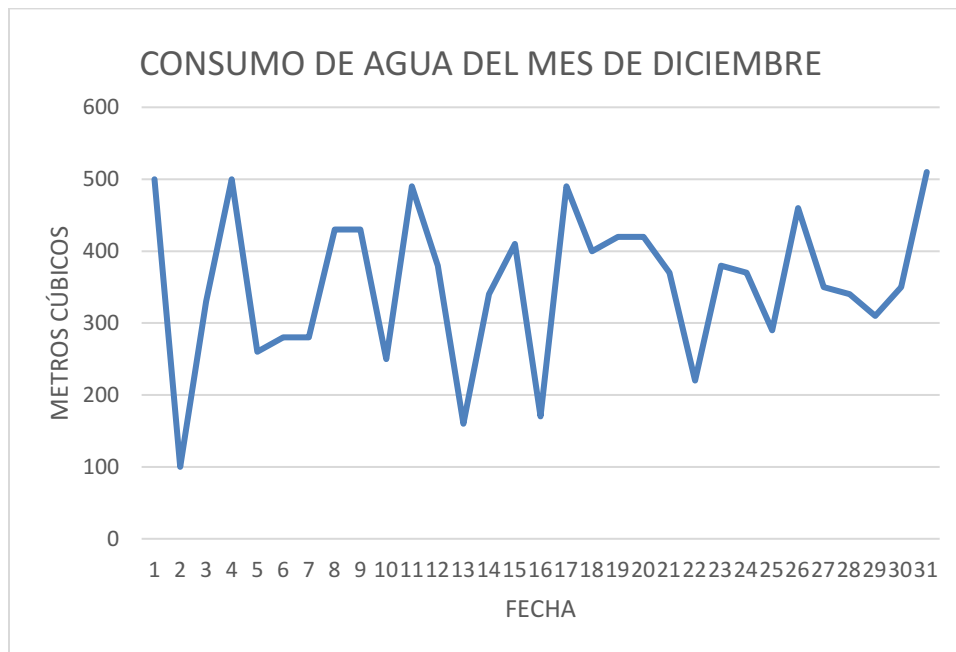


Figura 122 Gráfica del consumo de agua de diciembre (Elaboración propia).

Como se puede apreciar en la gráfica figura 122 el 31 de diciembre fue el día de mayor consumo con 510 m³, el día con menor consumo fue el 2 con un consumo de 100 m³, el consumo mensual fue de 10,990.

La siguiente tabla 78 muestra el consumo anual en m³ de agua cruda que se consumió la planta potabilizadora en todos los meses del año 2021.

CONSUMO ANUAL			
MES	CONSUMO MENSUAL	MES	CONSUMO MENSUAL
ENERO	13880	JULIO	16,880
FEBRERO	12080	AGOSTO	15,920
MARZO	15480	SEPTIEMBRE	15,060
ABRIL	17080	OCTUBRE	12,150
MAYO	18160	NOVIEMBRE	11,400
JUNIO	21020	DICIEMBRE	10990
CONSUMO TOTAL ANUAL:		180,100 m³	

Tabla 78 Consumo de agua anual (Elaboración propia).

La tabla anterior figura 78 muestra el consumo de agua anual, la siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo de agua figura 4.123.

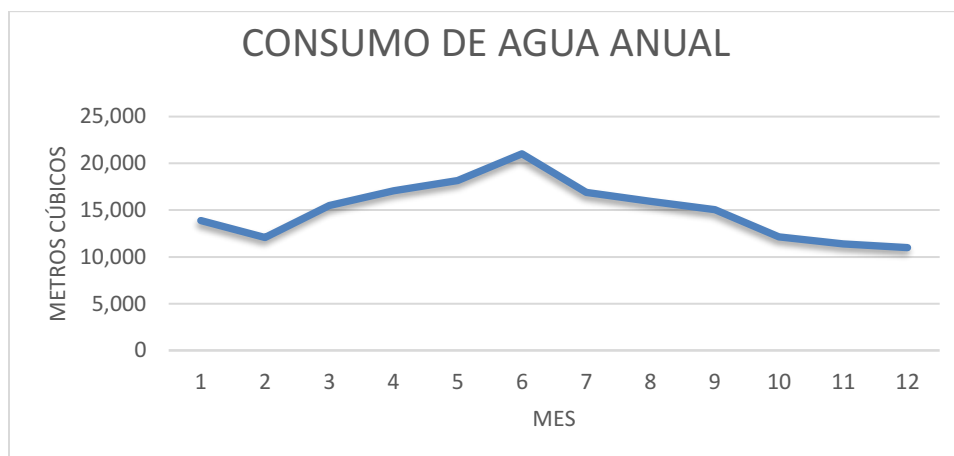


Figura 123 Gráfica de consumo de agua anual (Elaboración propia).

La gráfica 123 nos muestra el comportamiento del consumo de agua durante todos los meses del 2021, se puede apreciar que, durante los meses de enero, marzo, abril, mayo, el consumo de agua se elevó, siendo el mes de junio el mayor consumo con 21,020 m³, el proceso escrito se aplicó a partir del 16 de agosto con el objetivo de eficientizar el funcionamiento de la planta potabilizadora, disminuyendo el consumo de agua en estos meses, siendo diciembre el mes con menor consumo de 10,990 m³.

CONCLUSIONES

- ✚ Se determinó la correcta operación y funcionamiento de la planta potabilizadora.
- ✚ Se obtuvo el diagnóstico de operación por parte de los encargados de la potabilizadora.
- ✚ Se demostró los cambios de los análisis diarios de los meses de recopilación de datos.
- ✚ Se identificó la falta de mantenimiento a los equipos, a través de las gráficas realizadas.
- ✚ Se logró comprobar la disminución en el consumo de agua al aplicar un proceso escrito de la operación de la potabilizadora.
- ✚ Se identificó los ajustes necesarios al agua en cada proceso.

RECOMENDACIONES

- ✚ El agua que se potabiliza es utilizada por Taghleef Industries, lo cual se recomienda hacer el análisis conforme lo indica los procedimientos descritos.
- ✚ Debido a la poca capacitación se recomienda que se brinden más cursos al personal que opera la planta potabilizadora para el correcto funcionamiento.
- ✚ Se recomienda la implementación del proceso escrito del funcionamiento de la planta potabilizadora, de esta manera reducir costos de operación y disminución en el consumo de agua.
- ✚ Se recomienda el uso de equipo de protección personal al realizar el mantenimiento de los equipos y al realizar los ajustes al agua.
- ✚ Llevar un mejor monitoreo continuo del mantenimiento de los equipos con el fin de mantener el agua en buenas condiciones y dentro de los parámetros de calidad necesarios en el área de producción.
- ✚ Llevar el control estricto de los análisis diarios del agua de las diferentes muestras.
- ✚ Se recomienda hacer cálculos mensuales de los análisis diarios, para identificar los cambios y detectar posibles fallas de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

- Arias, E. (5 de Febrero de 2021). Investigación descriptiva. Obtenido de Economipedia : <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>
- Pepper Bergholz Susana. (11 de MAYO de 2011). Definición de gestión por procesos. Obtenido de acreditación de prestadores institucionales en chile: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/GES03-A/5032>
- Pérez Luis Roberti. (2020). Coagulación, floculación y separación. Obtenido de Gestión de agua y saneamiento sostenible: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Quintero Rincón, A. (2017). Potabilizacion De Agua. Obtenido de Potabilizacion De Agua: <https://es.calameo.com/books/0050800168bc2aad8c15>
- Rodrigo Gomez Ezequiel. (Marzo de 2016). Propuesta de un programa de mantenimiento aplicando tpm en el área de lavado en la empresa purificadora de agua nibak, en el municipio de ixtapa. Obtenido de instituto tecnológico de tuxtla gutierrez:
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/825/49420.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero, M. (2020). Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. Obtenido de tratamientos utilizados en potabilización de agua: <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/13/32/894.pdf>
- Tenesaca Rivera, O. A. (2021). Universidad Estatal del sur de Manabi. Obtenido de Universidad Estatal del sur de Manabi: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3417/1/Tesis%20de%20Grado-UNESUM-Tenesaca%20Rivera%20Oscar%20Andres.pdf>
- Westreicher, G. (14 de Diciembre de 202). Mantenimiento. Obtenido de Economipedia : <https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html>
- A. Pérez Carrera, A.V. Volpedo, A. Fernández Cirelli. (2016). El Arsénico: del agua a los alimentos. Obtenido de CONICET:

https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/8089/CONICET_Digital_Nro.10612.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Abondano capella martha . (18 de mayo de 2016). Operacion y mantenimiento de plantas de potabilizacion de agua. Obtenido de sena sistema de bibliotecas : https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

ACQUA TECNOLOGÍA. (13 de Febrero de 2013). Ingeniería en tratamiento y procesos.

Arteaga, L. (14 de Julio de 2015). Instrumentos de Recolección de Datos. Obtenido de Definición de instrumento de recolección de datos: <http://instrumentosderecolecciondedatosidm.blogspot.com/2015/07/definicion-de-instrumento-de.html>

Arteaga, M. C. (2018). Operación y Mantenimiento de Sistemas de Distribución de Agua. Obtenido de Equipo AGUATUYA: <https://www.aguatuya.org/docs/hrbB9uGPF8g1MKQmwoqHW1e2T7MZaZDj.pdf>

Arter Rodriguez Dennis. (27 de Marzo de 2014). Enfoque basado en Procesos como principio de gestión. Obtenido de Wiki Calidad: <http://200.16.4.26/wiki-calidad/enfoque-basado-en-procesos-como-principio-de-gestion#sthash.tV60Yrj2.dpbs>

Castellanos, L. (2 de Marzo de 2017). Metodología de la Investigación. Obtenido de Metodología de la Investigación: <https://lcmetodologiainvestigacion.wordpress.com/2017/03/02/tecnica-de-observacion/>

Castillo Torres, J. L. (29 de Agosto de 2011). Introducción a la estadística. Obtenido de introducción a la estadística: <https://issuu.com/guadalca/docs/estadistica>

CEPIS. (2021). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Obtenido de Manual de capacitación para operadores: [http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20\(cepis\)\(2\).pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4020/operacion%20y%20mantenimiento%20de%20plantas%20de%20tratamiento%20de%20agua%20(cepis)(2).pdf)

Charles Mendoza, H. D. (2021). Chem-Aqua. Altamira, Tamaulipas.

- Charry Gonzalez , A. A. (06 de junio de 2017). Agua para la prosperidad. Obtenido de agua para la prosperidad: <https://www.aguasdelhuila.gov.co/index.php/pda/capacitacion-pda/465-capacitar-a-los-operadores-de-ptap-de-las-esp-en-la-gestion-de-procesos-de-operacion-y-mantenimiento-de-las-plantas-de-tratamiento-de-agua-potable-con-fundamento-en-las-normas-de-competen>
- Chulluncuy Camacho, N. C. (16 de junio de 2019). Ingeniería Industrial. Obtenido de Tratamiento de agua para consumo humano: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>
- CONAGUA. (2015). Evaluación rápida de plantas potabilizadoras. Obtenido de manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro45.pdf>
- CONAGUA. (marzo de 2016). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Obtenido de Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y tratamiento primario: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>
- CONAGUA. (4 de Abril de 2017). Comisión Nacional del Agua . Obtenido de ¿Que es una planta potabilizadora?: <https://www.gob.mx/conagua/es/articulos/que-es-una-planta-potabilizadora?idiom=es>
- Díaz Caravantes, R., Moreno Vazquez, J. L., Duarte Tagles, H., & Pineda Pablo, N. (4 de Junio de 2021). Las plantas potabilizadoras en el río Sonora: una revisión de la recuperación del desastre. Obtenido de SciELO - Scientific Electronic Library Online: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252021000100109&script=sci_arttext
- Dr. Chávez Ackermann , P. (12 de Julio de 2017). Las actividades operativas y el tipo de decisiones. Obtenido de las actividades operativas y el tipo de decisiones: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion_y_Finanzas/vol4num12/Revista_de%20_Administraci%C3%B3n_y_Finanzas_V4_N12_4.pdf

- Dr. Geól. Miguel Auge. (2007). AGUA FUENTE DE VIDA. Obtenido de Universidad de Buenos Aires:
<http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- Dr. Santana Rabell, L. (Octubre de 2008). Universidad de puerto rico. Obtenido de guías para elaborar fichas bibliográficas en la redacción de ensayos, monografías y tesis: https://sociales.uprrp.edu/egap/wp-content/uploads/sites/13/2016/04/guias_elaboracion_fichas.pdf
- Enrique Ramírez, J. (2008). Reutilizacion sana y ahorro de agua en un edificio multifamiliar. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/5199/1/REUTILIZACION.pdf>
- Espín Rodríguez, Verónica L. (12 de NOVIEMBRE de 2017). Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/115/1/T.AMB.B.UEA.%203030>
- Estrata Luna, V., & Gutiérrez Vázquez, V. (Marzo de 2016). Contro y monitoreo de una potabilizadora de agua por medio de uan red controlnet. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <https://1library.co/document/lzgr5r8q-control-monitoreo-una-potabilizadora-agua-por-medio-controlnet.html>
- Estrella Hernández, G. (15 de Junio de 2021). Órgano del gobierno constitucional del estado libre y soberano de tamaulipas. Obtenido de Periodico Oficial: https://www.tamaulipas.gob.mx/datosabiertos/wp-content/blogs.dir/49/files_mf/1629919775cxlvi84150721FANEXOPOTALTA MIRAJULIO20201.pdf
- Franco, Y. (julio de 2014). Tesis de Investigación. Obtenido de <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2014/07/como-se-debe-citar-un-blog-como.html>
- García de la Fuente, C. (7 de Noviembre de 2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. Obtenido de PV ALBEITAR: https://www.avideter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- García, D. C. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento para una planta de tratamiento de agua potable en una empresa del norte del valle del cauca. Obtenido de diseño de un plan de mantenimiento para una planta de

tratamiento de agua potable en una empresa del norte del valle del cauc:
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/19660/0604379.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gilbert Avery. (16 de Octubre de 2021). Introducción a la filtración de sedimentos en líquidos. Obtenido de Carbotecnia:
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/filtracion-liquidos/>

Gomez Melendez Laura Margarita. (17 de NOVIEMBRE de 2017). Diseño de un manual de procedimientos. Obtenido de universidad cooperativa de colombia:
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/5971/1/2017_diseno_manual.pdf

Google Earth . (23 de Octubre de 2021). Google Earth . Obtenido de Google Earth :
<https://www.google.com.mx/maps/place/Tamaulipas/@25.1800338,-100.9001698,726341m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x867953aedb1e2459:0x33859f5a35e81925!8m2!3d24.26694!4d-98.8362755!5m1!1e2>

Google Maps. (23 de Octubre de 2021). Google Maps. Obtenido de Google Maps:
<https://www.google.com.mx/maps/place/BIOFILM/@22.4503713,-97.8974182,662m/data=!3m1!1e3!4m12!1m6!3m5!1s0x867807fdfff0e025:0x76f311b3d4279584!2sBIOFILM!8m2!3d22.4510852!4d-97.8973538!3m4!1s0x867807fdfff0e025:0x76f311b3d4279584!8m2!3d22.4510852!4d-97.897353>

H. Ayuntamiento de Altamira. (2021). Altamira. Obtenido de Enciclopedia de los municipios y delegaciones de mexico:
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM28tamaulipas/municipios/28003a.html>

Hanna instruments. (25 de Marzo de 2019). Hanna instruments. Obtenido de Hanna instruments:
<https://www.hannainst.es/blog/1572/Sabias-que-existen-diferentes-tipos-de-cloro>

Harrington, James H. (Agosto de 1992). Mejoramiento de los procesos de la empresa. Obtenido de Mejoramiento de los procesos de la empresa:

- <https://www.probidadenchile.cl/wp/harrington-james-h-mejoramiento-de-los-procesos-de-la-empresa/>
- Huergo Jorge. (2014). LOS PROCESOS DE GESTION. Obtenido de GESTION: <http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/univpedagogica/especializaciones/seminario/materialesparadescargar/seminario4/huergo3.pdf>
- José, B. P. (Noviembre de 2019). SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN. Obtenido de REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/titulocolombia.pdf>
- Landero Garcia, S. A. (Junio de 2019). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA LA PÓLVORA EN VILLAHERMOSA, TABASCO. Obtenido de Instituto Tecnológico de Villahermosa: http://villahermosa.tecnm.mx/docs/departamentos/tesis/repositorio_de_tesis_2014-2020/Tesis%20Samuel%20Andres%20Landero%20Garcia.pdf
- Lic. Diaz, M. E. (Diciembre de 2017). Poblacion, muestra y muestreo. Obtenido de Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/huejutla/enfermeria/2017/Poblacion_Muestra_Muestreo.pdf
- Lopez Martin. (23 de Septiembre de 2020). Manual Operación y Mantenimiento Planta Potabilizadora de Agua. Obtenido de issuu: https://issuu.com/arquitectomartinlopez/docs/manual_de_op_y_man_planta_final
- Marín Ortiz, L. M. (2020). Plan de mejora de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable (ptap) en los campamentos tacuí y cuní del proyecto hidroeléctrico ituango. Obtenido de Universidad de Antioquia Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental Medellín, Colombia: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15857/6/MarinLaura_2020_MejoraPlantaTratamiento.pdf
- Meire. (4 de Junio de 2018). Diagrama de Flujo (Flujograma) de Proceso. Obtenido de Qualiex : <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-flujo-flujograma-de-proceso/>

- Mendoza Ramirez, N. (Mayo de 2019). Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento integral para los equipos de la planta de tratamiento de agua potable cupapuicito, acueducto upata, municipio piar estado bolívar. Obtenido de república bolivariana de venezuela: [file:///C:/Users/SALVAD~1/AppData/Local/Temp/Rar\\$DIa13976.16344/disen-o-sistema-gestion-mantenimiento-integral-equipos-planta-tratamiento-agua-potable.pdf](file:///C:/Users/SALVAD~1/AppData/Local/Temp/Rar$DIa13976.16344/disen-o-sistema-gestion-mantenimiento-integral-equipos-planta-tratamiento-agua-potable.pdf)
- Moreno Rojas, C. E. (2020). Tecnología en Saneamiento Ambiental Bucaramanga. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y A Distancia-UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36157/cemorenoro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Najul, M. V., & Blanco, H. (Marzo de 2017). Estrategias de mejora continua en plantas potabilizadoras Venezolanas. Obtenido de SciELO - Scientific Electronic Library Online: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000100006
- Nicton Plus. (14 de agosto de 2020). Cada cuanto tiempo se deben cambiar los filtros osmosis. Obtenido de Nicton Plus: <https://www.nictonplus.com/cada-cuanto-tiempo-se-deben-cambiar-los-filtros-osmosis/>
- NMX-AA-073-SCFI-2001. (2001). ANÁLISIS DE AGUA - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>
- NOM-127-SSA1-1994 . (22 de Noviembre de 2020). NORMA Oficial Mexicana Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69543.pdf>
- Peña Sánchez, A. C. (1 de Febrero de 2017). Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la planta de tratamiento de agua potable del

- municipio de muzo (boyacá). Obtenido de Diseño del plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la planta de tratamiento de agua potable del municipio de muzo (boyacá): <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16026/Pe%C3%B1aSanchezAndresCamilo2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Piliar Bojaca, R. (1 de Abril de 2005). Pso determinación de alcalinidad por. Obtenido de nstituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Alcalinidad+total+en+agua+por+electrometr%C3%ADa..pdf/dd9a3610-8ff7-49bc-97eb-5306362466df>
- PURE WATER. (22 de Octubre de 2021). Instalación de planta potabilizadora de agua y tanques tipo australianos. Obtenido de PureWater Colombia | Tecnología en Tratamiento de Aguas|: <https://purewater.com.co/author/wilmar/>
- Ramírez Martínez , J. (27 de ENERO de 2020). Propuesta de optimización de la planta de potabilización del acueducto veredal " La Silenciosa" del municipio de Quimbaya- Quindío. Obtenido de DSpace Repository: <http://dspace.uceva.edu.co:8080/handle/123456789/2040>
- Rashel Rivera, K. (11 de Marzo de 2016). Tecnicas bibliograficas. Obtenido de Tecnicas bibliograficas documentales de investigación : <https://prezi.com/sbtbe9m6rv4d/tecnicas-bibliograficas-kimberly-rivera/>
- Rivas Valdez, A. (2019). PROCESO DE ELABORACIÓN DE UNA INFOGRAFÍA TOMANDO COMO BASE DISTINTAS TÉCNICAS DE PHISHING. Obtenido de ReDTIS: <https://www.redtis.org/index.php/Redtis/article/view/35/44>
- Robayo Rivera, E. (23 de MARZO de 2018). Elaboración del sistema de gestión de mantenimiento para la planta de tratamiento de agua potable casigana de la ep-emapa-a. Obtenido de DSpace Universidad Indoamerica: <http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/841/1/ROBAYO%20RIVERA%20ELVIS%20PAUL.pdf>
- Rodríguez Azuero, A. H., Cubillos Forero, H. A., & Muñoz Calvo, J. A. (2019). Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la Planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cogua Cundinamarca Caso de

- estudio: Cámara de vacío . Obtenido de Universidad ECCI:
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1966/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>
- Rodríguez Pizarro, A. (2018). Ingeniería hidráulica y ambiente. Obtenido de Planta potabilizadora Santa Isabel en el acueducto Bayamo: manual de explotación en multimedia: <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/54>
- Secretaría De Desarrollo Urbano Y Medio Ambiente. (15 de Julio de 2021). ACTUALIZACIÓN al Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo. Obtenido de Periodico Oficial: https://www.tamaulipas.gob.mx/datosabiertos/wp-content/blogs.dir/49/files_mf/1629919775cxlvi84150721FANEXOPOTALTA MIRAJULIO20201.pdf
- SERVIPRESIÓN . (10 de Enero de 2020). SERVIPRESIÓN . Obtenido de Energia Solar, Grupo de presión: <https://servipresion.com/la-importancia-del-mantenimiento-en-los-tratamientos-de-aguas/#comment-19>
- Sierra Ramirez, C. A. (2015). Calidad del Agua. Obtenido de evaluación y diagnostico: https://books.google.com.mx/books/about/Calidad_del_agua.html?id=2fAYEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Significados. (20 de Agosto de 2019). Significado de Diagnóstico. Obtenido de SignificadosSignificados: <https://www.significados.com/diagnostico/>
- Taghleef Latin America. (2021). Taghleef Latin America. Obtenido de Taghleef Latin America: <https://mx.linkedin.com/company/ti-films>
- Valdivielso, A. (2021). Iagua. Obtenido de ¿Qué es la ósmosis inversa?: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-osmosis-inversa>
- Vásquez Hidalgo, I. (2017). Tipos de estudio y métodos de investigación. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/16723/tipos-de-estudio-y-metodos-de-investigacion>

- Ver, A. P., & Caceres Acosta, B. E. (2018). EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA DE LA ESTACIÓN. Obtenido de SISTEMA DE POTABILIZACIÓN DE AGUA:
<https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/79/1045726429%20-%201045729315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zarza, L. F. (2020). ¿Qué es el agua cruda? Obtenido de iagua:
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-cruda>

ANEXOS



Fecha: _____

Objetivo: Conocer las necesidades y demandas del personal en materia de capacitación para mejorar el desempeño, así como identificar la relación existente en puesto, función y operación de los equipos que componen la planta potabilizadora.

Datos generales

Nombre: _____

Puesto o cargo: _____

Antigüedad: _____

Contenido

1. ¿Qué tareas realiza en el puesto de trabajo?
2. ¿Cuántos cursos de capacitación ha recibido?
3. ¿Con qué frecuencia ha recibido cursos de capacitación?
4. ¿Qué mantenimiento necesita la planta potabilizadora?
5. ¿La falta de capacitación afecta la correcta operación de la planta potabilizadora?
6. ¿Es necesario la implementación de un proceso escrito del funcionamiento, operación y mantenimiento que requiere la planta potabilizadora?

Anexo 1. Formato de entrevista (el autor).

Este formato fue utilizado para conocer el diagnóstico de operación de los técnicos a cargo de la planta potabilizadora, este instrumento fue aplicado a los tres encargados de la planta.

 Taghleef Industries											
REPORTE DIARIO											
FECHA											
COMPAÑÍA		Taghleef Industries									
DIRECCION		Puerto Ind. Blvd., de los rios 9040 Altamira, Tamaulipas									
RESPONSABLE		Ing. Aron Reyna									
DEPARTAMENTO		POTABILIZADORA									
	Agua Cruda (cisterna)		Agua Filtrada (arena)		Agua Carbon		Osmosis 1		Osmosis 2		
PH											
Conduc											
Alcali											
Dur. Total											
Solidos Suspen											
Turbidez											
Cloruros											
Nivel					Nivel de tanque producto externo				Nivel de tanque producto interno		
Cl	TOTAL	RESIDUAL	TOTAL	RESIDUAL	TOTAL	RESIDUAL	TOTAL	RESIDUAL	TOTAL	RESIDUAL	
DATOS DE OPERACIÓN				DATOS DE OPERACIÓN OSMOSIS							
OSMOSIS 1		OSMOSIS 2				Flujo Permeado					
FLUJO DE ALIM. GPM		FLUJO DE ALIM. GPM				Flujo Rechazo					
0		0				Presion Entrada					
% DE PERMEADO		% DE PERMEADO				Presion Salida					
#i DIV/0!		#i DIV/0!									
% DE RECHAZO		% DE RECHAZO									
#i DIV/0!		#i DIV/0!									

Anexo 2. Reporte diario de recolección de datos (el autor).

El reporte diario fue utilizado para la recopilación de datos mediante la realización de análisis diarios, donde se registró los resultados y observaciones de todos los días en un periodo de cuatro meses, iniciando el 16 de agosto y finalizando el 16 de diciembre, en un tiempo de 8 de la mañana a 5 de la tarde.



Fecha: 23-08-21

Objetivo: Conocer las necesidades y demandas del personal en materia de capacitación para mejorar el desempeño, así como identificar la relación existente en puesto, función y operación de los equipos que componen la planta.

Datos generales

Nombre: Victor Jesus Cruz Hernández

Puesto o cargo: Técnico

Antigüedad: 1 año

Contenido

1. ¿Qué tareas realiza en el puesto de trabajo? Análisis de agua, llenado de químicos para calderas y torres.
2. ¿Cuántos cursos de capacitación ha recibido? 1 curso
3. ¿Con qué frecuencia ha recibido cursos de capacitación? En un año
4. ¿Qué mantenimiento necesita la planta potabilizadora? Como lo son el lavado de ósmosis, retrolavados de filtros arena y suavizadores.
5. ¿La falta de capacitación afecta la correcta operación de la planta potabilizadora? No afecta
6. ¿Es necesario la implementación de un proceso escrito del funcionamiento, operación y mantenimiento que requiere la planta potabilizadora? Sí es necesario.

Anexo 3. Entrevista número 1 (el autor).

Entrevista aplicada al encargado de la planta potabilizadora.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



SEV
Secretaría
de Educación



DET
Dirección de Educación
Veracruzana



Fecha: 23-08-21

Objetivo: Conocer las necesidades y demandas del personal en materia de capacitación para mejorar el desempeño, así como identificar la relación existente en puesto, función y operación de los equipos que componen la planta.

Datos generales

Nombre: Ing. Hugo Daniel Charles Mendoza

Puesto o cargo: _____

Antigüedad: 3 años y medio

Contenido

1. ¿Qué tareas realiza en el puesto de trabajo? Asegura la calidad requerida por Taghreef industries, dentro de la potabilizadora para su operación continua en las giras de proceso.

2. ¿Cuántos cursos de capacitación ha recibido? 10 cursos

3. ¿Con qué frecuencia ha recibido cursos de capacitación?

En un periodo de 6 meses

4. ¿Qué mantenimiento necesita la planta potabilizadora? los preventivos que se lleva cada semana, los cuales son los retrolavados de los filtros, cloración adecuada, Flushing de ósmosis y regeneración de suavizadores

5. ¿La falta de capacitación afecta la correcta operación de la planta potabilizadora? Sí, de gran manera.

6. ¿Es necesario la implementación de un proceso escrito del funcionamiento, operación y mantenimiento que requiere la planta potabilizadora?

Es muy necesario debido a que implementar un proceso escrito al nuevo personal tanto interno como externo

Anexo 4. Entrevista número 2 (Elaboración propia).

Entrevista aplicada al encargado de la planta potabilizadora.



Fecha: 23-08-21

Objetivo: Conocer las necesidades y demandas del personal en materia de capacitación para mejorar el desempeño, así como identificar la relación existente en puesto, función y operación de los equipos que componen la planta.

Datos generales

Nombre: Ing. Aaron Reyna Saldaña

Puesto o cargo: Técnico Comercial

Antigüedad: 5 años

Contenido

1. ¿Qué tareas realiza en el puesto de trabajo?

Controla y monitorea de la correcta operación de la planta potabilizadora.

2. ¿Cuántos cursos de capacitación ha recibido? 15 cursos

3. ¿Con qué frecuencia ha recibido cursos de capacitación?

Cada 5 meses

4. ¿Qué mantenimiento necesita la planta potabilizadora?

Retrolavados de los equipos y arreglo de las bombas dosificadoras.

5. ¿La falta de capacitación afecta la correcta operación de la planta potabilizadora? Si afecta

6. ¿Es necesario la implementación de un proceso escrito del funcionamiento, operación y mantenimiento que requiere la planta potabilizadora?

Si es muy necesario

Anexo 5. Entrevista número 3 (Elaboración propia).

Entrevista aplicada al encargado de la planta potabilizadora

FORMATO DE LIBERACION DEL PROYECTO PARA TITULACION INTEGRAL

Ciudad: Tantoyuca Estado: Veracruz

Fecha: 23 de marzo de 2022

Asunto: **Libерación De Proyecto Para la Titulación Integral**

C. M.C. SONIA CRUZ RIVERA

Jefa De Departamento De Estudios Profesionales y Titulación

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

Nombre del Alumno:	BLANCA ESTELA DEL ANGEL VICENTE
Carrera	INGENIERÍA AMBIENTAL
No. De Control	17350092
Nombre del Proyecto	"DIAGNÓSTICO DE LA OPERATIVIDAD DE UNA PLANTA POTABILIZADORA INSTALADA POR CHEM-AQUA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ALTAMIRA, TAMAULIPAS"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL POR TESIS PROFESIONAL

- Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen Profesional, por lo cual deberá de entregar al Departamento de Estudios Profesionales, su trabajo profesional en 5 minl CD's (debidamente rotulados) de su trabajo en archivo PDF, anexando al final la autorización de impresión, así como Donar un libro (nuevo) de su especialidad al centro de Información y el presente documento digitalizado en formato PDF.

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

ATENTAMENTE

DRA. CYNTHIA RAMÍREZ LÓPEZ

JEFA DE DIVISIÓN DE CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



DIVISIÓN DE

DR. JOSÉ JAIME GONZÁLEZ ELIZONDO	M.C. BLANCA ISABEL HERNÁNDEZ LARA	ING. MARCELINO CRUZ DEL ÁNGEL
Nombre y firma del Asesor	Nombre y Firma del Revisor	Nombre y firma del Revisor

C.I. a Depto. De Servicios Escolares. - Para carta de no inconveniencia
 Depto. De Recursos Financieros. - Para el cobro de arancel correspondiente
 Depto. Estudios Profesionales.
 Expediente

Anexo 6. F-EP-34 Formato de liberación del proyecto para Titulación Integral (Elaboración propia).



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

FORMATO DE REGISTRO DE PROYECTO

Departamento de Ingeniería Ambiental

Lugar: Tantoyuca, Ver.

Fecha: 23 de marzo de 2022

NOMBRE DEL PROYECTO	"DIAGNÓSTICO DE LA OPERATIVIDAD DE UNA PLANTA POTABILIZADORA INSTALADA POR CHEM-AQUA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ALTAMIRA, TAMAULIPAS"
NOMBRE DEL ASESOR	DR. JOSÉ JAIME GONZÁLEZ ELIZONDO
NOMBRE DEL REVISOR (1)	M.C. BLANCA ISABEL HERNÁNDEZ LARA
NOMBRE DEL REVISOR (2)	ING. MARCELINO CRUZ DEL ÁNGEL
NOMBRE DEL SUPLENTE	ING. SOFÍA ELIZABETH GARCÍA MARTÍNEZ
NUMERO DE ESTUDIANTES	1

DATOS DEL / DE LOS ESTUDIANTES:

NOMBRE:	BLANCA ESTELA DEL ANGEL VICENTE
NO. DE CONTROL:	17350092
CARRERA:	INGENIERIA AMBIENTAL
NOMBRE:	-----
NO. DE CONTROL:	-----
Carrera:	-----
Nombre:	-----
No. De Control:	-----
Carrera:	-----

Observaciones:
CUMPLE CON LOS REQUISITOS

C.c.p Depto de Estudios Profesionales y Titulación
Archivo

R00/05/14

F-EP-33

CS Escaneado con CamScanner

Anexo 7. F-EP-33 Formato de Registro de Proyecto