

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA AL MUNICIPIO DE
PAMPLONA POR LA EMPRESA EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.

JHOAN ANDREY MONTAGUTH PRIETO



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA
PAMPLONA

2023

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA AL MUNICIPIO DE
PAMPLONA POR LA EMPRESA EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.

JHOAN ANDREY MONTAGUTH PRIETO

Trabajo de grado para obtener el título de
Microbiólogo

TUTOR ACADÉMICO

M. Sc. ANGELA MARITZA CAJIAO PEDRAZA

JEFE EMPRESARIAL

ING. LIZETH AMPARO LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA

PAMPLONA

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pamplona, 2023

RESUMEN

La realización de este trabajo tuvo como finalidad, evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua suministrada a la ciudad de Pamplona por la empresa EMPOPAMPLONA S.A E.S. P, así como el diagnóstico al laboratorio de control de calidad, siguiendo diagnóstico de la norma NTC ISO/IEC 17025 en los meses de agosto a noviembre del año 2022. Para cumplir con los objetivos propuestos, se realizó el muestreo de los 22 puntos de la red de distribución y se realizaron las determinaciones físicas y químicas como color, turbiedad, cloro residual, conductividad, pH, cloruros, dureza y alcalinidad; y microbiológicas como Coliformes totales, *Escherichia coli* y Aerobios mesófilos por la técnica de filtración por membrana y la determinación de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*, con esta información se pudo calcular el IRCA por muestra y el promedio mensual; en el caso del diagnóstico se implementó una lista de verificación siguiendo los ítems de la norma NTC ISO/IEC 17025, con lo que se pudo establecer una valoración inicial de la documentación y luego se implementó un plan de acción.

Los resultados de las pruebas físicas, químicas y microbiológicas cumplieron con lo establecido en la normativa nacional obteniendo que todas las mediciones están dentro del rango máximo permitido en las muestras de agua luego del tratamiento de potabilización, por lo que se concluye que el agua suministrada a la población según la clasificación del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua, es SIN RIESGO para el consumo humano. Con respecto a la evaluación de la NTC ISO/IEC 17025, luego de llevar a cabo el diagnóstico, se implementó el plan de acción donde se elaboraron las actas de imparcialidad y confiabilidad, así mismo, se realizó la actualización de formatos, procedimientos y hoja de vida de los equipos.

PALABRAS CLAVE: ISO/IEC 17025, laboratorio de control de calidad, IRCA, agua potable, filtración por membrana.

ABSTRACT

The purpose of carrying out this work was to evaluate the physical, chemical and microbiological quality of the water supplied to the city of Pamplona by the company EMPOPAMPLONA S.A E.S.P, as well as the diagnostic to the quality control laboratory, following the guidelines of the NTC ISO / IEC 17025 standard in the months of August to November of the year 2022. To meet the proposed objectives, the sampling of the 22 points was carried out of the distribution network and physical and chemical determinations were made such as color, turbidity, residual chlorine, conductivity, pH, chlorides, hardness and alkalinity; and microbiological such as total coliforms, *Escherichia coli*, mesophilic aerobics by the membrane filtration technique and the determination of *Cryptosporidium spp.* and *Giardia spp.*, with this information it was possible to calculate the IRCA per sample and the monthly average; In the case of diagnostic, a checklist was implemented following the items of the NTC ISO/IEC 17025 standard, with which it was possible to establish an initial assessment of the documentation and then an action plan was implemented.

The results of the physical, chemical and microbiological tests complied with the provisions of the national regulations, obtaining that all the measurements are within the maximum range allowed in the water samples after the purification treatment, for which it is concluded that the water supplied to According to the classification of the Water Quality Risk Index, the population is WITHOUT RISK for human consumption. With respect to the evaluation of the NTC ISO/IEC 17025, after carrying out the diagnosis, the action plan was implemented where the impartiality and reliability minutes were prepared, as well as the updating of formats, procedures and life sheets of the equipment.

KEY WORDS: ISO/IEC 17025, quality control laboratory, IRCA, drinking water, membrane filtration.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	13
1 OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2 JUSTIFICACIÓN.....	16
3 MARCO REFERENCIAL.....	18
3.1 ESTADO DEL ARTE.....	18
3.2 MARCO HISTÓRICO.....	20
3.2.1 RESEÑA HISTORICA EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.....	20
3.3 MARCO TEÓRICO.....	20
3.3.1 LABORATORIO.....	20
3.3.2 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	20
3.3.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA.....	21
3.3.4 CONTROL DE <i>Cryptosporidium spp.</i> y <i>Giardia spp.</i>	22
3.3.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA.....	25
3.3.5.1 COLOR.....	25
3.3.5.2 OLOR Y SABOR.....	26
3.3.5.3 TURBIEDAD.....	26
3.3.5.4 CONDUCTIVIDAD.....	26
3.3.5.5 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).....	27
3.3.5.6 CLORO RESIDUAL LIBRE.....	27
3.3.5.7 ALCALINIDAD.....	28
3.3.5.8 DUREZA TOTAL.....	28
3.3.5.9 CLORUROS.....	28
3.3.6 ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO(IRCA).....	29
3.3.7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CARIONGO.....	30
3.3.8 PROCESOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE PLANTA CARIONGO.....	31
3.3.8.1 CAPTACIÓN.....	32

3.3.8.2	ADUCCIÓN.....	32
3.3.8.3	DESARENADOR.....	33
3.3.8.4	CONDUCCIÓN.....	33
3.3.8.5	MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN.....	34
3.3.8.6	FLOCULACIÓN.....	35
3.3.8.7	SEDIMENTACIÓN.....	35
3.3.8.8	FILTRACIÓN.....	36
3.3.8.9	DESINFECCION.....	36
3.3.8.10	ALMACENAMIENTO.....	37
3.3.9	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).....	37
3.3.10	ICONTEC.....	38
3.3.11	ISO 17025:2017.....	38
3.3.12	COMPARACIÓN INTRALABORATORIO.....	40
3.3.13	VERIFICACIÓN.....	40
4	MARCO LEGAL.....	41
5	METODOLOGÍA.....	43
5.1	RECOLECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE.....	43
5.2	UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO.....	43
5.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	44
5.3.1	TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS.....	45
5.3.2	PREPARACIÓN DE MEDIOS.....	45
5.3.2.1	CHROMOCULT AGAR.....	45
5.3.2.2	PLATE COUNT AGAR.....	45
5.3.3	DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, E. coli Y AEROBIOS MESÓFILOS.....	46
5.3.4	ANÁLISIS PARASITOLÓGICO.....	46
5.3.4.1	TOMA DE MUESTRAS.....	46
5.3.4.2	PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA <i>Giardia SPP.</i> y <i>Cryptosporidium SPP.</i>	47
5.4	MUESTREO PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.....	48
5.4.1	MEDICIÓN DE COLOR.....	48
5.4.2	MEDICIÓN DE TURBIEDAD.....	48

5.4.3	MEDICIÓN DE pH.....	49
5.4.4	MEDICIÓN DE CLORO LIBRE.....	49
5.4.5	MEDICIÓN DE DUREZA.....	49
5.4.6	MEDICIÓN DE CLORUROS.	50
5.4.7	MEDICIÓN DE ALCALINIDAD.	50
5.4.8	MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD.	50
5.5	MEDICIÓN DEL PORCENTAJE IRCA.	50
5.6	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA EL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.....	51
5.6.1	LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.	51
5.6.2	OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	52
5.6.3	POBLACIÓN.	52
5.6.4	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	52
6	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	53
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
7.1	RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS.....	54
7.1.1	ANÁLISIS PARA <i>Giardia spp.</i> y <i>Cryptosporidium spp.</i>	56
7.2	RESULTADOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA POTABLE.....	57
7.2.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS.....	58
7.3	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA).	62
7.4	DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.....	63
7.4.1	DIAGNOSTICO.....	63
7.4.1.1	NUMERAL 4. REQUISITOS GENERALES.	63
7.4.1.2	NUMERAL 5. REQUISITOS RELATIVOS A LA ESTRUCTURA.....	64
7.4.1.3	NUMERAL 6. REQUISITOS RELATIVOS A LOS RECURSOS.	65
7.4.1.4	NUMERAL 7. REQUISITOS DEL PROCESO.....	66
7.4.1.5	NUMERAL 8. REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN.	67
7.4.1.6	CONSOLIDADO DE CUMPLIMIENTO.....	68
7.4.2	PLAN DE ACCIÓN.....	70
7.4.2.1	REQUISITOS GENERALES.....	70
7.4.2.2	ACTUALIZACIÓN Y DISEÑO DE DOCUMENTOS.	71

	7.4.2.3	ACTUALIZACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE LABORATORIO...	76
	7.4.2.4	HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS.	79
8		CONCLUSIONES.....	80
9		RECOMENDACIONES	82
10		GLOSARIO	83
11		REFERENCIAS.....	85
12		Anexos.	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características microbiológicas del agua potable.

Tabla 2. Características físicas del agua.

Tabla 3. Puntaje de riesgo para la determinación del IRCA.

Tabla 4. Estructura de la norma NTC ISO/IEC 17025:2017.

Tabla 5. Descripción de los puntos de muestreo de la red de distribución.

Tabla 6. Informe de los resultados de *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*

Tabla 7. Resultados del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA).

Tabla 8. Actividades que se deben implementar para el cumplimiento de la ISO 17025.

Tabla 9. Lista de formatos.

Tabla 10. Protocolos y acciones realizadas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de filtración y tipos de filtros usados en el protocolo EPA 1623.1

Figura 2. Sistemas de elución usados en el protocolo 1623.1

Figura 3. Muestras de agua y concentración de pellet luego de la centrifugación.

Figura 4. Separación inmunomagnética.

Figura 5. Lectura de las muestras en microscopio de epifluorescencia.

Figura 6. Diagrama de flujo planta de tratamiento Cariongo.

Figura 7. Estructura de captación Quebrada El Rosal y Cariongo.

Figura 8. Canal de aducción.

Figura 9. Desarenadores DS-01, DS-02 Y DS-03 de izquierda a derecha.

Figura 10. Canal de conducción y cámara de empalme.

Figura 11. Punto de aplicación del coagulante

Figura 12. Unidad de floculación.

Figura 13. Sección de sedimentación

Figura 14. Unidad de filtración.

Figura 15. Unidad de desinfección.

Figura 16. Tanques de almacenamiento

Figura 17. Laboratorio de Control de Calidad Planta Cariongo.

Figura 18. Resultados promedio de las pruebas microbiológicas realizadas a los 22 puntos de la red de distribución.

Figura 19. Comportamiento promedio del color por mes.

Figura 20. Comportamiento promedio de la Turbidez por mes.

Figura 21. Comportamiento promedio del pH por mes.

Figura 22. Comportamiento promedio del cloro residual por mes.

Figura 23. Comportamiento promedio de la dureza por mes.

Figura 24. Comportamiento promedio de cloruros por mes.

Figura 25. Comportamiento promedio de la alcalinidad por mes.

Figura 26. Comportamiento promedio de conductividad por mes.

Figura 27. Capítulo 4. Requisitos Generales.

Figura 28. Capítulo 5. Requisitos relativos a la estructura.

Figura 29. Capítulo 6. Requisitos relativos a los recursos.

Figura 30. Capítulo 7. Requisitos del proceso.

Figura 31. Capítulo 8. Requisitos del sistema de gestión.

Figura 32. Consolidado porcentaje de cumplimiento.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Resultados microbiológicos y fisicoquímicos.

ANEXO B. Resultados pruebas bacteriológicas.

ANEXO C. Formulas empleadas para las determinaciones fisicoquímicas.

ANEXO D. precipitación (mm) acumulada por mes año 2022.

ANEXO E. Determinación del IRCA por muestra e IRCA mensual.

ANEXO F. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual.

ANEXO G. Lista de comprobación según la NTC-ISO/IEC17025.

ANEXO H. Declaración de impedimento.

ANEXO I. Compromisos de confidencialidad para ser firmados por el equipo de microbiología.

ANEXO J. FAP-14 v.01 Cronograma de mantenimiento preventivo y calibración de equipos.

ANEXO K. FAP-15 v.03 Calibración, Verificación y Control de Dispositivos de Seguimiento y Medición.

ANEXO L. FAP-41 v.01 Acta Toma de Muestras.

ANEXO M. Hoja de vida de los equipos de laboratorio

INTRODUCCIÓN.

El agua potable y de fácil acceso, es un derecho que tenemos todos los seres humanos y debe ser prioridad en todos los gobiernos; para garantizar que ésta cumpla con los estándares mínimos se deben seguir los lineamientos nacionales expuestos en la resolución 2115 de 2007 (Ministerio, 2007) a través de un proceso de potabilización, cuya finalidad es suministrar agua apta para consumo humano a la población servida.

En la ciudad de Pamplona, la empresa encargada del tratamiento y potabilización del agua es EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P, la cual surte de este preciado líquido a toda el área urbana, presta además los servicios de alcantarillado y aseo (EMPOPAMPLONA, 2022). Debido a la alta demanda del servicio por parte de la población que ya supera los 70.000 habitantes (Alcaldía de Pamplona, 2022), se hace necesario verificar los procesos realizados en la planta de tratamiento con la ejecución de una serie de análisis microbiológicos, físicos y químicos que buscan garantizar la calidad del agua, para ello, se cuenta con un laboratorio de análisis del agua apropiado y adecuado a las necesidades de la empresa y que cumpla con los requerimientos establecidos por la normatividad nacional.

Este trabajo también tiene como objetivo comprobar los requisitos técnicos y de gestión que afectan a la calidad del servicio en el laboratorio, para ello, se realiza un diagnóstico basado en la norma NTC ISO/IEC 17025 (NTC-ISO/IEC 17025, 2017) que permite al laboratorio ser más competente técnicamente y contar con los estándares necesarios para generar resultados confiables en las diferentes determinaciones que se realicen; para poder desarrollar lo propuesto, se debe diseñar una guía metodológica basada en la norma NTC ISO/IEC 17025 (ver tabla 7), la cual nos

puede asegurar un balance real del nivel de cumplimiento del laboratorio y que acciones correctivas se pueden implementar para poder cumplir con todos los estándares de la norma.

1 OBJETIVOS.

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la calidad del agua suministrada al municipio de Pamplona y realizar un diagnóstico al laboratorio de control de calidad de la empresa EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar microbiológicamente las muestras de agua potable recolectadas de los diferentes puntos de muestreo de la red de distribución.
- Determinar la presencia de *Giardia SPP.* y *Cryptosporidium SPP.* en muestras de agua potable siguiendo el protocolo EPA 1623.1.
- Evaluar los resultados de los ensayos físicos y químicos de las muestras de agua que se analizan en el laboratorio de control de calidad del agua.
- Cuantificar el porcentaje del Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para determinar el nivel de riesgo asignado al agua que se consume por la población.
- Valorar el cumplimiento de los requisitos de la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 del laboratorio de control de calidad de agua potable.
- Actualizar y diseñar la documentación necesaria para el cumplimiento de los requerimientos exigidos por la norma.

2 JUSTIFICACIÓN.

El agua representa el recurso máspreciado por las comunidades a nivel mundial, por ende, es indispensable que esté disponible de forma permanente a la hora de necesitarla y no debe contener ningún contaminante, ya sea fecal o alguna sustancia química que pueda afectar la salud humana. El agua contaminada puede ser responsable de transmitir enfermedades como el cólera, diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Por lo que se hace necesario contar con todos los recursos suficientes que garanticen que el agua llegue de forma continua, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico (OMS, 2022).

Para garantizar una buena calidad del agua, es importante estar en constante seguimiento de las empresas prestadoras del servicio, EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P es vigilada por el Instituto Nacional de Salud, el cual obedece al Decreto 1575 de 2007 (Decreto 1575, 2007) que regula la prestación del servicio y realiza el acompañamiento para garantizar que se entregue a la comunidad un servicio que no llegue a comprometer la salud del consumidor. EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P, realiza la potabilización del agua cumpliendo los lineamientos de la resolución 2115 de 2007, como lo son los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que garantizan la inocuidad del agua para proteger la salud pública, y así evitar generar enfermedades en la Población servida.

La norma ISO 17025 es aplicable para todas las organizaciones que realicen prácticas ya sean de ensayo y/o calibración (NTC-ISO/IEC 17025, 2017), por lo cual, su implementación en un laboratorio de control de calidad de agua potable refuerza la confiabilidad de los resultados y optimiza los procedimientos para poder cumplir con la normativa y entes de control que están en constante monitoreo; por esto, es de vital importancia, realizar el diagnóstico del cumplimiento de la norma e implementar acciones de mejora para cumplir con los requisitos que permiten al

laboratorio demostrar que opera de forma competente, como lo es estar en constante actualización de formatos, procedimientos, hoja de vida de los equipos y demás actividades como las desarrolladas en este trabajo, que demuestran la importancia del seguimiento y control de todas las actividades realizadas en el laboratorio que refuerzan la competencia y confiabilidad de los resultados obtenidos.

3 MARCO REFERENCIAL.

3.1 ESTADO DEL ARTE.

En el trabajo titulado *CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE YOPAL* se desarrolló la caracterización de la calidad del agua de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Yopal, para ello, realizó diferentes actividades como fueron la calibración de equipos, recolección de muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológicos en la red de distribución y la implementación de pruebas de Aluminio y Carbono Orgánico Total (COT), donde se evidenció que en los meses de temporada de lluvia los valores de color y turbiedad superaron los límites establecidos en la resolución 2115 de 2007, así como al utilizar el sulfato de aluminio como coagulante se presenta un residuo de aluminio que duplica el valor límite permitido para el agua potable, evidenciando una deficiencia en la etapa de coagulación. Sin tener en cuenta los valores antes mencionados, los demás parámetros se encontraban en los límites permitidos y cumplían con la normativa nacional (LÓPEZ, 2010).

Como se evidencia en el escrito titulado *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD SEGÚN LA NTC ISO/IEC 17025:2017 EN EL PROCESO DE MICROBIOLOGÍA DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL* se llevó a cabo la integración del proceso de microbiología cumpliendo con las directrices que dicta la norma ISO 17025:2017 en la empresa MCS consultoría y monitoreo ambiental con el fin de poder acreditar el laboratorio ante los entes nacionales. Para ello, inicio estableciendo las expectativas que presentan los clientes con respecto al laboratorio de microbiología; como segundo punto, implemento una evaluación del nivel de cumplimiento de la norma ISO 17025, con estos datos establecido una metodología en la que integro 3 procesos tales como: planeación, implementación

y acreditación, con las que pudo lograr la conformación de un nuevo mapa de procesos donde integró el laboratorio de microbiología y la implementación de BPL, logrando acreditar los procesos ante el IDEAM (Olaya, 2018).

Por otro lado, en el artículo titulado *DIAGNÓSTICO DE UN LABORATORIO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SEGÚN LINEAMIENTOS DE LA NTC ISO/IEC 17025:2017, CASO DE ESTUDIO: EMPUMELGAR E.S.P* evaluaron el nivel de cumplimiento de la norma ISO 17025 a la empresa EMPUMELGAR E.S.P, para lo cual realizaron un balance general de todas las acciones realizadas en el laboratorio y sus posibles mejoras, conformando una valoración preliminar del estado del laboratorio. Con estos antecedentes, tomaron acciones correctivas para cumplir con los ítems menos cubiertos por la empresa con respecto a la norma, como crear formatos y protocolos para registrar actividades y mantener actualizada la trazabilidad de los equipos (Parra y Ruiz, 2019).

Otro estudio denominado *CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA POTABLE DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE ARAUCA*, realizaron la determinación de la calidad del agua suministrada a la ciudad de Arauca por la empresa EMSERPA E.S.P., donde implementaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas en toda la red de distribución en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2021. Luego de los resultados en los 4 meses de seguimiento, se evaluó el IRCA mensual del total de las muestras evaluadas mes a mes, donde se concluyó que las muestras de agua cumplen con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos exigidos en la resolución 2115 del 2007, obteniéndose la clasificación IRCA sin riesgo, demostrando que el agua suministrada a la ciudad según la normativa nacional es apta para el consumo humano (Peñaloza, 2021).

3.2 MARCO HISTÓRICO.

3.2.1 RESEÑA HISTORICA EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P

EMPOPAMPLONA S.A.E.S.P es una empresa de servicios públicos creada en 1963 como "Acueductos y alcantarillados de Pamplona", en respuesta a la necesidad de la ciudad de tener un buen servicio de acueducto (Castellanos, 2021). En 1977, se transformó en Empresa Industrial y Comercial del Estado del ámbito Municipal y cambió su razón social por la de Empresa de Obras Sanitarias de Pamplona S.A. En 1994, la ley 142 logró que las empresas de servicios públicos se organizaran como compañías privadas, lo que llevó a EMPOPAMPLONA S.A.E.S.P a ajustar su organización. La empresa es de economía mixta y presta servicios de producción y comercialización de agua potable, alcantarillado y aseo, regulados por la Comisión de Agua Potable y saneamiento Básico (CRA) y vigilados por la Superintendencia de Servicios Públicos (EMPOPAMPLONA, 2022).

3.3 MARCO TEÓRICO.

3.3.1 LABORATORIO

Organismo que realiza una o más actividades como: ensayos, calibración y muestreo (Resolución 2115, 2007)

3.3.2 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Se trata de una institución pública o privada, donde se hacen los procesos de examen de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua que se usa para consumo, el cual debe seguir las normas establecidas en el decreto 1575 de 2007 MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL (Resolución 2115, 2007).

3.3.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL AGUA.

Para que el agua sea apta para el consumo humano, debe cumplir una serie de requisitos que garanticen su inocuidad; unos de los requisitos fundamentales son el cumplimiento de las características microbiológicas que aseguren que el agua no sea un vehículo de agentes patógenos causales de enfermedades en el humano, dentro del grupo de patógenos se destacan bacterias como *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Yersinia enterocolitica*, virus como el de la hepatitis A, protozoos importantes como *Giardia spp.*, *Entamoeba histolytica* y *Cryptosporidium spp.* El control de los patógenos es prioritario en zonas urbanas donde se acumula gran cantidad de población para evitar la proliferación de brotes de enfermedades por lo que se hace fundamental una oportuna identificación, para detectar el problema en el suministro de agua y esté se resuelva en el menor tiempo posible para mejorar las condiciones de desinfección en el tratamiento del agua (Félix Fuentes et al., 2007).

El agua para consumo humano debe tener unas propiedades microbiológicas que se ajusten a los límites máximos permitidos desde el punto de vista microbiológico, los cuales son definidos en la Resolución 2115 de 2007 y se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características microbiológicas del agua potable.

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismos en 100 cm ³	0 microorganismos en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115, 2007.

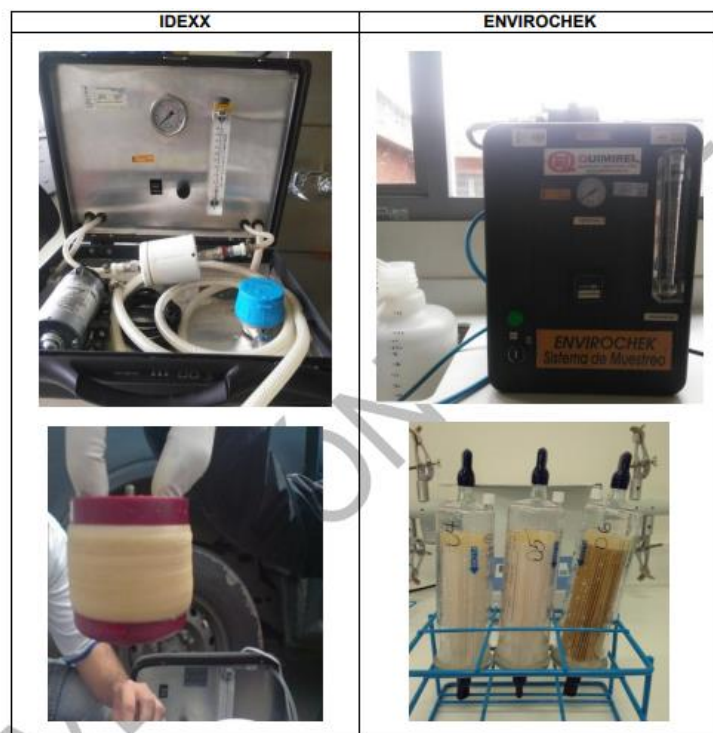
3.3.4 CONTROL DE *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*

Los parásitos protozoarios *Cryptosporidium spp.* y *Giardia spp.*, son microorganismos con distribución mundial y patógenos de animales y el hombre, los cuales provocan enfermedades gastrointestinales como diarrea aguda y crónica afectando tanto a niños como adultos. Los mecanismos de transmisión generalmente se dan por la ingesta de quistes y ooquistes por el contacto con manos contaminadas con materia fecal, ingesta de agua contaminada y el consumo de alimentos contaminados (Castillo, 2018).

Teniendo en cuenta que el agua es uno de los medios de difusión y contagio de estos patógenos en la población, las empresas de acueducto y alcantarillado que se ocupan de la potabilización del agua deben hacer el seguimiento de la presencia de este tipo de microorganismo, para la detección el método adoptado es el protocolo EPA 1623.1 para la detección de quistes de *Giardia spp.* y ooquistes de *Cryptosporidium spp.* en muestras de agua. El método se hace mediante concentración, separación inmunomagnética (IMS), microscopia de inmunofluorescencia (IFA), 4'6'-diamidino-2-fenilindol (DAPI) y microscopia de contraste de interferencia diferencial (DIC), como se describe a continuación (Castillo, 2018).

- **FILTRACIÓN:** se capturan las formas quísticas de los parásitos por medio del uso de filtros de tamaño de poro de 1 μm , se tiene comercialmente capsulas de filtración Envirochek y módulos de filtración Idexx, los cuales se muestran a continuación:

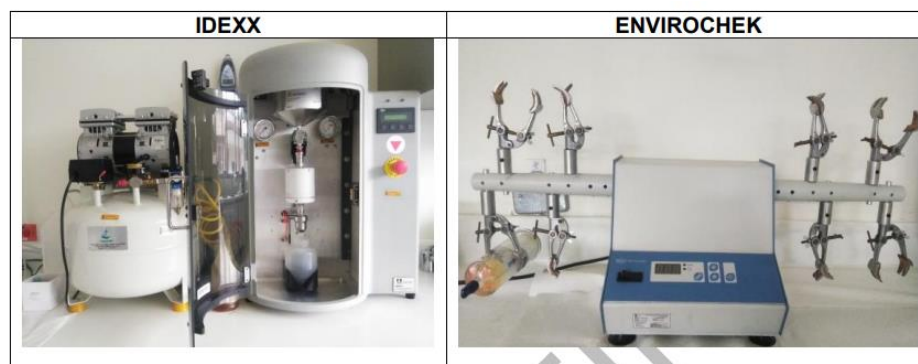
Figura 1. Sistema de filtración y tipos de filtros usados en el protocolo EPA 1623.1



Fuente: (Castillo, 2018).

- **ELUCIÓN:** Se extraen los quistes y ooquistes atrapados en el filtro, usando buffer indicando según el método de filtración usado (Figura 2).

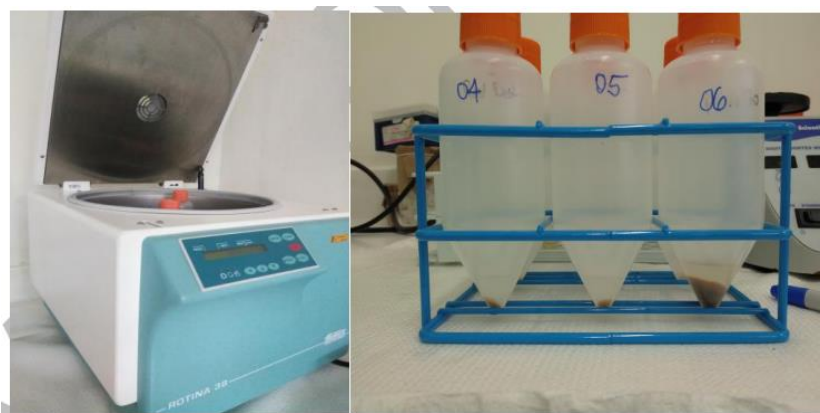
Figura 2. Sistemas de elución usados en el protocolo 1623.1



Fuente: (Castillo, 2018).

- **CONCENTRACIÓN:** Se realiza por medio de centrifugación para obtener el sedimento extraído en la elución (Figura 3).

Figura 3. *Muestras de agua y concentración de pellet luego de la centrifugación.*



Fuente: (Castillo, 2018).

- **SEPARACIÓN INMUNOMAGNÉTICA:** En esta fase se limpian los quistes y ooquistes que están en el sedimento mediante el uso de imanes y partículas con carga magnética cubiertas por anticuerpos específicos, los cuales se enlazan al antígeno específico en la superficie de cada parasito (Figura 4).

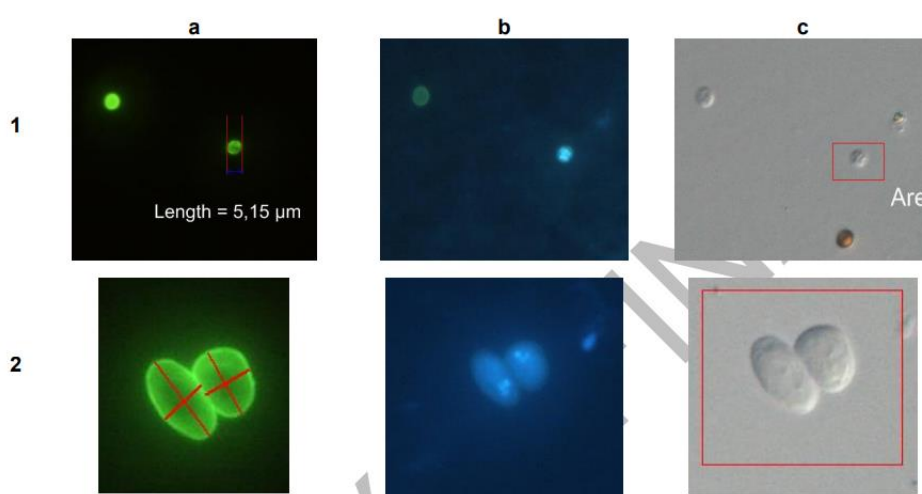
Figura 4. *Separación inmunomagnética.*



Fuente: (Castillo, 2018).

- **DETECCIÓN-CONFIRMACIÓN:** Se identifican los ooquistes y quistes mediante tinción de fluorescencia con isocianato de fluoresceína (FITC), 4'6'-diamino-2-fenolindol (DAPI) y microscopía de contraste de interferencia (DIC).

Figura 5. Lectura de las muestras en microscopio de epifluorescencia. Visualización de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. en FITC (1a), DAPI (1b) y DIC (1c) y quistes de *Giardia lamblia* en FITC (2a), DAPI (2b) y DIC (2c).



Fuente: (Castillo, 2018).

3.3.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA.

3.3.5.1 COLOR

El color en el agua se origina al hallarse en ella la presencia de iones metálicos como el hierro y el manganeso, así como el humus, turba, plancton, material vegetal y residuos industriales. En los análisis físicos del agua, se usa el término “Color verdadero”, aludiendo al color del agua al quitar la turbiedad; el color aparente incluye el color debido a las sustancias en solución y al

causado por la materia en suspensión, por eso, el color aparente se debe medir con la muestra sin pasar por algún tipo de filtración o centrifugado (López et al., 2011).

3.3.5.2 OLOR Y SABOR

El olor y el color pueden representar cualitativamente la calidad, el estado y la procedencia del agua, así como las sustancias que puede contener el agua. El olor del agua es un atributo sensorial que puede dar una idea de la calidad del agua, al poder realizar una evaluación rápida que puede aceptar o rechazar su consumo, estos olores pueden deberse a la presencia de fenoles, cloro, materia orgánica en descomposición, hidrocarburos, esencias liberadas por algas, hongos o variedad de organismos que pueden aportar olores y sabores desagradables en el agua sin importar la concentración a la cual esté presente (APHA-AWWA-WPC, 1992).

3.3.5.3 TURBIEDAD

La turbiedad es la presencia de materia suspendida en el agua como arcilla, materia orgánica e inorgánica, sedimentos, plancton y microorganismos. Se define como la expresión óptica de una solución que genera que los rayos de luz se dispersen y sean absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de una muestra. La unidad con la cual se reporta es la Unidad Nefelométrica de Turbiedad (NTU) (López et al., 2011).

3.3.5.4 CONDUCTIVIDAD

Se refiere a la habilidad de una solución acuosa para poder transmitir corriente eléctrica, dicha habilidad es el resultado de la presencia de iones y tiene diferentes factores que pueden influir, como lo es la concentración total, la movilidad, la valencia, las concentraciones relativas y la temperatura al momento de la medición (López et al., 2011).

3.3.5.5 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH se define como $-\text{Log}(\text{H}^+)$, y se describe como la intensidad de acidez o basicidad de una solución acuosa. La medición se hace teniendo como base la determinación de los iones hidrogeno con medidas potenciométricas mediante un electrodo de hidrógeno y uno de referencia. En aguas naturales, el valor de pH se sitúa en el rango de 4 a 9 unidades, siendo aceptados según la normativa nacional, los límites de pH en agua potable de 6.5 a 9.0 unidades (López et al., 2011).

En la tabla 2 se muestran las características físicas del agua potable y los límites máximos permitidos según la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 2. *Características físicas del agua.*

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
Conductividad	Microsiemens/cm	1000

Fuente: (Resolución 2115, 2007).

3.3.5.6 CLORO RESIDUAL LIBRE

La cloración del agua se realiza con el fin de mejorar su calidad al eliminar organismos patógenos, otros beneficios son la reacción del cloro con amoníaco, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas. El cloro aplicado al agua por lo general se hidroliza a la forma de cloro libre, pero este puede presentarse en estado combinado y libre simultáneamente en una muestra dependiendo de factores como el pH, la temperatura, la relación inicial cloro-nitrógeno y el tiempo de reacción. Según la normativa nacional (Resolución 2115 de 2007), el valor admisible

del cloro residual libre en aguas potables para consumo humano debe estar entre 0,3 y 2,0 mg CL-/L (López et al., 2011).

3.3.5.7 ALCALINIDAD

La alcalinidad del agua se refiere a la propiedad que tiene el agua de poder neutraliza ácidos y depende de la presencia de carbonatos, bicarbonatos, hidroxilos, boratos, fosfatos, silicatos y otras bases presentes. para la determinación se emplean ácidos estándar que reaccionan con los iones hidroxilo, asiéndose visible con el viraje de color (López et al., 2011).

3.3.5.8 DUREZA TOTAL

La dureza del agua se atribuye principalmente a la cantidad de iones de calcio y magnesio, sin embargo, también se encuentran cationes polivalentes que se encuentran en formas más complejas conocidos como compuestos orgánicos lo que reduce la acción de estos compuestos en muestras de agua duras. La dureza total se representa como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio y se expresa en miligramos de carbonato de calcio en un litro de agua (mg CaCO₃ /L) (López et al., 2011).

3.3.5.9 CLORUROS

Los aniones inorgánicos como el cloruro (Cl-) son los que se encuentran en mayor concentración en el agua y son los responsables de producir el sabor salino al estar acompañados por cationes de sodio, por lo que, a pesar de tener una alta concentración de cloruros al no contener sodio, no se detecta la salinidad en el agua. Al presentarse un alto contenidos de cloruros, se aumenta el daño de estructuras y tuberías y puede afectar el crecimiento de la flora (López et al., 2011).

3.3.6 **ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA).**

La metodología que se usa para evaluar la calidad del agua luego de los análisis de las muestras para el agua de consumo humano es el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA), este indicador se obtiene del puntaje de riesgo que se asigna en la Resolución 2115 de 2007. Para calcular el IRCA, se le da el puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica, según si cumple o no con los valores permitidos que se establecen en la Resolución 2115 de 2007. El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando todas las características físicas, químicas y microbiológicas cumplen con los valores permitidos que se contemplan en la Resolución 2115 de 2007 y cien puntos (100) para el mayor riesgo cuando no cumple ninguno de ellos (Resolución 2115, 2007).

La tabla 3 muestra el puntaje de riesgo asignado a cada característica para la determinación del IRCA.

Tabla 3. *Puntaje de riesgo para la determinación del IRCA.*

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1.5
Cloruros	1

Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
<i>Escherichia coli</i>	25
Sumatoria de puntajes asignados	100
Característica	Puntaje de riesgo

Fuente: (Resolución 2115, 2007).

Si los resultados de los elementos, compuestos químicos, mezclas de compuestos químicos y otras sustancias contemplados en los artículos 5 y 8 de la Resolución 2115 de 2007 exceden los valores máximos aceptables, el valor asignado al IRCA será de 100 puntos independientemente de los demás resultados. De igual forma, se asignará el valor de 100 puntos si hay presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* (Resolución 2115, 2007).

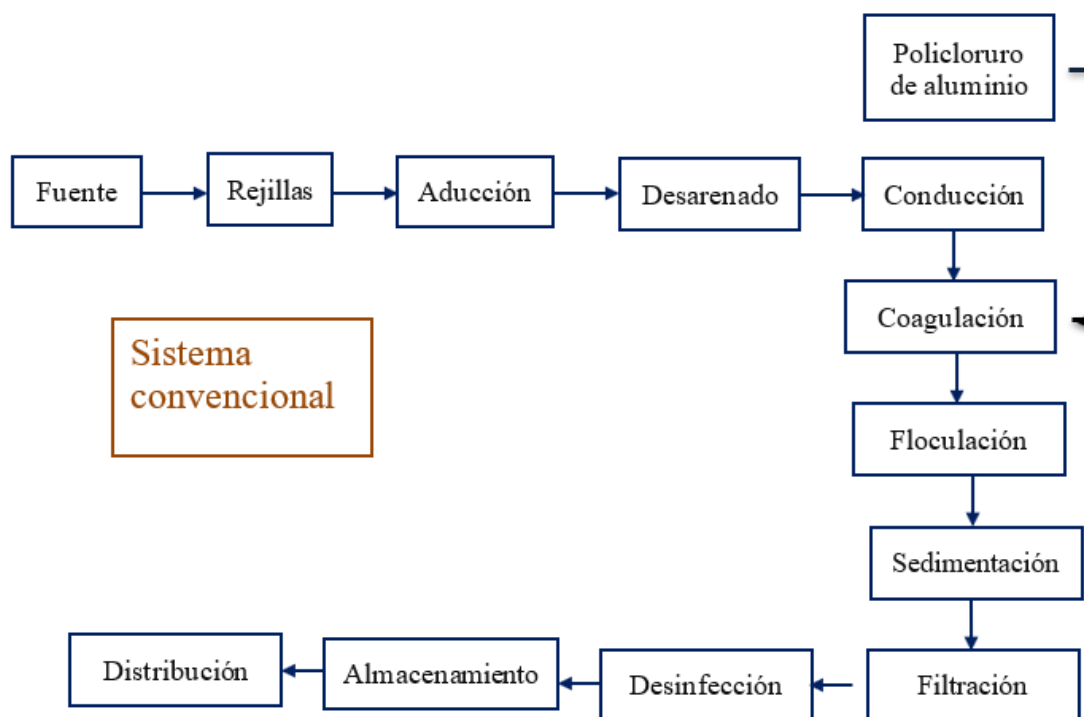
3.3.7 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CARIONGO.

Las plantas de tratamiento de agua potable son instalaciones donde el agua cruda es sometida a varios procesos con la finalidad de eliminar los microorganismos y parcialmente los contaminantes físicos y químicos para surtir el agua tratada a una población cumpliendo los límites aceptables que dicte la normativa nacional (Camacho, 2011).

La Planta de Tratamiento de la Empresa de Servicios Públicos EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P está ubicada en el Barrio Cariongo, en la ciudad de Pamplona. La planta de tratamiento presenta un sistema de funcionamiento hidráulico convencional, el cual utiliza 2 fuentes de abastecimiento correspondientes a la PTAP Cariongo y la PTAP Monteadentro. Cada una de ellas, capta el líquido a tratar de dos quebradas diferentes, las cuales corresponden a la Quebrada Cariongo y Quebrada Rosal para el caso de la PTAP Cariongo, mientras que las fuentes de

captación de la PTAP Monteadentro corresponden a las quebradas el Mono y Potreritos (Castellanos, 2021). La planta para su funcionamiento presenta el siguiente diagrama de flujo:

Figura 6. Diagrama de flujo planta de tratamiento Cariongo.



Fuente: (EMPOPAMPLONA, 2022)

3.3.8 PROCESOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE PLANTA CARIONGO.

La planta de tratamiento Cariongo al operar siguiendo un sistema convencional de funcionamiento hidráulico, presenta los siguientes procesos:

- Captación
- Aducción
- Desarenado
- Conducción

- Mezcla rápida y coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Desinfección
- Almacenamiento

3.3.8.1 CAPTACIÓN.

La Planta Cariongo se abastece de dos fuentes superficiales Quebrada Monteadentro y Quebrada Rosal. Cada una cuenta con una Bocatoma, es decir, una estructura hidráulica que capta el agua desde la fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto (Castellanos, 2021).

Figura 7. *Estructura de captación Quebrada El Rosal y Cariongo.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.2 ADUCCIÓN.

Para el agua captada de la Quebrada Cariongo se cuenta con un canal a flujo libre construido en concreto, que conecta la bocatoma con el desarenador. Para la captación de la Quebrada el Rosal, debido a la distancia existente con la planta de tratamiento, es transportada mediante una tubería.

Figura 8. *Canal de aducción.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.3 DESARENADOR.

La planta de tratamiento Cariongo presenta 3 desarenadores: El desarenador N. 1 (DS-01) y Desarenador N. 2 (DS-02), Captación Cariongo, el 02 para operación alterna y el desarenador N. 3 (DS-03), perteneciente a la Captación del Rosal, ubicado cerca de la Bocatoma, a 3 Km. de la Planta.

Figura 9. *Desarenadores DS-01, DS-02 Y DS-03 de izquierda a derecha.*



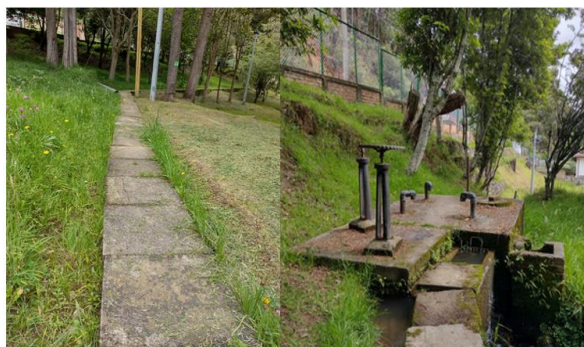
Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.4 CONDUCCIÓN.

Para el caso del agua proveniente de la Quebrada Cariongo la conducción es un canal de concreto. Para el agua proveniente de la Quebrada El Rosal la conducción es por medio de una

tubería de Asbesto-Cemento que conecta el desarenador con una cámara de llegada que posteriormente conecta con la cámara de empalme.

Figura 10. *Canal de conducción y cámara de empalme.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.5 MEZCLA RÁPIDA Y COAGULACIÓN.

La mezcla rápida y coagulación se lleva a cabo en la Canaleta Parshall, la cual consiste en un canal estructurado entre secciones. El coagulante utilizado es el policloruro de aluminio (PAC), el cual, cuando se ha mezclado y coagulado provoca que las partículas difíciles de sedimentar empiecen a adherirse y aglutinarse dando lugar a la formación de flocs (Castellanos, 2021).

Figura 11. *Punto de aplicación del coagulante.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.6 FLOCULACIÓN.

La planta Cariongo cuenta con dos secciones de Floculación hidráulica de flujo vertical, las cuales están compuestas por cámaras floculadoras colocadas en serie con una pantalla deflectora en cada cámara. El flujo entra por el fondo y sale por encima de la pantalla (Castellanos, 2021).

Figura 12. *Unidad de floculación.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.7 SEDIMENTACIÓN.

La planta cuenta con dos sedimentadores rectangulares de tipo convencional y láminas de placas paralelas de asbesto-cemento (Castellanos, 2021).

Figura 13. *Sección de sedimentación.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.8 FILTRACIÓN.

Este proceso busca eliminar del agua partículas en suspensión y microorganismos que no es posible remover por medio de sedimentación. La planta cuenta con dos estructuras de filtros rápidos por gravedad con medio filtrante de antracita, arena y grava (Castellanos, 2021).

Figura 14. *Unidad de filtración.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.9 DESINFECCION.

La planta realiza la aplicación de cloro gaseoso en el tanque de desinfección proveniente de los cilindros con una capacidad de 1.000 Kilogramos, el proceso de desinfección se cumple mediante la aplicación de solución de cloro en un tanque donde llega en agua que ha sido filtrada.

Figura 15. *Unidad de desinfección.*



Fuente: Manual de operación planta Cariongo.

3.3.8.10 ALMACENAMIENTO.

Para el almacenamiento del agua potable, la planta cuenta con tanques en dos compartimentos que están contruidos en concreto y su capacidad para el abastecimiento es de 25% del consumo diario cada seis horas (Castellanos, 2021).

Figura 16. *Tanques de almacenamiento*



Fuente: La opinión, Cúcuta.

3.3.9 ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).

ISO es una organización internacional no gubernamental independiente que reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar Normas Internacionales voluntarias, basadas en el consenso y relevantes para el mercado que respaldan la innovación y brindan soluciones a los desafíos globales. Estas normas buscan mejorar los estándares de calidad para así poder realizar las operaciones de forma eficiente y reducir las fallas de los productos y servicios; las normas no se limitan solo a la gestión de la calidad, si no que abarcan varios campos, entre ellos se incluyen estándares en gestión ambiental, salud y seguridad, estándares de energía, normas de seguridad alimentaria y estándares de seguridad TI para mantener la seguridad informática (ISO, 2022).

3.3.10 ICONTEC.

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, es la entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo, además esta entidad es la encargada de promover, desarrollar y guiar la aplicación de normas técnicas y demás documentos normativos (NTC ISO 9001, 2015)

3.3.11 ISO 17025:2017.

Es una norma internacional que especifica los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, cuyo fin es garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y sus procesos técnicos sigan una directriz que garantice su correcto proceder, esta norma además presenta ítems que contribuyen en la gestión del desarrollo de las actividades en el laboratorio y además evidencia el nivel de conocimiento que tiene sus trabajadores acerca de la actividad que desempeñan. (NTC-ISO/IEC 17025, 2017).

Tabla 4. Estructura de la norma NTC ISO/IEC 17025:2017.

NTC ISO/IEC 17025:2017	
Número del capítulo	Título del capítulo
1	OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN
2	REFERENCIAS NORMATIVAS
3	TÉRMINOS Y DEFINICIONES
4	REQUISITOS GENERALES
4.1	IMPARCIALIDAD
4.2	CONFIDENCIALIDAD.

5	REQUISITOS RELATIVOS A LA ESTRUCTURA
6.	REQUISITOS RELATIVOS A LOS RECURSOS
6.1	GENERALIDADES
6.2	PERSONAL
6.3	INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES
6.4	EQUIPAMIENTO
6.5	TRAZABILIDAD METROLÓGICA
6.6	PRODUCTOS Y SERVICIOS SUMINISTRADOS EXTERNAMENTE
7	REQUISITOS DEL PROCESO
7.1	REVISIÓN DE SOLICITUDES, OFERTAS Y CONTRATOS
7.2	SELECCIÓN, VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE MÉTODOS
7.3	MUESTREO
7.4	MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO O CALIBRACIÓN
7.5	REGISTROS TÉCNICOS
7.6	EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
7.7	ASEGURAMIENTO DE LA VALIDEZ DE LOS RESULTADOS
7.8	INFORME DE RESULTADOS
7.9	QUEJAS
7.10	TRABAJO NO CONFORME
7.11	CONTROL DE LOS DATOS Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN
8.	REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN
8.1	OPCIONES
8.2	DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN (OPCIÓN A)
8.3	CONTROL DE DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN (OPCIÓN A)

8.4	CONTROL DE REGISTROS (OPCIÓN A)
8.5	ACCIONES PARA ABORDAR RIESGOS Y OPORTUNIDADES (OPCIÓN A)
8.6	MEJORA (OPCIÓN A)
8.7	ACCIONES CORRECTIVAS (OPCIÓN A)
8.8	AUDITORÍAS INTERNAS (OPCIÓN A)
8.9	REVISIONES POR LA DIRECCIÓN (OPCIÓN A)
	BIBLIOGRAFÍA
	DOCUMENTO DE REFERENCIA
ANEXO A	TRAZABILIDAD METROLÓGICA
ANEXO B	OPCIONES DE SISTEMAS DE GESTIÓN

Fuente: (NTC-ISO/IEC 17025, 2017)

3.3.12 COMPARACIÓN INTRALABORATORIO.

Siguiendo la norma NTC ISO/IEC 17025:2017, la comparación intralaboratorio es una organización, realización y evaluación de mediciones o ensayos sobre el mismo ítem o ítems similares, dentro del mismo laboratorio de acuerdo con condiciones predeterminadas (NTC-ISO/IEC 17025, 2017).

3.3.13 VERIFICACIÓN.

Aportación de evidencia objetiva de que un ítem dado satisface los requisitos especificados (NTC ISO 9001, 2015).

4 MARCO LEGAL.

- **Decreto 2105 de 1983 (Julio 26).** Expedido por el Ministerio de Salud. “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a Potabilización del Agua” (Decreto 2105, 1983).
- **Resolución 822 de 1989 (agosto 6).** Expedido por el Ministerio de desarrollo económico. “Por la cual se crea la Comisión Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS98” (Resolucion 822, 1998).
- **Decreto 475 de 1998 (marzo 10).** Expedido por el Ministerio de Salud. “Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable” (Decreto 475, 1998).
- **RAS 2000 (noviembre).** Expedido por el Ministerio de desarrollo económico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Sección II Título C, el cual establecen las condiciones requeridas para la concepción y el desarrollo de sistemas de potabilización del agua. Así mismo, orienta la planificación, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la operación, el mantenimiento y el seguimiento de la operación de estos sistemas y sus componentes (RAS 2000 , 2000).
- **Decreto 780 de 2006 (mayo 6).** Expedido por el Ministerio de Salud y Protección Social. “Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector salud y protección social, Titulo 3; Artículo 1.1.3.4 Comisión nacional intersectorial para la red nacional de laboratorios” (Decreto 780, 2016).
- **Decreto 2323 de 2006 (Julio 12).** Expedido por el Ministerio de Salud y Protección Social. “Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 9ª de 1979 en relación con la Red Nacional de Laboratorios y se dictan otras disposiciones” (Decreto 2323, 2006).

- **Decreto 1575 de 2007 (mayo 09).** Expedido por el Ministerio de la Protección Social (MPS), y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (Decreto 1575 , 2007).
- **Resolución 2115 de 2007 (junio 22).** Expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”. Según lo ordenado en el Decreto MPS 1575 de 2007 (Resolución 2115, 2007).
- **Resolución número 0811 de 2008 (marzo 5).** Expedida por el MPS y el MAVDT. “Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia, los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución” (Resolución 0811, 2008).
- **NTC ISO 9001:2015. ICONTEC.** Sistemas de gestión de la calidad, (NTC ISO 9001, 2015).
- **RESOLUCIÓN 1619 DE 2015 (mayo 15).** Expedido por el INVIMA. “Por la cual establece el sistema de gestión de la red nacional de laboratorios en los ejes estratégicos de Vigilancia en salud pública y de gestión de calidad” (Resolución 1619, 2015).
- **NTC ISO 17025:2017 (diciembre 06).** ICONTEC. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración (NTC-ISO/IEC 17025, 2017).

5 METODOLOGÍA.

5.1 RECOLECCIÓN Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE.

Para la toma de muestras de agua se hizo la respectiva visita a los diferentes puntos de muestreo a lo largo de la red con los debidos elementos necesarios para la toma, como lo son: elementos de limpieza y desinfección del punto (algodón y mechero), envases para la recolección de las muestras, materiales para preservación y/o transporte y elementos de protección personal necesarios para esta actividad. Las tomas se realizaron de forma manual, debido al fácil acceso a los sitios designados (Casas et al., 2011).

5.2 UBICACIÓN PUNTOS DE MUESTREO.

La toma de muestras de agua potable se realizó en 21 puntos ubicados a lo largo de la red de distribución, como se contempla en la Resolución 0811 de 2008 la cual dicta los criterios a tener en cuenta a la hora de designar los puntos de recolección de muestras en la red de distribución, los cuales están concertados y actualizados con el Instituto Departamental de salud como autoridad sanitaria del departamento; adicional se incluye punto de muestreo en el laboratorio como punto de muestreo de la planta Monteadentro, estos puntos están ordenados y designados de la siguiente manera:

Tabla 5. Descripción de los puntos de muestreo de la red de distribución.

PUNTOS DE MUESTREO PLANTA DE TRATAMIENTO	
N. PUNTO	SITIO
0001	SALIDA PLANTA CARIONGO, TANQUE 1
0002	INICIO DE RED, NORMAL SUPERIOR, ZONA BAJA
0003	SALIDA TANQUE DE ALMACENAMIENTO SANTA MARIA
0004	SALIDA PLANTA CARIONGO, TANQUE 2
0005	INICIO RED, NORMAL SUPERIOR, ZONA INTERMEDIA

0006	EXTREMO RED, CHICHIRA
0007	SALIDA TANQUE PROVINCIAL
0008	SEMINARIO MAYOR
0009	JUAN XXIII
0010	INICIO RED, ESCUELA CARIONGO
0011	SALIDA TANQUE JURADO
0012	SALIDA TANQUE PICAPIEDRA
0013	SALIDA TANQUE TRINIDAD
0014	SALIDA TANQUE PROGRESO, PARTE ALTA
0015	SALIDA TANQUE PROGRESO, PARTE BAJA
0016	SALIDA TANQUE LOS ANIMES
0017	FINAL DE RED, VILLA CRISTINA
0018	FINAL DE RED, ESCUELA CRISTO REY
0019	CAMPO AMOR
0021	EL ZULIA
0022	SAN PEDRO
0023	LABORATORIO

Fuente: EMPOPAMPLONA, 2022.

Las muestras de los puntos 0001, 0004 y 0023 se tomaron diariamente debido a que estos puntos corresponden a los tanques de salida de la planta Cariongo (0001 y 0004) y el agua de uno de los grifos del laboratorio que proviene de la Planta de tratamiento Monteadentro (0023), por lo que es de vital importancia mantener un registro y monitoreo de las características físicoquímicas y microbiológicas. La frecuencia de toma de muestra de los demás puntos de muestreo de la red de distribución es mensual, sin embargo, estos pueden aumentar en caso de ser necesario o si el Instituto Departamental de Salud lo requiere.

5.3 ANALISIS MICROBIOLÓGICOS.

Los análisis microbiológicos se realizaron según lo dispuesto en la Resolución 2115 de 2007 utilizando la metodología de filtración por membrana, siendo esta aceptada para realizar la determinación de *Escherichia coli* y Coliformes totales, en aguas que se le ha realizado un proceso de potabilización.

5.3.1 TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS.

Se procedió a realizar la debida desinfección de la llave del agua utilizando alcohol al 70 % y algodón, luego se flameo durante unos segundos; enseguida se dejó fluir libremente el agua desde el grifo por un minuto y se procedió a realizar el llenado de los frascos de vidrio tipo Schott de 250 ml marca Boeco, (esterilizados y agregando 0.5 ml de tiosulfato de sodio al 10% para neutralizar el cloro presente en la muestra) siendo cuidadosos de no contaminar el envase o la tapa y se dejó un espacio libre para que los microorganismos que necesitan oxígeno (Aerobios) pudieran sobrevivir. Al finalizar, se rotularon con la fecha, hora y nombre del punto de muestreo y se introdujeron en una cava bien sellada y limpia hasta ser llevados al laboratorio para su análisis (Casas et al., 2011).

5.3.2 PREPARACIÓN DE MEDIOS.

5.3.2.1 CHROMOCULT AGAR.

Se pesó 7.95 gramos del medio y se agregó en 300 ml de agua destilada (Previamente esterilizada), con ayuda de una plancha de calentamiento, se calentó hasta ebullición con movimiento constante hasta no observar grumos. Posteriormente se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura de $\pm 45^{\circ}\text{C}$ y bajo cabina de flujo laminar se sirvió en cajas de 60 mm estériles. Al estar solidificado el medio, se almacenaron en posición invertida a 4°C hasta su uso (Castellanos, 2021).

5.3.2.2 PLATE COUNT AGAR.

Se pesó 6.75 gramos del medio y se vertió en 300 ml de agua destilada y se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Posteriormente se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura de $\pm 45^{\circ}\text{C}$ y bajo cabina de flujo laminar se sirvió en cajas de 60 mm estériles. Al estar solidificado el medio, se almacenaron en posición invertida a 4°C hasta su uso (Castellanos, 2021).

5.3.3 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, *E. coli* Y AEROBIOS MESÓFILOS.

Se puso el portafiltro estéril encima de la base del montaje y con la ayuda de unas pinzas estériles se puso el filtro estéril de celulosa de 0.45 micras de tamaño de poro con la parte rayada hacia arriba, se colocó el embudo y se hizo pasar con la bomba de vacío 100 ml de la muestra de agua. Luego de filtrar la muestra, se quitó el embudo y se retiró el filtro y se llevó a una caja de petri con medio de cultivo PCA para determinar Aerobios mesófilos, repitiendo el procedimiento de filtrado, se inoculó una caja de Chromocult para determinar Coliformes totales y *E. coli*. Luego de inocular, se llevó a la incubadora por 24 horas a una temperatura de 37 °C y culminado el tiempo se realizó el conteo de las colonias resultantes (Castellanos, 2021).

5.3.4 ANÁLISIS PARASITOLÓGICO.

5.3.4.1 TOMA DE MUESTRAS.

Las muestras fueron recolectadas por personal de la empresa contratada QUIMIPROYECTOS S.A.S, los muestreos se realizaron en 2 puntos de control de la red de distribución, el primero se realizó en el punto 0001 salida planta Cariongo correspondiente a la planta de tratamiento Cariongo y el segundo se realizó en el punto 0010 escuela Cariongo correspondiente a la planta de tratamiento Monteadentro, estos puntos son de gran relevancia al ser los primeros sitios de control luego de completar el proceso de potabilización del agua. Para la toma de muestras se realizó la debida desinfección de la llave del agua utilizando alcohol al 70 % y algodón, luego se flameó durante unos segundos y se dejó fluir libremente el agua desde el grifo por un minuto y se procedió a realizar la recolección de la muestra evitando que el recipiente o la tapa se contaminara, tomando 20 L en botella de polipropileno estéril. Todas las muestras se

colocaron en una cava con hielo y se enviaron al lugar de análisis, Universidad de Antioquia ubicada en la ciudad de Medellín (Martinez, 2018).

5.3.4.2 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS PARA *Giardia SPP.* y *Cryptosporidium SPP.*

Para la detección de *Giardia SPP.* y *Cryptosporidium SPP.* se utilizó la metodología del método EPA 1623.1 versión 2012, y se desarrolló en el laboratorio GDCON. Las muestras de agua se filtraron pasándolas por una estación de captura de parásitos (PCS), los cuales quedaron suspendidos en el equipo marca IDEXX; luego para eluir los parásitos, el filtrado se llevó al equipo Filtamax y con la ayuda del buffer PBS los quistes y ooquistes fueron desprendidos del módulo de filtración por medio de un ciclo de ocho lavados. El eluido final se centrifugó por 15 minutos a 1800 g; el pellet obtenido se transfirió a un tubo leighton para proceder con la inmunocentración utilizando el kit Dynabeads GC combo, la concentración de la muestra se realizó con anticuerpos *Anti-Giardia* y *Anti-Cryptosporidium*, los cuales vienen con perlas magnéticas. Se le adicionó 1 mL de buffer A y buffer B y 100 uL de cada solución de perlas con anticuerpos, se incubó este preparado de antígeno-anticuerpo a temperatura ambiente por 1 h con agitación a 18 rpm. Luego de la incubación, se procedió con la captura del complejo antígeno-anticuerpo con ayuda de un imán, enseguida se realizó el lavado del concentrado, luego para disociar la unión entre el antígeno-anticuerpo-perla se adicionó 50 uL de HCl 0,1 N para después neutralizarlo el ácido con 10 uL de NaOH 1N. Para la tinción de la muestra contenida en la placa, se utilizó un kit comercial, el cual contenía los fluorocromos DAPI (4',6-diamidino-2-fenylindole) y FITC (Isotiocianato de fluoresceína) dejándolo incubarse durante 30 minutos a temperatura ambiente. Las muestras se llevaron al microscopio equipado con un sistema de epifluorescencia, las cuales son positivas al presentar fluorescencia verde manzana con borde

definido con características de tamaño similar a *Giardia* (8-18 μm longitud y 5-15 μm de ancho) y *Cryptosporidium* (4-6 μm) observados a través del filtro FITC utilizando un objetivo de 400X (Escobar Tovar, 2023).

5.4 MUESTREO PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO.

La muestra se tomó con la ayuda de envases de vidrio tipo Schott tapa rosca azul de 500 ml marca simax, los cuales se lavaron tres veces con la misma agua que se va a examinar y se llenaron hasta el borde, evitando dejar aire dentro, impidiendo así los cambios durante el traslado hasta el laboratorio de análisis (Casas et al., 2011)

5.4.1 MEDICIÓN DE COLOR.

Para la medición de color se realizó con la ayuda del espectrofotómetro iris HI 801 marca HANNA (Ver anexo M), al cual se le introdujo el código 032 designado para la medición de color. se llenó la celda limpia con la solución blanco hasta la marca de 10 ml y otra celda de igual manera con la muestra a analizar. Enseguida se colocó el blanco en el compartimento de la celda, se colocó la tapa del equipo, se realizó la lectura del blanco y a continuación la de la muestra y se realizó la lectura y el registro (Hanna-Instruments, 2019).

5.4.2 MEDICIÓN DE TURBIEDAD.

Para la medición de la turbiedad se realizó con la ayuda del turbidímetro marca HACH 2100Q (Ver anexo M). Se adicionó la muestra de agua en la celda del turbidímetro y se limpió perfectamente la parte externa de la celda con un papel muy suave. Luego se introdujo la celda en el equipo, tomándola con los dedos de la parte superior, para no dejar manchas o huellas en el sitio de paso de luz, se cerró el turbidímetro y se realizó la lectura y el registro (López et al., 2011).

5.4.3 MEDICIÓN DE pH.

La medición del pH se realizó con un pHmetro HACH HQ11d (Ver anexo M) para esto, se encendió el equipo y se retiró el electrodo de la solución. El electrodo se lavó con agua destilada estéril y se secó muy bien con una toalla de papel absorbente (este proceso se repitió en cada toma de muestra). Posteriormente se introdujo el electrodo en la muestra de agua dejando que la lectura se estabilizara y registrar (López et al., 2011).

5.4.4 MEDICIÓN DE CLORO LIBRE.

Para la medición del cloro libre se utilizó un fotómetro HACH DR300 (Ver anexo M). Se adicionó muestra a la celda, se purgó y se desechó el contenido. Luego se adicionó 10 ml de muestra en la celda, se agregó el contenido de un sobre de reactivo DPD, se tapó y se homogenizó, pasados 3 minutos, se limpió perfectamente la parte externa de la celda con un papel muy suave, luego se introdujo la celda en el equipo, tomándola con los dedos de la parte superior, para no dejar manchas o huellas en el sitio de paso de luz, se cerró el fotómetro y se realizó la lectura y el registro (López et al., 2011).

5.4.5 MEDICIÓN DE DUREZA.

Para la medición de la dureza, se midió 100 ml de muestra y se llevó a un vaso de precipitado de 250 ml y se adicionó una pequeña cantidad de negro de eriocromo (indicador). Luego se adicionó 1 ml de amoníaco (solución reguladora) para elevar el pH requerido ($\text{pH} > 10$), y se tituló con EDTA al 0.01 M con la ayuda de una bureta digital Brand hasta observar el cambio de color violeta a azul (López et al., 2011). Los resultados se expresaron en $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, luego de aplicar la fórmula (Anexo C).

5.4.6 MEDICIÓN DE CLORUROS.

Se colocaron 20 ml de la muestra de agua en un vaso de precipitados de 100 ml y se adicionó 3 gotas de Cromato de potasio al 5% y se tituló con Nitrato de Plata al 0.01 N hasta observar el cambio de color amarillo a rojo ladrillo (López et al., 2011). Los resultados se expresaron en mg mgCl-/L , luego de aplicar la formula (Anexo C).

5.4.7 MEDICIÓN DE ALCALINIDAD.

Se tomó 100 ml de muestra a temperatura ambiente en un vaso de precipitado y se agregó 3 gotas de verde de Bromocresol. Posteriormente se tituló con ácido sulfúrico al 0.02 N con la ayuda de una bureta digital Brand hasta observar el cambio de color azul a amarillo pálido (López et al., 2011). Los resultados se expresaron en mg CaCO_3/L , luego de aplicar la formula (Anexo C).

5.4.8 MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD.

Para la medición de la conductividad se utilizó un medidor digital portátil marca HANNA modelo HI 98129 (Ver anexo M). Se juago el electrodo con agua destilada, se secó con una toalla de papel y se introdujo en la muestra permitiendo la estabilización de la lectura para registrarla junto con la temperatura (López et al., 2011).

5.5 MEDICIÓN DEL PORCENTAJE IRCA.

Para calcular el porcentaje IRCA, se siguió la metodología establecida en la Resolución MPS 2115 de 2007. Se obtuvo al ponderar los puntajes de riesgo que se asignan a cada característica física, química y microbiológica según su efecto en la calidad del agua y el riesgo

para la salud. La fórmula para obtener el porcentaje está en el anexo E. En el numerador se suman todos los puntajes asignados a cada característica que no alcanzaron los parámetros de calidad y en el denominador se suman todos los puntos de las características evaluadas. Con base en el resultado del análisis obtenido de cada una de las muestras, se calculó el IRCA por muestra y a su vez el cálculo del promedio mensual (Resolución 2115, 2007).

5.6 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA EL DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.

5.6.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El Laboratorio de Control de Calidad Planta Cariongo (ver Figura 17) está ubicado en el Barrio Cariongo, al sur de la ciudad, en el sector conocido como Los Tanques (Parque Recreacional), en éste se realiza el procesamiento de las muestras recolectadas en los puntos de muestreo (ver tabla 6), las recolectadas de las empresas a las cuales se presta el servicio y las muestras enviadas de diferentes municipios del departamento; el servicio que presta es el análisis microbiológico y físicoquímico de muestras de agua crudas y tratadas.

Figura 17. *Laboratorio de Control de Calidad Planta Cariongo.*



Fuente: (Castellanos, 2021)

5.6.2 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para la obtención de la información en el presente trabajo se revisó la norma ISO/NTC 17025:2017 donde se extrajo una lista de verificación (Ver anexo G), también se entrevistó a la directora de laboratorio y auxiliar de laboratorio, para revisar el cumplimiento de los numerales de la norma, así como bibliografía necesaria para el buen desarrollo de la investigación.

5.6.3 POBLACIÓN.

La población corresponde a los empleados del laboratorio de control de calidad de agua potable de la empresa EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P los cuales pertenecen a los cargos a continuación: director de laboratorio y analista de laboratorio.

5.6.4 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología consiste en dos etapas con las que se pretende dar desarrollo a los objetivos específicos planteados.

- Diagnóstico del estado de la documentación existente.
- Plan de acción donde se realiza la actualización y elaboración de los documentos requeridos (Gil y Rojas, 2012).

6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Actividad	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Inducción y entrenamiento																																								
Revisión bibliográfica																																								
Toma de muestras																																								
Preparación de material																																								
Preparación de medios de cultivo																																								
Análisis microbiológicos																																								
Análisis fisicoquímicos																																								
Análisis bacteriológicos																																								
Valoración inicial NTC/ISO 17025																																								
Actualización y reforma de la documentación requerida																																								
Redacción del trabajo de grado																																								

Fuente: Propia

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Durante los meses de trabajo en las instalaciones del laboratorio de control de calidad de la empresa EMPOPAMPLONA S.A E.S. P se realizó el control de los 22 puntos de muestreo en la red de distribución del municipio (tabla 5), los cuales fueron evaluados durante la práctica empresarial en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre con el propósito de determinar la calidad del agua que consume la ciudad de Pamplona realizando muestreos periódicos según lo requerido en la Resolución 2115 de 2007.

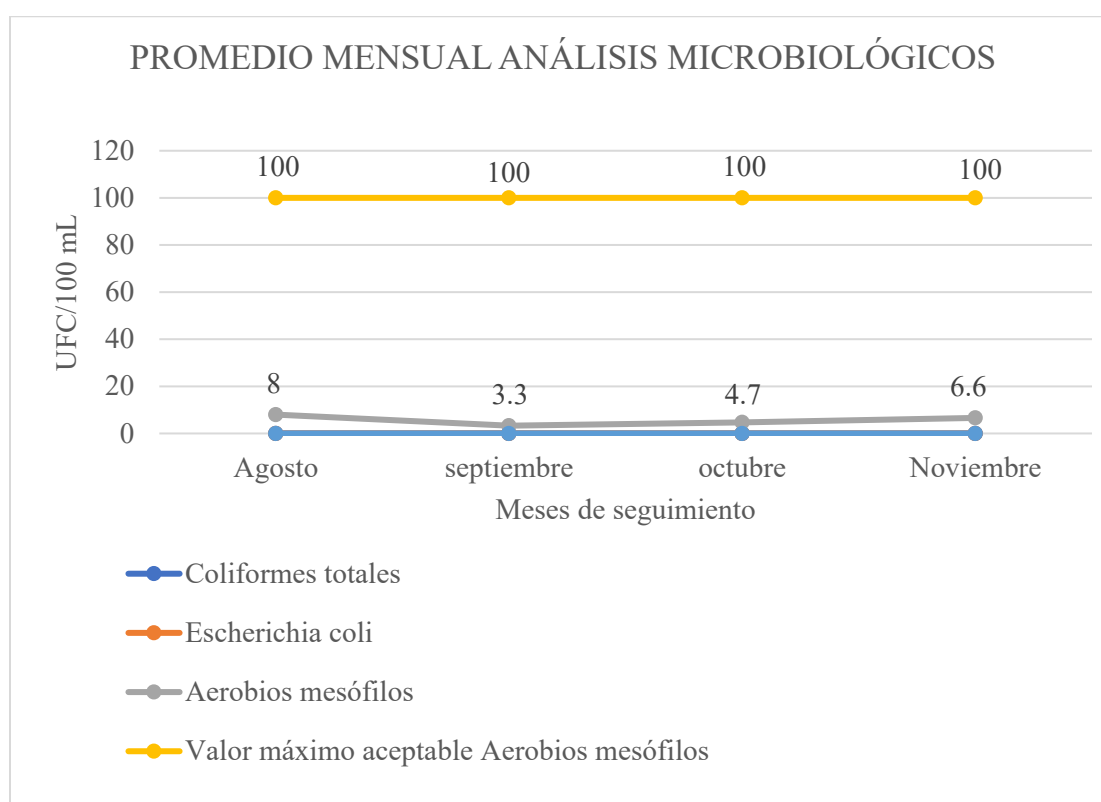
7.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS.

El suministro de agua de la ciudad de Pamplona se mantiene en funcionamiento las 24 horas del día gracias al esfuerzo conjunto de la administración de la empresa EMPOPAMPLONA S.A E.S. P, este esfuerzo se refleja gracias a los resultados obtenidos de las pruebas microbiológicas que se realizan en el laboratorio de control de calidad, donde se siguen las directrices de la Resolución MPS 2115 de 2007, la totalidad dio negativo para el parámetro de Coliformes totales y *E. coli*, ya que no se presentó crecimiento de colonias típicas después de las 24 horas de incubación a 37°C, lo que indica que el proceso de desinfección que emplea la PTAP reduce a cero la carga de coliformes que se pueda presentar durante el tratamiento del agua como se observa en la tabla 6 Resultados de las pruebas microbiológicas realizadas a los 22 puntos de la red de distribución .

Los resultados para Aerobios mesófilos de todas las muestras procesadas y analizadas microbiológicamente no superaron el rango exigido por la Resolución del MPS 2115 de 2007 de máximo 100 UFC/ 100ml, por lo cual, se puede determinar que el proceso de desinfección en la PTAP es eficaz y que los sistemas de distribución se hallan limpios y en buen estado, esto se

demuestra al revisar los resultados de los puntos 0004 y 0001 ya que estos son monitoreados diariamente como inicio de red de distribución. Es relevante que los puntos de muestreo escogidos para evaluar la calidad del agua en el municipio se mantengan limpios, ya que las condiciones en las que estén a la hora de recoger las muestras también afectarán los resultados (Castellanos, 2021).

Figura 18. Resultados promedio de las pruebas microbiológicas realizadas a los 22 puntos de la red de distribución.



Fuente: Propia.

En la figura 18 se puede evidenciar los resultados microbiológicos en toda la red de distribución en los 4 meses de seguimiento, durante este tiempo se hizo evidente la falta de muestreo en 7 puntos de la red (ver anexo A), esto se debe a que los puntos involucrados representan los lugares más alejados del centro de la ciudad por lo que se necesita transporte para poder movilizarse y realizar la toma de muestras, la empresa al no contar con una ruta que garantice

la movilización del personal dificulta el cumplimiento del muestreo ocasionando que dichos puntos no se les pueda realizar el control mensual; los puntos 0014 y 0015 referentes a los puntos del progreso parte alta y parte baja, son los puntos con menor control, esto es debido a que se encuentran en puntos de difícil acceso y son los más retirados de la red.

7.1.1 ANÁLISIS PARA *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.*

Para la determinación de *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.* la empresa debió realizar una contratación externa con la empresa QUIMIPROYECTOS S.A.S, la cual fue la encargada de recolectar las muestras y enviarlas hasta el laboratorio donde fueron procesadas por el Grupo de Diagnóstico y Control de la contaminación (GDCON) perteneciente a la Universidad de Antioquia. Como resultados se envió el informe de la determinación (ver anexo B) como se puede observar en la tabla 6, donde se recopilan que las muestras procesadas no tuvieron presencia de quistes de *Giardia spp.* u ooquistes de *Cryptosporidium spp.*, por lo que se considera que el riesgo a la salud humana de estos protozoos en la población es baja.

Tabla 6. Informe de los resultados de *Giardia spp.* y *Cryptosporidium spp.*

PUNTO DE MUESTREO	PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
(0001) Salida planta Cariongo	<i>Giardia spp.</i>	EPA 1623.1 versión 2012	< 0,1 quistes/L	2022-11-17
	<i>Cryptosporidium spp.</i>		< 0,1 ooquistes/L	2022-11-17
(0010) Escuela Cariongo	<i>Giardia spp.</i>		< 0,1 quistes/L	2022-11-25
	<i>Cryptosporidium spp.</i>		< 0,1 ooquistes/L	2022-11-25

Fuente: (GDCON, 2022)

Los resultados obtenidos en los 2 muestreos realizados a las 2 plantas de tratamiento confirman el buen proceder en la potabilización del agua y las condiciones de infraestructura y de limpieza en las diferentes etapas del proceso son idóneas a la hora de potabilizar el agua para la población atendida. Cabe resaltar que el laboratorio encargado de realizar el análisis de las muestras, está acreditado por el IDEAM y la ONAC, lo que sugiere la confiabilidad en los resultados obtenidos y aportan tranquilidad en los datos suministrados.

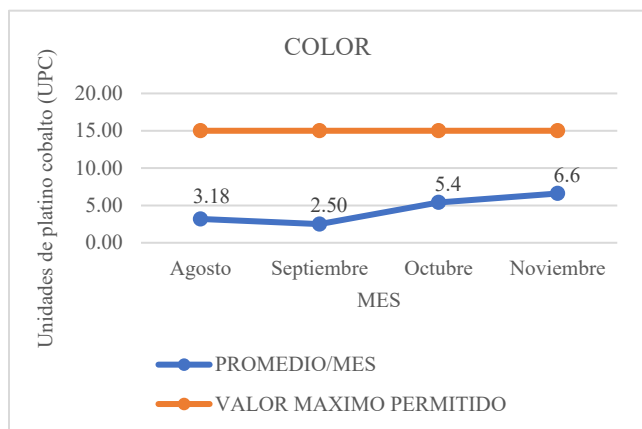
Según la Resolución 2115 de 2007, el valor aceptable para *Giardia spp.* es de cero (0) Quistes y para *Cryptosporidium spp.* debe ser de cero (0) Ooquistes, lo que sugiere el cumplimiento del parámetro refiriendo que el agua para consumo humano suministrada es viable sanitariamente; estos datos pueden ser un antecedente importante para encaminar si es necesario seguir la vigilancia y si esta se incluye con cuanta frecuencia en el mapa de riesgo (Ministerio, 2007).

7.2 RESULTADOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA POTABLE.

Los análisis físicos y químicos corresponden a los realizados en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2022 los cuales se muestran en el anexo A; los valores que se muestran corresponden a los resultados mensuales de los parámetros evaluados en los 22 puntos de muestreo de la red de distribución, los cuales fueron la determinación de color, dureza, pH, turbiedad, cloro residual, cloruros, conductividad y alcalinidad.

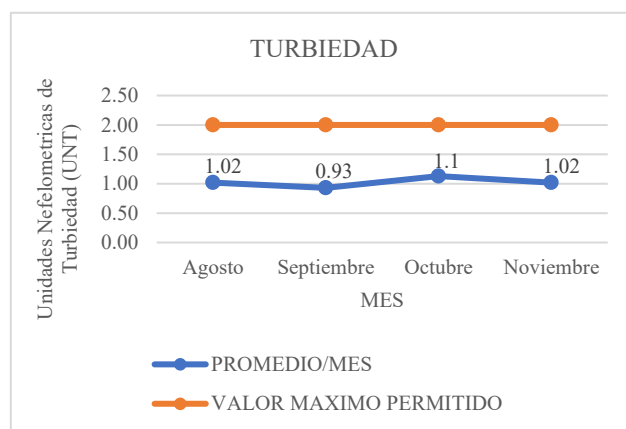
7.2.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICOQUÍMICAS.

Figura 19. Comportamiento promedio del color por mes.



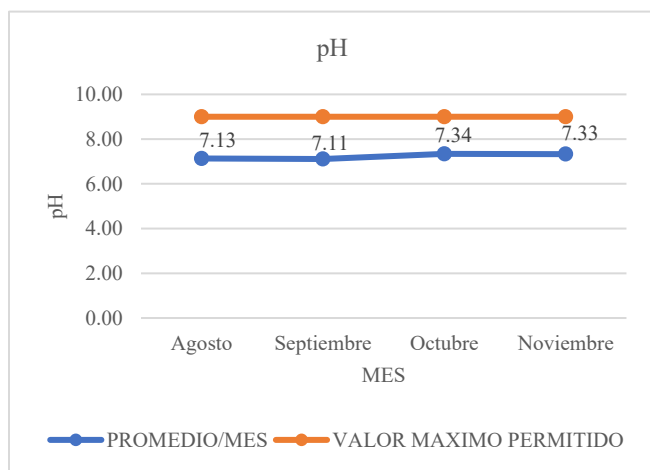
Fuente: propia.

Figura 20. Comportamiento promedio de la turbidez por mes.



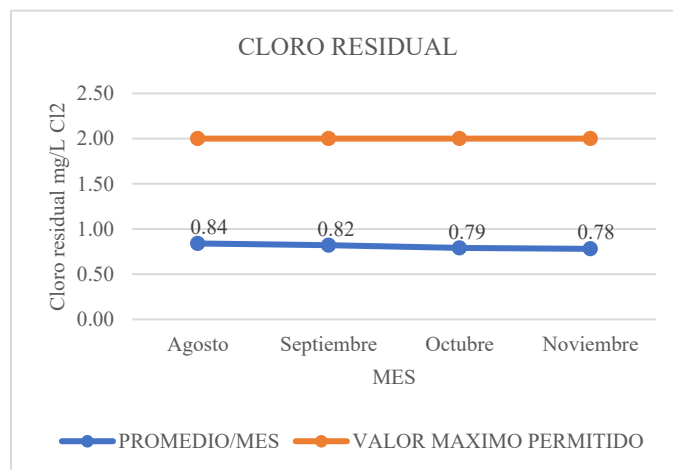
Fuente: propia.

Figura 21. Comportamiento promedio del pH por mes.



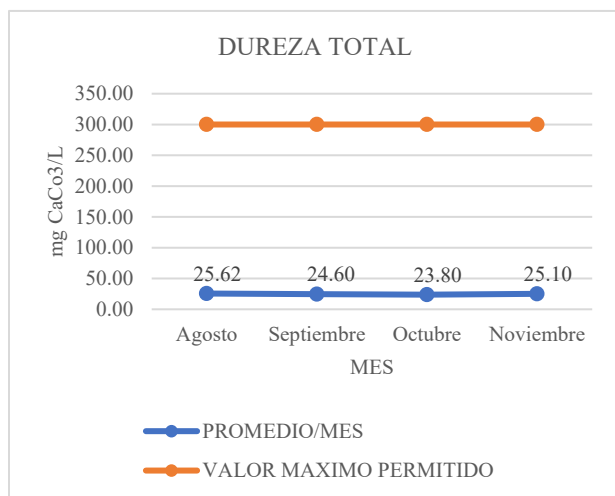
Fuente: propia.

Figura 22. Comportamiento promedio del cloro residual por mes.



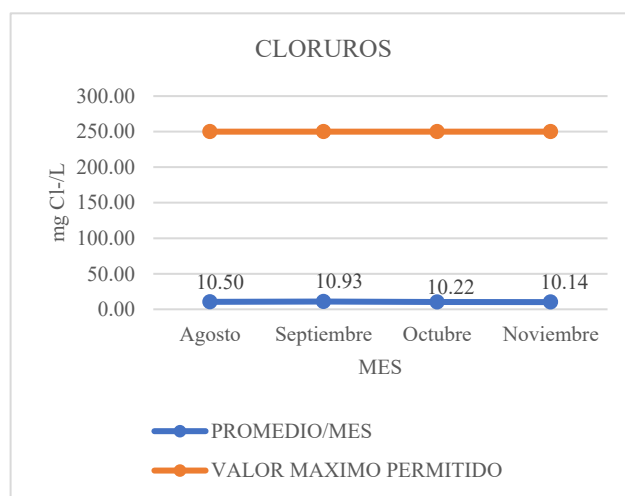
Fuente: propia.

Figura 23. Comportamiento promedio de la dureza total por mes.



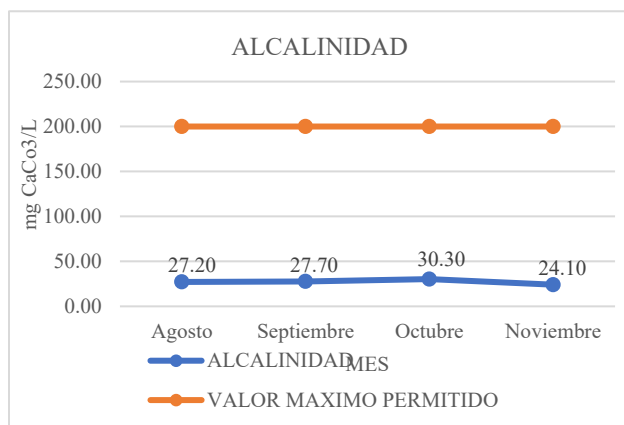
Fuente: propia.

Figura 24. Comportamiento promedio de cloruros por mes



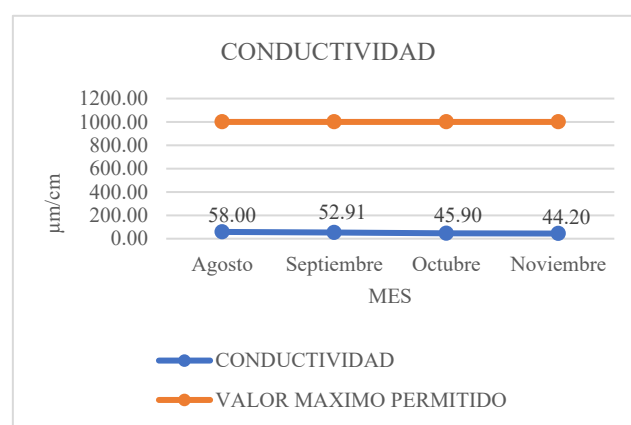
Fuente: propia.

Figura 25. Comportamiento promedio de la alcalinidad por mes.



Fuente: propia.

Figura 26. Comportamiento promedio de la conductividad por mes.



Fuente: propia.

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas realizadas en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre se contrastaron con los límites permitidos expuestos en la resolución 2115 de 2007 como lo dicta la normativa nacional. La figura 19 muestra el promedio de los resultados donde se puede evidenciar el cumplimiento del color al estar todas las muestras por debajo de 15 UPC, aunque se evidencia aumento del color en los meses de octubre y noviembre, esto se debe a las altas precipitaciones en esos 2 meses, donde se presentaron lluvias a diario que dificultaron el manejo de la potabilización del agua, esto se refleja en los registros de precipitaciones que mantiene el laboratorio (ver anexo D). En la figura 20 se puede apreciar los resultados del promedio de turbidez en los meses de seguimiento, los cuales muestran valores por debajo de 2 UNT, al igual que el color, la turbidez es un parámetro muy importante a la hora de potabilizar el agua, por ende, es de vital importancia poder realizar su determinación y poder tomar medidas en las etapas de coagulación, sedimentación y en la filtración, donde se ven los puntos de mayor control para este parámetro. Al igual que en el color, se ve un aumento en el mes de octubre, lo que confirma la afectación de los sedimentos que son arrastrados por el aumento del caudal debido a las fuertes precipitaciones que se presentaron a lo largo del mes (Ver anexo D).

El pH de las muestras en los 22 puntos de la red de distribución del municipio de Pamplona, como se muestra en la figura 21, presentan un valor entre 7,1 y 7,4, lo que indica que se encuentran dentro del rango requerido comprendido entre 6,5 y 9,0. Para el cloro residual libre, el valor aceptable en cualquier punto de la red de distribución del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L (Resolución 2115, 2007), en la figura 22 muestra los resultados del cloro residual, donde se aprecia que los niveles de cloro están en el rango aceptable según la resolución, esto contribuye a que el agua llegue de manera segura al domicilio, debido a que el cloro residual actúa sobre los microorganismos que puedan entrar en contacto con el agua. Los

valores obtenidos como se muestran en la figura 23 se encuentran dentro del límite permitido para la dureza total, donde el valor máximo aceptable es de 300 mg de CaCO_3/L para el agua de consumo, aunque la dureza no representa un peligro a la salud, si contribuye a el ahorro de productos como el jabón, ya que, al ser un agua blanda, presentan menos cantidad de calcio y magnesio que reaccionan con los compuestos para generar más espuma (LÓPEZ, 2010), los resultados de los meses de seguimiento, indican que la dureza permanece constante en un rango de 23 y 25 mg de CaCO_3/L .

La figura 24 muestra los resultados para la prueba de cloruros los cuales no deben superar los 250 mg de Cl/L , los datos al estar bajos, son indicativos que el agua no ha sido contaminada por acción del hombre, ya que Cloruros, fosfatos y nitritos son indicadores típicos de contaminación residual doméstica vertida a un cauce natural; al ser un agua potabilizada que ha sido expuesta a procesos de cloración, los cloruros están entre 10,14 y 10,50 mg Cl/L , por ende, están dentro de los parámetros y es indicativo de un buen proceso de potabilización (Vargas et al., 2012). En la figura 25 podemos evidenciar los resultados promedio de la alcalinidad, los cuales se encuentran en un rango comprendido entre los 27 y 31 mg de $\text{CaCO}_3//\text{L}$ por lo cual todas las muestras de la red de distribución cumplen con lo dispuesto en la norma para este parámetro. La importancia de la alcalinidad del agua a nivel sanitario, no representa un factor de preocupación, pero la alcalinidad a altas concentraciones representa un sabor desagradable al agua, afectando un valor físico importante que es crucial a la hora de evaluar sensorialmente el agua por parte del usuario (Bautista Lenés , 2019). El valor máximo permitido para la conductividad es de 1000 microsiemens/cm, los resultados contenidos en la figura 26, están por debajo del valor máximo permisible, lo que indica cumplimiento de este apartado según la norma, el aumento de las sales

en disolución, produce iones capaces de transportar la corriente eléctrica, por lo que un valor alto de conductividad indica altas concentraciones de sales en el agua (Castro et al., 2018).

7.3 DETERMINACIÓN DEL INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA).

El Índice de riesgo para la calidad del agua potable (IRCA), es la herramienta empleada para evaluar los análisis que se les realizan a las muestras de agua para el consumo humano, posicionando los resultados en una escala de riesgo, considerando los resultados en las características físicas, químicas y microbiológicas se calculó el % IRCA por muestra y % IRCA mensual (Anexo E y Tabla 7).

La tabla 7 muestra los resultados del IRCA mensual de agosto a noviembre donde se puede observar que en esos meses no supero el 1,43 % con un porcentaje promedio de 0.622 %, siendo este resultado favorable al no superar la clasificación de riesgo 0-5 %. Estos resultados en los porcentajes obtenidos fueron ocasionados por el incremento significativo en la ola invernal, como se puede ver en el anexo D, el acumulado de la precipitación del mes de octubre corresponde a 122.9 mm y noviembre 187,5, lo que ocasionó un aumento en el color y turbidez superando los valores admitidos en la normativa en algunas muestras afectando el IRCA de la muestra y por consiguiente el IRCA mensual, esto se debe a la alta carga de materia orgánica que se genera por el arrastre de material provocando variaciones.

Las características microbiológicas, físicas y químicas cumplen con lo establecido en la norma, considerando el porcentaje obtenido se clasificó el agua potable suministrada a los usuarios del municipio de Pamplona **SIN RIESGO** de acuerdo a la Resolución 2115 de 2007 (ver anexo F).

Tabla 7. Resultados del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA).

Mes	Número de muestras	% IRCA	Clasificación IRCA (%) (PARAMETRO RES. MPS 2115/07)	Diagnóstico y acciones
Agosto	80	0,00%	0 - 5	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.
Septiembre	85	0,00%		
Octubre	74	1,06%		
Noviembre	73	1,43%		
Promedio		0.622%		
Clasificación de riesgo				SIN RIESGO

Fuente: propia.

7.4 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.

7.4.1 DIAGNOSTICO.

Al realizar el diagnostico preliminar del cumplimiento de la NTC-ISO/IEC 17025:2017 en el laboratorio de control de calidad de agua potable de EMPOPAMPLONA E.S.P se evidencio el nivel de cumplimiento de los numerales 4,5,6,7 y 8, para ello se utilizó un listado de verificación (Ver anexo G) el cual arrojó el nivel de cumplimiento del laboratorio según los numerales evaluados de la norma.

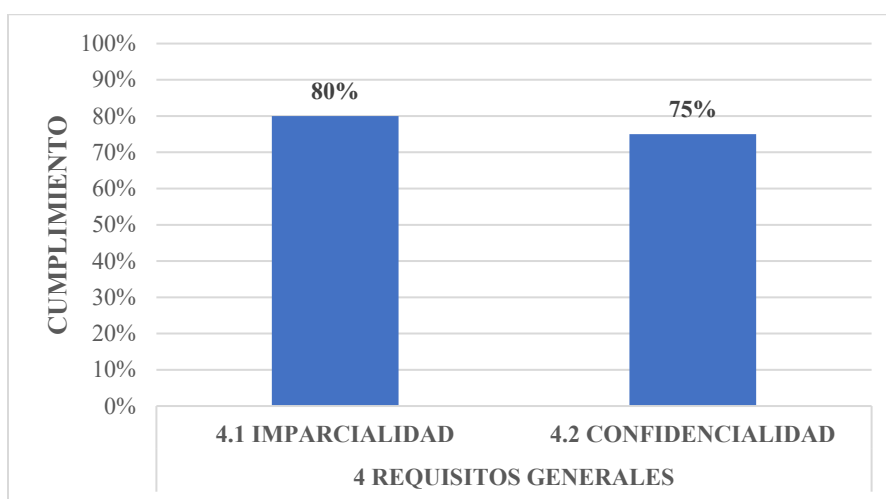
A continuación, se presentan los hallazgos que se obtuvieron en la aplicación del listado de verificación.

7.4.1.1 NUMERAL 4. REQUISITOS GENERALES.

La figura 27 muestra el cumplimiento del numeral 4 requisitos generales, en el numeral 4.1 se evalúa la imparcialidad, la dirección al momento de contratar no presenta un acta de conflicto de interés. En el inciso 4.2 confidencialidad, las partes involucradas en el procesamiento de las

muestras y el manejo de la información, comprenden la importancia de resguardar los resultados y remitirlos solo a los clientes o entidades legales que lo soliciten; el laboratorio al contar con un número limitado de trabajadores, realiza un control más eficaz de la información. No se tiene un acta donde se mencionen los requisitos a cumplir por concepto de confidencialidad.

Figura 27. *Capítulo 4. Requisitos Generales.*

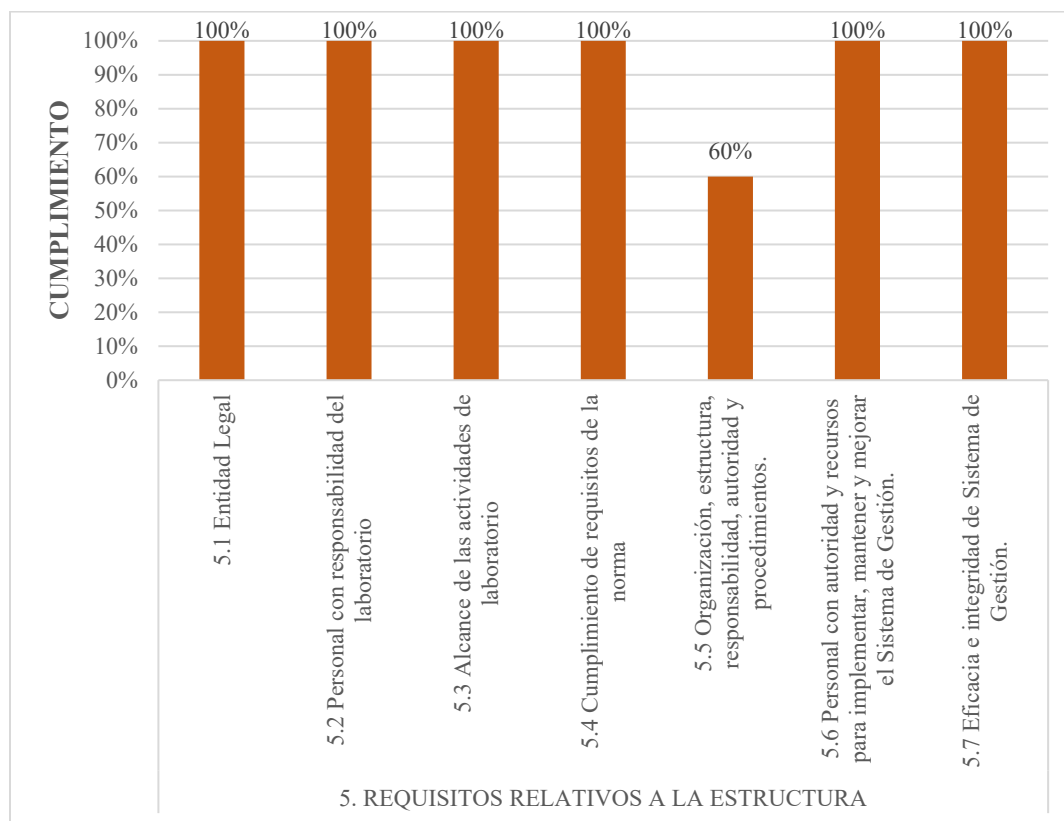


Fuente: Propia.

7.4.1.2 NUMERAL 5. REQUISITOS RELATIVOS A LA ESTRUCTURA.

Como se observa en la figura 28 el laboratorio no ha actualizado el manual de procedimiento en lo relacionado al uso y manejo de nuevos equipos requeridos para los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua, su última revisión fue en el 2019 y desde esa fecha se han comprado equipos y adaptados procedimientos.

Figura 28. Capítulo 5. Requisitos relativos a la estructura.

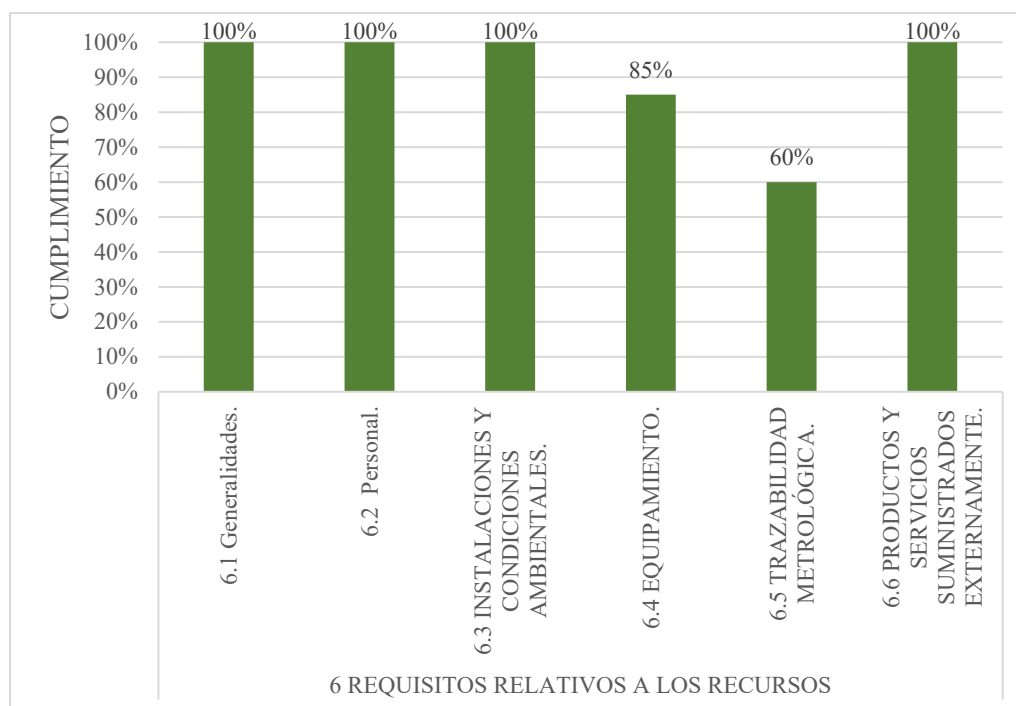


Fuente: Propia.

7.4.1.3 NUMERAL 6. REQUISITOS RELATIVOS A LOS RECURSOS.

La figura 29 muestra que el laboratorio cuenta con un cronograma por actualizar en donde se controlen los periodos de calibración para mantener la confianza en la calibración, además se debe actualizar la hoja de vida de los equipos, el formato de mantenimiento y el de calibración. El numeral 6.6 referente a productos y servicios suministrados externamente se evalúa el muestreo que se realiza a los puntos de la red y a los clientes, reflejando que se cumplen los ítems.

Figura 29. Capítulo 6. Requisitos relativos a los recursos.

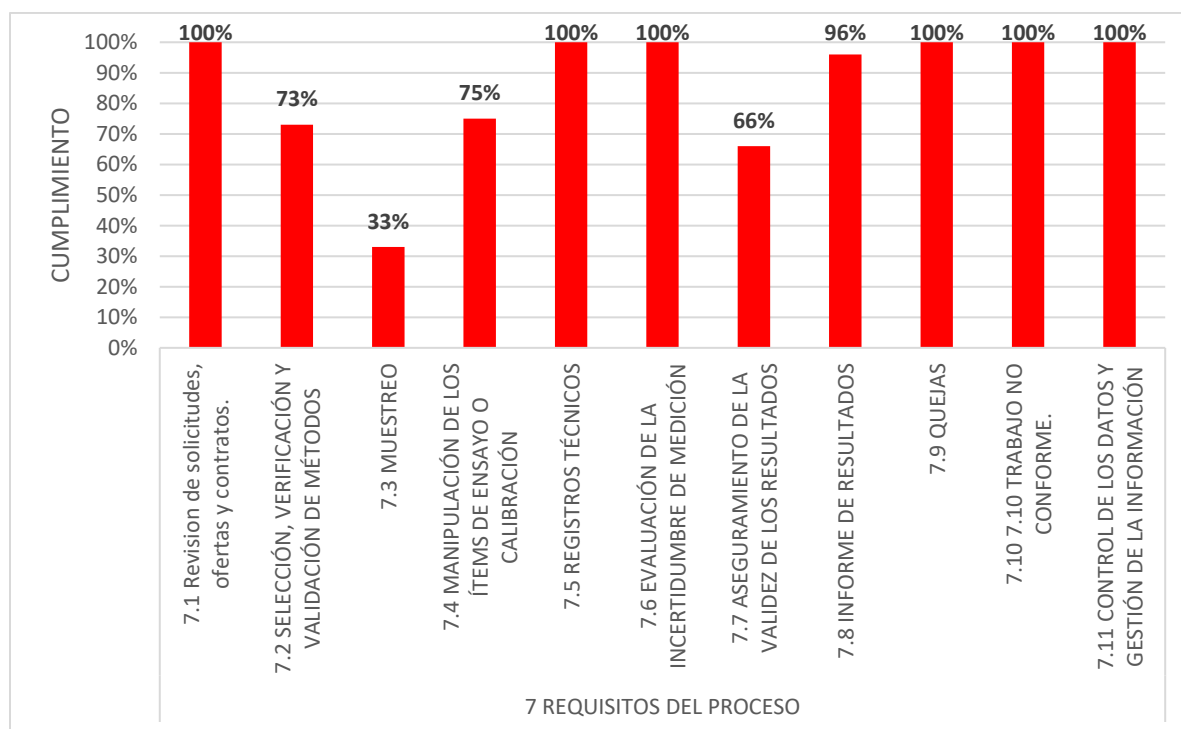


Fuente: Propia.

7.4.1.4 NUMERAL 7. REQUISITOS DEL PROCESO.

Como se observa en la figura 30 se debe actualizar formatos como el acta de toma de muestras, métodos de análisis y procedimientos. El laboratorio realiza la comparación de los métodos y procedimientos con otros laboratorios como es el caso de los laboratorios del Instituto Departamental de Salud, por lo que se debe mejorar las actas de muestreo teniendo como referencia los implementados por el instituto.

Figura 30. Capítulo 7. Requisitos del proceso.

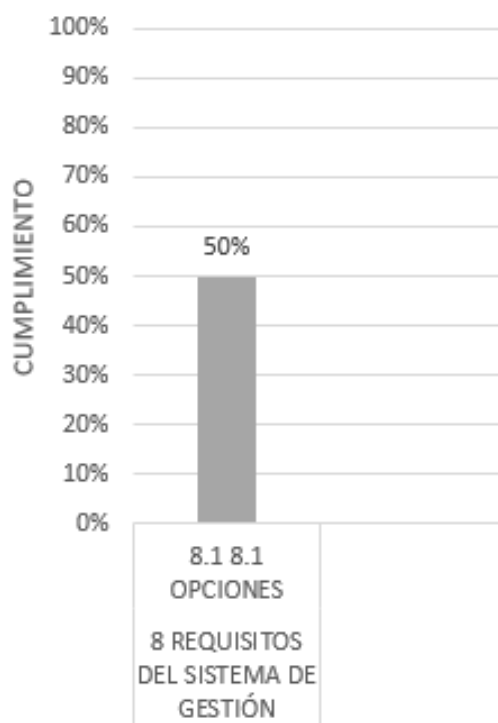


Fuente: Propia.

7.4.1.5 NUMERAL 8. REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN.

En la figura 31 se evidencia que el laboratorio establece y mantiene un sistema de gestión de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 9001, el cual se aplica como plan de mejoramiento anual, para el caso de los requisitos del sistema de gestión, se debe integrar en su gestión una auditoría interna anual del laboratorio de control de calidad, lo que cumpliría con el ítem evaluado y reforzaría el seguimiento y mejoramiento del laboratorio en el cumplimiento de la normativa, ya que el equipo realiza la gestión en general para toda la organización, por lo que se debe integrar al laboratorio de manera más atenta fortaleciendo las acciones y focalizando los esfuerzos en su mejoramiento por medio de auditorías internas.

Figura 31. *Capítulo 8. Requisitos del sistema de gestión.*

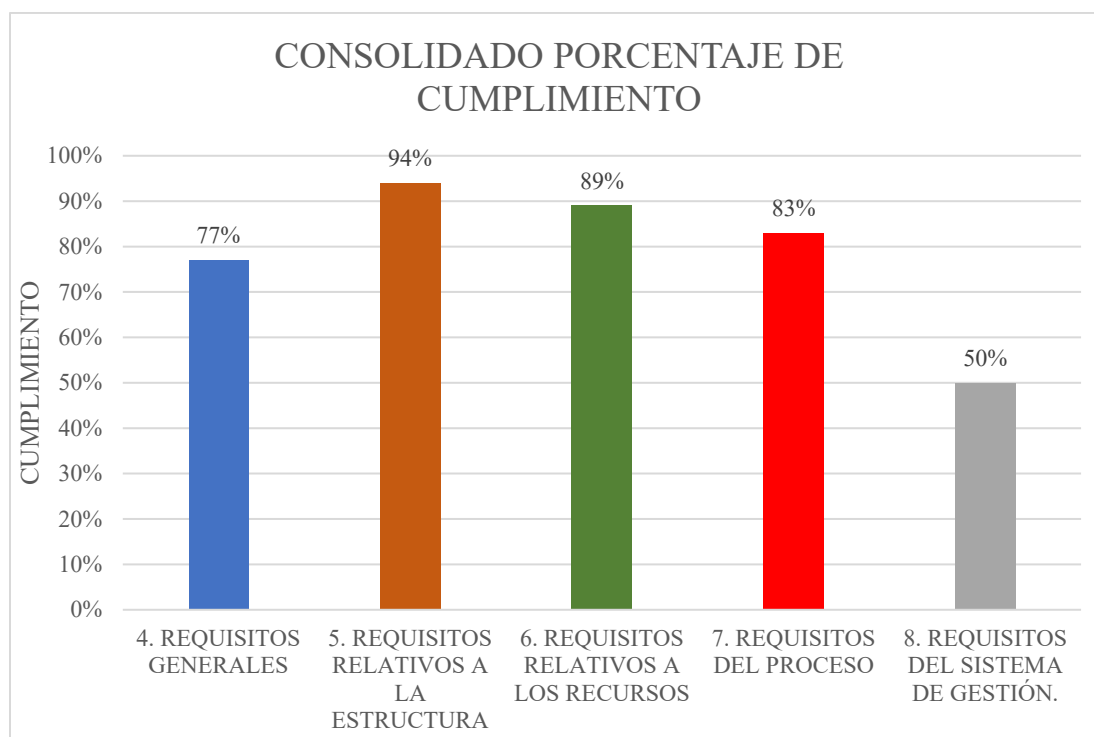


Fuente: Propia.

7.4.1.6 CONSOLIDADO DE CUMPLIMIENTO.

La figura 32 muestra el consolidado de los resultados de la aplicación de la lista de chequeo de la ISO 17025, aunque en todos los numerales se presentan deficiencias, el cumplimiento se presenta mayor al 75%, dando a entender que a pesar de no haber realizado un diagnostico antes, la empresa se esmera por cumplir los requerimientos que dicta la normativa nacional.

Figura 32. Consolidado porcentaje de cumplimiento.



Fuente: Propia

A continuación, se relacionan los numerales de la norma ISO 17025 y las actividades a realizar para su cumplimiento.

Tabla 8. Actividades que se deben implementar para el cumplimiento de la ISO 17025.

Requisito	Actividades
Número 4: Imparcialidad y confidencialidad.	4.1 Imparcialidad: Elaboración del acta de imparcialidad. 4.2 Confidencialidad: Elaboración de los compromisos de confidencialidad.

Numeral 5. Requerimientos estructurales en el Sistema de Gestión.	Actualización del manual de procedimientos.
Numeral 6. Requisitos relativos a los recursos.	6.4 Equipamiento: Actualizar el apartado de calibración de los equipos en el manual del laboratorio. Actualizar hoja de vida de los equipos. 6.5 Trazabilidad metrológica: Actualizar formatos de calibración y mantenimiento de equipos.
Numeral 7. Requerimientos de proceso	7.2 Selección, verificación y validación de métodos: Actualización de los métodos y procedimientos. 7.3 Muestreo: Actualización de actas de muestreo y formatos. 7.8 Informe de resultados: Actualización acta toma de muestras.
Numeral 8. Requisitos del sistema de gestión	El laboratorio debe implementar un sistema de gestión de acuerdo con la opción B.

Fuente: Propia

En la tabla 8 se hace evidente la falta de actualización y restructuración de los formatos y metodologías utilizadas en el laboratorio, todos los cambios o mejoras que se realizaron se pueden observar en la tabla 9.

7.4.2 PLAN DE ACCIÓN.

7.4.2.1 REQUISITOS GENERALES.

Para el numeral 4, como se evidencia en la tabla 12 los requisitos exigidos con referencia a la imparcialidad y confidencialidad del laboratorio frente a los resultados obtenidos, como acción

correctiva, se diseñaron los formatos para presentar a los empleados para dejar constancia de la responsabilidad a la que se comprometen con el manejo de la información. Para la imparcialidad, se elaboró un acta (revisar Anexo H), la cual se deberá firmar y ser archivada en la hoja de vida de cada uno de los empleados del laboratorio. En el enciso confidencialidad, las partes involucradas en el procesamiento de las muestras y el manejo de la información, al momento de realizar la contratación, se diseñó el acta de compromiso de confidencialidad (ver anexo I) donde se presentan 6 ítems que el empleado debe revisar para que comprenda la importancia de resguardar la información y quede en evidencia las consecuencias que acarrearía esta falta. Estas actas se remiten al área de talento humano, donde se podrán implementar en un futuro.

7.4.2.2 ACTUALIZACIÓN Y DISEÑO DE DOCUMENTOS.

Se realizaron los cambios respectivos y la actualización de los documentos que lo requerían teniendo en cuenta la tabla 8, en su mayoría las acciones a realizar son la revisión de los formatos existentes y su actualización. Se agrupan los formatos en la tabla 9 donde se describen las acciones a realizar, debido a que en algunos casos se fusionaron formatos y se salta la numeración con la que se identifican.

En la tabla 9 se muestra cada actividad que se realizó con los diferentes formatos que se manejan para el control de las diferentes dependencias, en su mayoría, los formatos presentaban la imagen institucional desactualizada, ya que está se cambió en el año 2020 y desde esa fecha no se había realizado la actualización; parte de la revisión, contribuyo en la actualización de todos los formatos de la planta.

Con los formatos FAP-14 “Cronograma de mantenimiento preventivo y calibración de equipos” (Anexo J) y FAP-15 “Calibración, Verificación y Control de Dispositivos de

Seguimiento y Medición” (Anexo K) se tomaron medidas para poder realizar el seguimiento y la programación de mantenimientos mensuales a los equipos, o cuando sea requerido. Estos formatos nos permiten cumplir con los requisitos del numeral 6, el cual nos habla de llevar un registro documentado de calibraciones que se les realice a los equipos. El laboratorio, envía periódicamente los equipos con un prestador de servicios externo, el cual se encarga del mantenimiento y calibración de los mismos; cabe resaltar que estos servicios se prestan por personal idóneo al igual que la empresa está debidamente certificada para poder prestar el servicio.

Para el formato de FAP-41 v.01 “Acta Toma de Muestras” (Anexo L), se debió reformar para cumplir con los requerimientos del numeral 7.3.3, el cual indica que el laboratorio debe conservar los registros de los datos de muestreo, tales como: datos de referencia, datos de muestra y análisis a realizar, los cuales en el anterior formato no se tenían, ya que solo se requería datos de la fecha, lugar y tipo de muestra sin precisar datos del cliente u análisis a realizar. Gracias a este nuevo formato, se tiene plena descripción de los datos requeridos para mantener los registros de una forma ordenada y completa, y así poder garantizar una plena identificación de la muestra.

Tabla 9. *Lista de formatos.*

CODIGO	NOMBRE	Nuevo código/ versión	DEPENDENCIA	OBSERVACIÓN
FAP-01	Cronograma de Mantenimiento de Redes	FAP-01 v. 00	OBRAS Y MANTENIMEINT O DE REDES	Actualización la imagen institucional.
FAP-02	Registro de Caudales Fuentes Abastecedoras	FAP-02 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional

FAP-03	Ficha Técnica de Registro	FAP-03 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-04	Análisis Fisicoquímico Agua Cruda	FAP-04 V. 02	Fusión de formatos: Análisis Fisicoquímico y Microbiológico Agua Cruda	Actualización la imagen institucional.
FAP-05	ELIMINADO Y FUSIONADO			
FAP-06	Análisis Microbiológico Agua Cruda			
FAP-07	Mantenimiento de Redes	FAP-07 v. 00	OBRAS Y MANTENIMEINT O DE REDES	Actualización la imagen institucional.
FAP-08	Planilla de Operación Diaria Planta Cariongo	FAP-08 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-09	Planilla de Operación Diaria Planta Monteadentro	FAP-09 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-10	Consolidado Sustancias Químicas	FAP-10 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-11	Consumo Anual Sustancias Químicas	FAP-11 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-12			PLANTA	Eliminado anteriormente.
FAP-13	Presupuesto de Obra	FAP-13 v. 00	OBRAS Y MANTENIMIEN T O DE REDES	Actualización la imagen institucional.
FAP-14	CRONOGRAMA DE MANTENIMIEN T	FAP-14 v.01	PLANTA	Se estructuro el formato, para poder programar los

	O PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS.			mantenimientos preventivos mensuales.
FAP-15	Calibración, Verificación y Control de Dispositivos de Seguimiento y Medición	FAP-15 v.03	PLANTA	Se reformo el formato para especificar las acciones propias de calibración.
FAP-16	Control de Reactivos y Medios	FAP – 16 v.00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-17	Análisis Fisicoquímicos Agua Potable	FAP - 17 v. 02	Fusión de formatos: Análisis Fisicoquímico y Microbiológico Agua Potable. (PLANTA)	Actualización la imagen institucional.
FAP-18	Análisis Microbiológico Agua Potable			
FAP-19				
FAP-20				
FAP-22	IRCA			
FAP-21	Consolidado Control de Calidad	FAP - 21 v. 01	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-23	Informe Resultado de Análisis de Agua Fisicoquímico y Microbiológico	FAP - 23 v.00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-24				NA
FAP-25	Reporte de Daños		OBRAS Y MANTENIMEINT O DE REDES	Actualización la imagen institucional.
FAP-26				Eliminado anteriormente.

FAP-27	Agua Producida vs Agua Facturada	FAP-27 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-29	Producción de Agua por Planta	FAP-29 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-29	Suspensión de Servicio de Acueducto	FAP-29 v. 00	OBRAS Y MANTENIMEINT O DE REDES	Actualización la imagen institucional.
FAP-30	Toma de Muestras	FAP- 30 v.01	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-31	Control Puntos de Muestreo	FAP - 31 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-32	Seguimiento Puntos de Muestreo IDS	FAP- 31 v.01	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-33	Control de Temperatura	FAP - 33 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-34	Control de Humedad y Temperatura Ambiente	FAP - 34 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-35	Puntos de Toma de muestras	ELIMINAD O	PLANTA	Se elimino
FAP-36	Cronograma Toma de Muestras	FAP-36 v.00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-37	Control de Ambiente Cuarto de Siembra	REVISAR	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-38	Control de Medios	FAP-38 v 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-39	Control de Esterilización	FAP - 39 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.

FAP-40	Informe de Actividades	FAP-40 v. 00	PLANTA	Actualización la imagen institucional.
FAP-41	Acta Toma de Muestras	FAP-41 v. 01	PLANTA	Se actualizo para poder complementar la información del cliente y la muestra.

Fuente: Propia.

7.4.2.3 ACTUALIZACIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE LABORATORIO.

Luego de la revisión de los protocolos que maneja el laboratorio, se implementaron actualizaciones en sus procesos, específicamente en los métodos espectrofotométricos como lo es la determinación de color, nitritos, hierro y sulfatos. En todos los protocolos se llevó a cabo la actualización de la imagen institucional de la empresa.

En la tabla 10 se presentan las actividades que se desarrollaron con el fin de actualizar los procedimientos empleados en la determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, allí se hace evidente que unos protocolos no se están aplicando en la actualidad, tal es el caso de TAP-15, TAP-19, TAP-23 y TAP-26, estos protocolos pertenecen en su mayoría a determinaciones microbiológicas, esto se debe a que la técnica utilizada actualmente es filtración por membrana para la determinación de coliformes totales, *E. coli* y aerobios mesófilos, por lo que se hace difícil la aplicación de otras técnicas debido al costo que se genera en la compra de material, con la realización de la filtración por membrana, se cumple la recomendación de la resolución 2115 de 2007, la cual indica que entre las técnicas autorizadas esta la filtración por membrana.

Los protocolos actualizados se deben a la compra del equipo espectrofotométrico (Ver anexo M) en el cual se pueden realizar diversas determinaciones como color, nitritos, hierro y sulfatos, estos protocolos se siguieron directamente del manual de instrucciones, donde el principal

punto a tener en cuenta, es el ingreso del código de referencia que es individual para cada determinación.

Tabla 10. *Protocolos y acciones realizadas.*

CÓDIGO	NOMBRE	OBSERVACIÓN
TAP-01 v.01	TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS	Actualización de la imagen institucional.
TAP-02 v. 01	ANÁLISIS DE PH	Actualización de la imagen institucional.
TAP-03 v. 01	ANÁLISIS DE TURBIEDAD	Actualización de la imagen institucional.
TAP-04 v. 01	ANÁLISIS DE COLOR VERDADERO	Actualización del protocolo, uso de espectrofotómetro HI801.
TAP-05 v. 01	ANÁLISIS DE ALCALINIDAD	Actualización de la imagen institucional.
TAP-06 v. 01	ANÁLISIS DE CLORUROS	Actualización de la imagen institucional.
TAP-07 v. 01	ANÁLISIS DE DUREZA	Actualización de la imagen institucional.
TAP-08 v. 01	ANÁLISIS DE HIERRO TOTAL	Actualización del protocolo, uso de espectrofotómetro HI801.
TAP-09 v. 01	ANÁLISIS DE NITRITOS	Actualización del protocolo, uso de espectrofotómetro HI801.
TAP-11 v. 01	ANÁLISIS DE OLOR Y SABOR	Actualización de la imagen institucional.
TAP-12 v. 01	ANÁLISIS DE TEMPERATURA	Actualización de la imagen institucional.
TAP-13 v. 01	ANÁLISIS DE CLORO RESIDUAL LIBRE	Actualización de la imagen institucional.
TAP-14 v. 01	ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y AEROBIOS MESÓFILOS EN AGUAS FILTRACIÓN POR MEMBRANA	Actualización de la imagen institucional.

TAP-15 v. 01	ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES, FECALES Y AEROBIOS MESÓFILOS EN AGUAS. PRESENCIA - AUSENCIA	Actualización de la imagen institucional.
TAP-16 v. 01	DEMANDA DE CLORO	Actualización de la imagen institucional.
TAP-17 v. 01	ANÁLISIS DE SULFATOS	Actualización del protocolo, uso de espectrofotómetro HI801.
TAP-18 v. 01	CONTROL MICROBIOLÓGICO DE AMBIENTES	Actualización de la imagen institucional.
TAP-19 v. 01	ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVE	Actualización de la imagen institucional.
TAP-20 v. 01	CALIBRACIÓN DE LA BALANZA ELECTRÓNICA	Actualización de la imagen institucional.
TAP-21 v. 01	CALIBRACIÓN DE BURETAS DIGITALES	Actualización de la imagen institucional.
TAP-23 v. 01	ANÁLISIS DE SUPERFICIES	Actualización de la imagen institucional.
TAP-24 v. 01	CALIBRACIÓN DEL PHMETRO	Actualización de la imagen institucional.
TAP-25 v. 01	LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	Actualización de la imagen institucional.
TAP-26 v. 01	CONTROL DE CALIDAD DE LA ESTERILIZACIÓN	Actualización de la imagen institucional.
TAP-27 v. 01	ENSAYO DE JARRAS	Actualización de la imagen institucional.

Fuente: Propia.

7.4.2.4 HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS.

Como parte de las actividades de mejoramiento, se verificaron las hojas de vida de los equipos que son utilizados en el laboratorio y se actualizaron cada una de ellas como se muestra en el anexo M, se incluyeron otras descripciones como son:

- Nombre del equipo.
- Marca
- Modelo
- Código inventario
- Serial
- Proveedor
- Fecha de compra
- Localización
- Fecha próxima revisión.
- Tipo de medición.
- Mantenimiento
- Voltaje

Todos los equipos se encuentran en buen estado y funcionando de manera correcta, el mantenimiento se programará según el cronograma siguiendo el formato FAP-14 al igual que la implementación y seguimiento de la calibración con el formato FAP-15, los cuales representan el seguimiento del mantenimiento, calibración, verificación y control de los dispositivos utilizados para las determinaciones.

8 CONCLUSIONES.

Los análisis microbiológicos realizados a las muestras de agua de los 22 puntos de muestreo de la red de distribución durante los 4 meses de seguimiento evidencian que el agua suministrada por parte de la PTAP al área urbana de la ciudad de Pamplona, cumple los requisitos expuestos en la resolución 2115 de 2007 al no haber presencia de ningún Coliforme total ni *E. coli*, aunque hubo presencia de Aerobios mesófilos, los conteos no superaron el límite máximo exigido por la norma, concluyendo que el agua es apta para el consumo humano.

Las muestras de agua enviadas a analizar no mostraron la presencia de quistes de *Giardia SPP.* u ooquistes de *Cryptosporidium SPP.* evidenciando que el agua suministrada a la población no entra en contacto directo con estos protozoos.

Los parámetros físicos y químicos evaluados a las muestras de agua potable, no superaron los límites máximos permitidos mostrando cumplimiento con respecto a la normativa nacional.

El Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (% IRCA) no supero el rango de 0-5 % en los cuatro meses de análisis, y su valor promedio fue de 0.622 %, lo que demuestra que la clasificación del agua suministrada mes a mes por la PTAP no representa un nivel de riesgo para el consumo humano, concluyendo la clasificación SIN RIESGO, recomendando continuar con el control y la vigilancia del agua, para disminuir en su totalidad el porcentaje obtenido.

El diagnóstico al laboratorio de control de calidad del agua de la empresa EMPOPAMPLONA S.A E.S.P con respecto al cumplimiento de la a NTC ISO/IEC 17025:2017, permitió evidenciar deficiencias en la actualización de formatos, procedimientos y hoja de vida de los equipos, lo cual generaba confusión a la hora de consultar protocolos, programar actividades de calibración, muestreo y seguimiento del manejo de los equipos, logrando además la creación

de actas de imparcialidad y confidencialidad, reforzando con estas actividades el buen proceder y aportando al sistema de gestión de la empresa.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el correcto procedimiento y diligenciamiento de los formatos utilizados para programar los muestreos, calibración de equipos y control de ambientes; además de implementar todas las actualizaciones que contribuyan con el buen proceder y el mejoramiento de los procedimientos.

Realizar anualmente una auditoria interna en el laboratorio de control de calidad de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa, con el fin de verificar todos los procedimientos, equipos y reactivos que se manejan para el funcionamiento correcto y presentar un mejor servicio, cumpliendo lo analizado la NTC 17025 donde se sugiere integrar la auditoria del laboratorio al sistema de gestión.

Concertar con la dirección la movilización del personal que realiza los muestreos a los puntos más lejanos de la red de distribución, con el fin de garantizar la visita y cumplimiento mensual del control fisicoquímico y microbiológico.

10 GLOSARIO

AGUA: líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno, y que se constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos.

AGUA CRUDA: agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización

AGUA POTABLE: es aquella que cumple las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575 de 2007 y demás normas que lo reglamenten, es apta para consumo humano.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA: procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

CALIDAD DEL AGUA: es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA): grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA: Es el establecimiento público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas

y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos previstos en el presente decreto.

MUESTRA: Toma puntual de agua en los puntos de muestreo concertados, que refleja la composición física, química y microbiológica representativa del momento, para el proceso de vigilancia de la Autoridad Sanitaria.

MUESTREO: Proceso de toma de muestras que son analizadas en laboratorios para obtener información sobre la calidad del agua del sitio concertado en que fueron tomadas.

PUNTOS DE MUESTREO EN RED DE DISTRIBUCIÓN: sitios representativos donde se realiza la recolección de la muestra de agua para consumo humano en la red de distribución, de acuerdo con lo definido entre la autoridad sanitaria y la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano.

RED DE DISTRIBUCIÓN: conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta las acometidas domiciliarias.

TRATAMIENTO DE AGUA: Conjunto de estructuras situados antes de la red de distribución en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

11 REFERENCIAS.

- Alcaldia de pamplona. (22 de Enero de 2022). *ALCALDIA DE PAMPLONA*.
<https://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- APHA-AWWA-WPC. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales* (Vol. 17 Edición). Madrid, España: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Bautista Lenés , G. (2019). *ESTANDARIZACIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS ALCALINIDAD Y DUREZA EN UNA MUESTRA DE AGUA RECREATIVA DE LA UNIVERSIDAD MANUELA BELTRAN SEDE BOGOTÁ*. Corporación tecnológica de Bogotá, Tecnología en química industrial , Bogotá.
<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/2358/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Camacho, N. C. (junio de 2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 153-170 .
https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208
- Casas, J. G., Martínez, E. O., Benito, G. J., & Tovar, G. N. (2011). *Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Nacional de Salud. <https://doi.org/ISBN: 978-958-13-0147-8>
- Castellanos, A. R. (2021). Determinación de la calidad del agua para consumo humano proveniente de las plantas de tratamiento Cariongo y Monte dentro y la red de distribución del municipio de Pamplona, Norte de Santander. *Repositorio Hualago Universidad de Pamplona*.
<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/3550>
- Castillo, A. C. (2018). GUIA PARA LA VIGILANCIA POR LABORATORIO DE Giardia y Cryptosporidium EN MUESTRAS DE AGUA. 1-27.
<https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/guia-para-la-vigilancia-por-laboratorio-de-giardia-y-cryptosporidium-en-muestras-de-agua.pdf>
- Castro, Y. S., Zuñiga, L. A., & Alvarado, D. M. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. 31-1, 35-46. <https://doi.org/DOI: 10.18845/tm.v31i1.3495>
- Decreto 1575 . (09 de Mayo de 2007).
- Decreto 1575. (09 de Mayo de 2007).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>
- Decreto 2105. (1983). (M. D. SALUD, Ed.)
- Decreto 2323. (12 de Julio de 2006).

Decreto 475. (1998).

Decreto 780. (2016). MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL.

EMPOPAMPLONA. (2022). *EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.*

<https://www.empopamplona.com.co/institucional/resenahistorica/>

Escobar Tovar, C. (2023). Evaluación de la presencia de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. en aguas crudas y tratadas en las zonas rurales del Área Metropolitana del Valle de Aburra. *Universidad de Antioquia*.
<https://hdl.handle.net/10495/33250>

Félix Fuentes, A., Campas-Baypoli, O. N., & Aguilar-Apodaca, M. G.-M. (2007). CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE TRES COMUNIDADES RURALES DEL SUR DE SONORA (MÉXICO). *Revista de salud publica y nutrición*, 1-13.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn073f.pdf>

Gadvay, K. A. (8 de Junio de 2015). IMPLEMENTACIÓN PILOTO DE LA NORMA ISO/IEC 17025:2005 CON BASE EN UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA EMPRESA MUNICIPAL REGIONAL DE AGUA POTABLE DE ARENILLAS Y HUAQUILLAS: EMRAPAH. *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10733>

Gil, C. A., & Rojas, N. E. (Marzo de 2012). DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL LABORATORIO DE SUELOS DEL CIDAR DEPENDENCIA DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO DE LA GOBERNACIÓN DE RISARALDA (Según NTC-ISO/IEC 17025:2005). *Universidad Tecnológica de Pereira*.
<https://repositorio.utp.edu.co/items/20862a5a-1da8-4f39-93fc-8f9d10b0dd5b>

Hanna-Instruments. (2019). Manual de instrucciones Espectrofotómetro Visible Iris - HI801. Bogotá, Colombia.
https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2019/06/HI_801_Metodos_Colombia.pdf

ISO. (2022). Retrieved 21 de Octubre de 2022, from <https://www.iso.org/about-us.html>

LÓPEZ, J. E. (2010). Caracterización de la calidad del agua en la planta de tratamiento de agua potable y en la red de distribución de la ciudad de Yopal. *Universidad Industrial de Santander*.
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133761.pdf>

López, J. G., Martínez, E. O., & Benito, G. R. (2011). *Manual de métodos fisicoquímicos básicos para el análisis de aguas para consumo humano*. Bogotá D.C: Instituto Nacional de Salud. ISBN:978-958-13-0150-8

- Martinez, M. L. (2018). *GUIA PARA LA VIGILANCIA POR LABORATORIO DE Giardia y Cryptosporidium EN MUESTRAS DE AGUA*. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de salud. <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/guia-para-la-vigilancia-por-laboratorio-de-giardia-y-cryptosporidium-en-muestras-de-agua.pdf>
- Ministerio, d. l. (22 de Junio de 2007). Resolución 2115 por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencia del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf
- NTC-ISO/IEC 17025. (2017). *Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025 requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Bogotá.
- NTC ISO 9001. (2015).
- Olaya, J. A. (2018). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD SEGÚN LA NTC ISO/IEC 17025:2017 EN EL PROCESO DE MICROBIOLOGIA DE UN LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA*. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7016/1/72671-2018%20I-GC.pdf>
- OMS. (21 de marzo de 2022). *Organización mundial de la salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20segura%20y%20suficiente,y%20numerosas%20enfermedades%20tropicales%20desatendidas>.
- Orjuela, J. P. (04 de Diciembre de 2020). PROPUESTA PARA LOGRAR LA ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MÉTODOS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA CON BASE EN LA NORMA NTC-ISO/IEC 17025:2017. *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25336/1/PROPUESTA%20PARA%20LOGRAR%20LA%20ACREDITACI%C3%93N%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20INGENIERIA%20DE%20M%C3%89TODOS%20DE%20LA%20UNIVERSIDAD%20CAT%C3%93LICA%20DE%20COLOMBIA%20CON%20BASE%20EN%20LA%20NORMA>
- Parra, A. Y., & Ruiz, M. T. (2019). DIAGNÓSTICO DE UN LABORATORIO DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE SEGÚN LINEAMIENTOS DE LA NTC ISO/IEC 17025:2017, CASO DE ESTUDIO: EMPUMELGAR E.S.P. *UNIVERSIDAD DE LA SALLE*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1166
- Peñaloza, L. K. (2021). Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua potable de los diferentes puntos de la red de distribución de la planta de tratamiento de agua

del municipio de Arauca. (T. d. Pregrado, Ed.) *Repositorio Hualago Universidad de Pamplona*.

<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/3620>

Pozo, A. E. (2013). METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO IEC 17025 EN EL LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BROMATOLOGÍA PERTENECIENTE A LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS DE LA ESPOCH. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3018/1/85T00281.pdf>

RAS 2000 . (2000).

Resolución 0811. (05 de marzo de 2008). MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL.

Resolución 1619. (15 de mayo de 2015). MINISTRO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL .

Resolución 2115. (22 de Junio de 2007). MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL.

Resolucion 822. (1998). MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO.

Tovar, C. E. (2023). Evaluación de la presencia de *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp. en aguas crudas y tratadas en las zonas rurales del Área Metropolitana del Valle de Aburra. *Universidad de Antioquia*.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/33250/5/EscobarCatalina_2023_EvaluacionPresenciaCryptosporidium spp.pdf

Vargas, A. G., Reyes, M. G., Alvarado, A. I., L. S., Carmen, E. d., & Méndez, M. E. (20 de Noviembre de 2012). *CLORUROS TOTALES EN EL AGUA DE ABASTECIMIENTO*.

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8825/1/cloruros nov12.pdf>