

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE LA
VERTIENTE PAZHUAYCU PARA CONSUMO HUMANO EN EL BARRIO
MIRANDA GRANDE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE
TECNÓLOGAS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Katherine Yadira Tipán Pachacama

katherine.tipan01@epn.edu.ec

Jessenia Maribel Topón Pachacama

jessenia.topon@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. Eduardo Mauricio Vásquez Falcones, Msc.

Eduardo.vasquez@epn.edu.ec

CODIRECTORA: PhD. Patricia Lorena Haro Ruiz.

patricia.haro@epn.edu.ec

Quito, julio 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por las Srtas. Tipán Pachacama Katherine Yadira y Topón Pachacama Jessenia Maribel como requerimiento parcial a la obtención del título de tecnólogas en Agua y Saneamiento Ambiental, bajo nuestra supervisión:



**Ing. Eduardo Mauricio Vásquez
Falcones, MSC.**

DIRECTOR DEL PROYECTO

PhD Patricia Lorena Haro Ruiz

CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotras, Tipán Pachacama Katherine Yadira con CI: 1723426209 y Topón Pachacama Jessenia Maribel CI: 1725678104 declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría: que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluye en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del código orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entregamos toda la información técnicas pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociara los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a:

A mis padres Piedad y Orlando por apoyarme incondicionalmente, por todo el amor, la paciencia y los consejos diarios, porque me permitieron llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. A mi hermano Ariel por su apoyo en cada momento difícil.

A mi hijo Andersson que es el motor en mi vida, por ser la inspiración de cada día, por ser la motivación para seguir superándome y ofrecerte lo mejor.

A toda mi familia que siempre me apoyo y me aconsejo para no rendirme cuando creía que no lo lograría

A mi novio Jonathan por su apoyo y su cariño en momentos difíciles.

Katherine

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en cada paso, por Brindarme salud, fortaleza y por permitirme concluir con mi objetivo

Agradezco a mi director de proyecto Ing. Eduardo Vázquez quien, con su conocimiento, experiencia, paciencia y su tiempo nos motivó a culminar nuestro proyecto de titulación

Al Ing. Santiago Guerra quien nos ayudó y brindo sus conocimientos a lo largo de la realización del proyecto.

Agradezco a las personas del Barrio Miranda Grande por la ayuda que nos brindaron en cada etapa del proyecto especialmente al Sr. Francisco Pachacama por permitirnos realizar el estudio y haber confiado en nosotros para la realización del proyecto.

A mi compañera y amiga de tesis Mary por su esfuerzo y confianza para la realización de la tesis, gracias por tu amistad desde los inicios de la carrera. Lo logramos amiga.

A mis padres y hermano por ser el soporte en mi vida, estar conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi hijo por ayudarme a ser mejor persona y demostrarme que lo podíamos lograr juntos, todo lo que tengo te lo debo a ti.

A toda mi familia por todos los momentos difíciles en los que me apoyaron y siempre confiaron en mí, por los consejos que me ayudaban a ser mejor persona.

Katherine

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres, Julio Topón y Martha Pachacama, que siempre me han apoyado y han confiado en mí para obtener este logro. A mi mami que ha estado junto a mí apoyándome en cada momento y por no dejar que me rinda cuando todo parecía difícil. A mi papi, quien por motivos de trabajo estuvo lejos la mayor parte del tiempo, me apoyo y confió en mí.

Esto es por ustedes y gracias a ustedes, mami Martha y papi Julio, por ustedes he conseguido esto y es nuestro logro.

Jessenia Maribel

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer al Ing. Eduardo Vásquez, quien con sus conocimientos guio cada etapa de este trabajo de titulación para alcanzar los resultados esperados, gracias por solventar las inquietudes que se presentaron.

Al Ing. Santiago Guerra por el apoyo que nos brindó para poder realizar este trabajo y por ayudarnos a aclarar todas las dudas que tuvimos, gracias por su aporte.

A las personas del Barrio Miranda Grande que nos acompañaron a los recorridos que se realizó en más de una ocasión, por el apoyo e interés que mostraron.

Agradezco a mi compañera de tesis Kathy, con quien hemos formado una grandiosa amistad en esta etapa universitaria y logramos llegar a este punto, gracias amiga.

A mis padres por todo el apoyo y amor incondicional que me ha permitido conseguir este logro.

También quiero agradecer infinitamente a mi tía Lili, por el cariño que me ha brindado y por los consejos que me permitieron seguir cuando pensé que no podía. Gracias por las palabras de aliento en el momento adecuado, tus palabras reconfortaron mi alma, te quiero mucho.

Jessenia Maribel

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	20
1.1	Planteamiento del problema	20
1.2	Justificación	21
1.3	Objetivos.....	22
1.3.1	Objetivo general.....	22
1.3.2	Objetivos específicos	22
1.4	Marco teórico	23
1.4.1	Derecho al agua	23
1.4.2	Calidad de agua para consumo humano.....	23
1.4.3	Muestreo de agua.....	23
1.4.4	Normativa	25
1.4.5	Sistema de abastecimiento de agua	26
1.4.6	Elementos del sistema de abastecimiento	26
1.4.7	Accesorios del sistema de abastecimiento de agua.....	27
1.4.8	Métodos de aforo de caudales.....	28
1.4.9	Métodos para la estimación de la población futura	29
1.4.10	Crecimiento lineal de la población.....	29
1.4.11	Crecimiento geométrico de la población	29
1.4.12	Caudales de diseño	29
1.4.13	Periodo de diseño.....	30
1.4.14	Programa de simulación EPANET	31
1.4.15	Hipoclorador por goteo con flotador	31
2	METODOLOGÍA	33
2.1	Levantamiento de información	33
2.1.1	Descripción de la zona de estudio	33
2.1.2	Topografía	33
2.1.3	Coordenadas de las vertientes	34

2.1.4	Establecimiento de puntos de muestreo	34
2.2	Plan de muestreo.....	36
2.2.1	Medición de parámetros <i>in situ</i>	37
2.2.2	Parámetros en el laboratorio.....	38
2.2.3	Comparación de los resultados respecto a la norma vigente	38
2.3	Análisis de aforo de caudal en la vertiente.....	39
2.3.1	Medición con equipo caudalímetro ultrasónico.....	39
2.3.2	Medición por el método volumétrico.....	39
2.4	Demografía de los beneficiarios del agua de las vertientes.....	40
2.4.1	Cálculo de la población futura.....	40
2.4.2	Dotación de agua potable	41
2.5	Caudales de diseño	42
2.6	Procesamiento de datos de campo.....	43
2.7	Evaluación hidráulica	44
2.7.1	Procesamiento de datos topográficos	44
2.7.2	Ingreso de datos en EPANET	46
2.8	Propuesta de mejora.....	47
2.8.1	Propuesta de mejora de la línea de conducción.....	47
2.8.2	Propuesta de mejora de la red de distribución	47
2.8.3	Método de longitudes equivalentes	47
2.9	Cálculo del volumen del tanque regulador	48
2.10	Cálculos para el sistema de cloración	52
2.11	Socialización con la comunidad	53
3	Resultados y análisis de parámetros.....	54
3.1	Levantamiento de información	54
3.2	Resultados y análisis de la caracterización del agua	54
3.2.1	Resultados y análisis de los datos de parámetros <i>in situ</i>	58
3.2.2	Resultados y análisis de los datos de parámetros en el laboratorio	63
3.3	Caudal en la vertiente Pazhuaycu.....	69

3.4	Resultados de la estimación de población y caudales de diseño	70
3.4.1	Estimación de la población futura	70
3.4.2	Caudales de diseño	70
3.5	Resultados y evaluación hidráulica de la línea de conducción	71
3.6	Resultados y evaluación hidráulica de la red de distribución.....	72
3.6.1	Resultados y evaluación hidráulica para la parte centro del barrio Miranda Grande	73
3.6.2	Simulación hidráulica en EPANET para la parte norte del barrio Miranda Grande	75
3.6.3	Red de distribución completamente abierto, sistema actual.....	77
3.7	Propuesta de mejora de la línea de conducción.....	80
3.8	Propuesta de mejora de la red de distribución	83
3.9	Propuesta de sistema de cloración	87
3.10	Presupuesto referencial	87
3.11	Socializar con la comunidad y entrega de una memoria técnica	89
4	Conclusiones y Recomendaciones	90
4.1	Conclusiones	90
4.2	Recomendaciones	91
5	Referencias Bibliográficas.....	i
6	ANEXOS.....	i
ANEXO I	Hoja de campo	i
ANEXO II	Concesión de agua para el Barrio Miranda Grande	ii
ANEXO III	Cálculo de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	i
ANEXO I	Datos del análisis de Coliformes Totales y Fecales en el punto 3 (Tanque de almacenamiento de agua)	i
ANEXO II	Cálculo de caudales de la vertiente	ii
ANEXO III	Cálculo de la población futura	iii
ANEXO IV	Cálculo de caudales de diseño	vi
ANEXO V	Plano de la propuesta de mejora en el sistema de abastecimiento de agua	vii
	Línea de distribución.....	viii
ANEXO VI	Registro Fotográfico.....	ix

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sonda multiparamétrica para análisis de agua	25
Figura 2. Turbidímetro portátil HACH 2100Q.....	25
Figura 3. Medidor de caudal ultrasónico.....	29
Figura 4. Georreferenciación, fuentes de agua, línea de conducción y red de distribución. 33	
Figura 5. Quebrada Pazhuaycu.....	34
Figura 6. Punto 1, vertiente Pazhuaycu.....	35
Figura 7. Punto 2, vertiente Pazhuaycu.....	36
Figura 8. Tanque de almacenamiento de agua	36
Figura 9. Medición in situ con el sensor multiparamétrico	37
Figura 10. Medición in situ de Turbidez.....	38
Figura 11. Medición de caudal con el caudalímetro ultrasónico.....	39
Figura 12. Aforo del caudal mediante el método volumétrico	40
Figura 13. Esquema del recorrido en MapSource	45
Figura 14. Superficie de la línea de conducción	45
Figura 15. Perfil de la línea de conducción.....	46
Figura 16. Curva de consumo de agua en relación a la población del barrio Miranda Grande	50
Figura 17. Representación de la curva integral de consumo del tanque.....	51
Figura 18. Esquema del sistema de abastecimiento.....	54
Figura 19. Análisis de Temperatura.....	58
Figura 20. Análisis de pH	59
Figura 21. Análisis de Conductividad eléctrica y Sólidos Totales Disueltos	60
Figura 22. Análisis de Oxígeno Disuelto.....	61
Figura 23. Análisis de temperatura y % se saturación de O.D.....	62
Figura 24. Análisis de Turbiedad con el Turbidímetro.....	63
Figura 25. Análisis de DQO y DBO ₅	64
Figura 26. Análisis de sólidos totales, suspendidos y sedimentables	65
Figura 27. Análisis de nitritos	66
Figura 28. Análisis de nitratos	67
Figura 29. Análisis de sulfatos.....	67
Figura 30. Análisis de fosfatos	68
Figura 31. Análisis de Coliformes Totales y Fecales	69
Figura 32. Línea de condición del sistema actual	71

Figura 33. Simulación hidráulica de presiones (red de distribución parte centro)	74
Figura 34. Figura 33 Simulación hidráulica de caudales (red de distribución parte centro).	74
Figura 35. Simulación hidráulica de presiones (red de distribución parte norte)	76
Figura 36. Simulación hidráulica de caudales (red de distribución parte norte)	76
Figura 37. Simulación hidráulica de presión (Red de distribución completamente abierto).	79
Figura 38. Simulación hidráulica de caudal (Red de distribución completamente abierto) ..	79
Figura 39. Simulación hidráulica de la propuesta de la línea de conducción	82
Figura 40. Simulación hidráulica de presión (Propuesta, Red de distribución).....	85
Figura 41. Simulación hidráulica de caudal (Propuesta, Red de distribución).....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de fugas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable	30
Tabla 2. Coordenadas de las vertientes	34
Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo.....	35
Tabla 4. Población según censos	41
Tabla 5. Dotaciones recomendadas	42
Tabla 6. Puntos georreferenciados específicos	44
Tabla 7. Caudal equivalente (q).....	47
Tabla 8. Demanda base en la parte centro	48
Tabla 9. Demanda base en la parte norte.....	48
Tabla 10. Consumo de agua en 24 horas.....	49
Tabla 11. Método de la curva por gravedad.....	50
Tabla 12. Resultados del volumen del tanque	52
Tabla 13. Datos para el cálculo de Hipoclorito de Calcio	52
Tabla 14. Resultados del cálculo para la dosificación de cloro	52
Tabla 15. Volumen de la solución madre.....	53
Tabla 16. Resultados de la caracterización de agua en los puntos de muestreo	56
Tabla 17. Aforo de caudales.....	70
Tabla 18. Estimación de la población futura mediante el método geométrico	70
Tabla 19. Datos obtenidos del cálculo de consumo total y caudales.....	71
Tabla 20. Red de líneas (línea de conducción)	72
Tabla 21. Red de Nudos (Línea de conducción)	72
Tabla 22. Red de Nudos (parte centro).....	74
Tabla 23. Red de líneas (parte centro)	75
Tabla 24. Red de Nudos (parte norte)	76
Tabla 25. Red de líneas (parte norte)	77
Tabla 26. Red de Nudos (Sistema completamente abierto)	79
Tabla 27. Red de líneas (Sistema completamente abierto).....	80
Tabla 28. Red de Nudos (Propuesta línea de conducción)	82
Tabla 29. Red de líneas (Propuesta de línea de conducción).....	83
Tabla 30. Propuesta de cambio de diámetro en la red de distribución.....	84
Tabla 31. Red de líneas (Propuesta red de distribución)	86
Tabla 32. Red de Nudos (Propuesta red de distribución).....	86

Tabla 33. Presupuesto referencial	88
Tabla 34. Tiempo de llenado del recipiente	ii
Tabla 35. Población según censos	iii
Tabla 36. Cálculo de la tasa de crecimiento anual.....	iii

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Peso de hipoclorito de calcio	31
Ecuación 2. Caudal por goteo	31
Ecuación 3. Concentración máxima de la solución clorada.....	32
Ecuación 4. Caudal por el Método Volumétrico.....	40
Ecuación 5. Método geométrico, población proyectada	40
Ecuación 6. Tasa de crecimiento anual geométrico	41
Ecuación 7. Consumo Total	42
Ecuación 8. Caudal promedio	42
Ecuación 9. Caudal máximo diario.....	43
Ecuación 10. Caudal máximo horario	43

RESUMEN

Desde el año 1943 el Barrio Miranda Grande ubicado al norte de la parroquia de Amaguaña, cantón Quito, fue poblado por más o menos 30 familias que utilizaban el agua de pozos, vertientes y del manantial Pazhuaycu, producto de la filtración de la lluvia de la zona alta de Puggyuco.

A partir de 1993 la Directiva del citado Barrio promovió a través de SENAGUA, Sistema Nacional de Agua, la búsqueda de la Concesión de la vertiente. Durante más de 10 años el Señor Francisco Pachacama presidente del Barrio continuó la negociación, en vista de que no contaban con el servicio de agua potable. Pese a que se construyó con apoyo comunitario un tanque de almacenamiento y un sencillo sistema de conducción y distribución por tubería de PVC, los pobladores continúan experimentando la falta de agua lo cual da origen a situaciones de incomodidad entre los vecinos. Las fuentes están ubicadas a 1 hora de la población, Los niños y las mujeres hasta el momento son los responsables del acarreo del agua cuando hay daños en la tubería.

En este proyecto se propuso: Investigar en acuerdo con la comunidad del barrio, la calidad, la capacidad hidráulica del sistema de abastecimiento, la factibilidad de la conducción y distribución del agua a las viviendas. Son alrededor de 10 familias del barrio Miranda Grande las que consumen esta agua. Se organizó una valoración y análisis de las necesidades y problemática comunitaria. En función de este análisis se procedió a identificar los instrumentos necesarios para la medición de las diferentes características de acuerdo con parámetros físicos, químicos y biológicos. Se compararon también con las Normas Vigentes de agua: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:202; (NORMA CO 10.7-602); y Acuerdo Ministerial No. 097-A.

Las conclusiones son: la cantidad de agua de la vertiente no es suficiente para la población. La distribución del agua no está siendo equitativa para las personas. El estudio de la calidad del agua arroja niveles adecuados, es necesario la desinfección en el agua

Lograr una propuesta de tratamiento del agua y de mejora de sistema. Es sumamente importante socializar con la comunidad las conclusiones de este proyecto.

Es necesario sensibilizar a la comunidad para que evite la deforestación del área, se mantenga la vegetación nativa del lugar y no se introduzca especies foráneas. Evitar el sobre pastoreo y promover una campaña de comunicación social para evitar arrojar escombros y basuras en el sector.

PALABRAS CLAVE: Calidad de agua, línea de conducción, muestreo, tratamiento, Hipoclorador

ABSTRACT

Since 1943, Barrio Miranda Grande, located in the north of the parish of Amaguaña, Quito, has been populated by about 30 families who used water from wells, springs and the Pazhuaycu spring, a product of the filtration of rainfall from the upper area of Puguayuco.

In 1993, the Board of Directors of the aforementioned neighborhood promoted through SENAGUA, the National Water System, the search for the concession of the spring. For more than 10 years, Mr. Francisco Pachacama, president of the neighborhood, continued the negotiation, since they did not have drinking water service. Although a storage tank and a simple PVC pipe conduction and distribution system were built with community support, the residents continue to experience a lack of water, which causes discomfort among the neighbors. The sources are located 1 hour away from the town. Children and women are responsible for carrying water when there is damage to the pipeline.

In this project we proposed: To investigate in agreement with the community of the neighborhood, the quality, the hydraulic capacity of the supply system, and the feasibility of the conduction and distribution of water to the houses. An assessment and analysis of the community's needs and problems was organized. Based on this analysis, we proceeded to identify the instruments needed to measure the different characteristics according to physical, chemical and biological parameters. They were also compared with the current water standards: Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 1108:202; (NORMA CO 10.7-602); and Ministerial Agreement No. 097-A.

The conclusions are: the amount of water from the spring is not sufficient for the population. Water distribution is not being equitable for the people. The water quality study shows adequate levels; water disinfection is necessary.

To achieve a proposal for water treatment and system improvement. It is extremely important to socialize the conclusions of this project with the community.

It is necessary to sensitize the community to avoid deforestation of the area, to maintain the native vegetation of the area and not to introduce foreign species. Avoid overgrazing and promote a social communication campaign to avoid dumping debris and garbage in the sector.

KEY WORDS: Water quality, pipeline, sampling, treatment, Hypochlorinator

1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto se propuso evaluar el aprovechamiento de la vertiente Pazhuaycu, pues la comunidad no contaba con un análisis y tratamiento que garantice agua segura para los habitantes. Son alrededor de 10 familias del barrio Miranda Grande los que consumen esta agua

El agua es un recurso que sus características son primordiales para la vida. En el planeta, el agua cubre alrededor del setenta por ciento de la superficie y se encuentra en los ríos, lagos, océanos, en el aire y suelo.

El agua destinada para consumo humano debe tener un tratamiento adecuado que garantice la aceptabilidad e inocuidad, de forma que no ocasione riesgos para la salud humana. El agua potable es agua tratada y exenta de contaminantes (INEN, 2013)

En la ciudad de Quito el agua potable es del 98,50%, de acuerdo con la (EPMAPS, 2019). Hay sectores que no tiene este servicio básico, y es a donde está enfocado el presente proyecto.

En el actual proyecto se realizó la evaluación de la factibilidad de uso de las dos vertientes de agua ubicadas en la parroquia de Amaguaña, para esto se consideró la cantidad de agua que hay en las vertientes y calidad. La parroquia de Amaguaña tiene una población de 31.106 habitantes (INEC, 2010).

El barrio Miranda Grande cuenta con algunas vertientes naturales, las vertientes del presente estudio están ubicadas en la quebrada Pazhuaycu que es tributaria a la quebrada San José en la parroquia de Conocoto. No todas las vertientes han sido aprovechadas porque no existe información de la calidad y factibilidad de usos que se podría dar en el sector.

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo con la (OMS, 2018), el consumo de agua por persona al día debe ser entre 50 y 100 litros. En Ecuador según la Ley de Recursos Hídricos el consumo mínimo por habitante es de 200 L/d (Acceso y consumo de agua potable para todos, 2018). Alrededor del 70% de personas tienen agua potable en cantidad suficiente, el 30% cuenta con el servicio de agua potable en menor cantidad e incluso en varios sectores se consume agua cruda (INEC, 2016). Los ciudadanos tenemos derecho al acceso de agua segura tanto en calidad como en cantidad adecuada (Constitución de la República del Ecuador, 2018).

El Barrio Miranda Grande se localiza en la parroquia de Amaguaña. En este sector, sesenta familias tienen agua potable por el proyecto Tesalia. En los estudios y en la construcción del sistema no se consideró a toda la población del Barrio Miranda para la dotación de agua potable. Por esta razón aproximadamente siete familias utilizan el agua proveniente de la vertiente “Pazhuaycu” (EPMAPS, 2014).

Para acceder a los servicios básicos es necesario la legalización de los barrios, siendo este un requisito importante para acceder a los medidores de agua y el servicio de agua potable (Quito informa, 2021).

El agua se toma de las fuentes naturales mediante accesos precarios, no se ha evaluado la cantidad y calidad de agua de la vertiente, no se ha realizado ningún análisis físico, químico y biológico para implementar un tratamiento que garantice agua segura para la población (La Hora, 2017).

La cantidad de agua de la vertiente Pazhuaycu puede variar según la estación del año, en temporadas de lluvia el caudal aumenta, mientras que en verano disminuye y en ocasiones la cantidad de agua no abastece a los beneficiarios. Las personas tienen que realizar inspecciones en la vertiente de agua para identificar el problema, en algunos casos son vecinos de la parte alta de Miranda que tapan las tuberías. La inspección es peligrosa porque se debe recorrer dos horas de camino por una quebrada de 5 a 8 metros de profundidad con varios desniveles en todo su trayecto.

La vertiente ofrece a las familias una fuente de agua natural, pero no cuenta con un adecuado tratamiento y estarían sujetos a enfermedades por el consumo de agua cruda.

Las tuberías de polietileno de 20,93 mm fueron instaladas hace 10 años y no han recibido ningún mantenimiento, por lo que los residuos de micro plásticos podrían alterar la salud de las personas.

Existen deficiencias en el sistema de tuberías que fueron instaladas por la comunidad. Las conexiones domiciliarias no han sido construidas con el respectivo control técnico al no contar con el diseño adecuado.

1.2 Justificación

Existen factores naturales y provocados por actividades del ser humano que pueden afectar a la calidad del agua, se puede mencionar la erosión que causa el arrastre de sedimentos, actividades industriales, el uso de pesticidas en el ámbito de la agricultura, entre otros.

Además, la calidad del agua cambia con el paso del tiempo y depende de fuente de agua (Sierra Ramírez, 2011).

El consumo de agua en su estado natural implica posibles afectaciones a las personas, debido a los microorganismos acuáticos. Cuando se ingiere agua con presencia de dichos microorganismos es posible que las personas presenten enfermedades hídricas, entre las que se puede mencionar: fiebre tifoidea, disentería, tuberculosis, diarreas, entre otras. Para evitar esto, se debe implementar un tratamiento al agua, de tal forma que se elimine microorganismos patógenos (Marín Calvín, 2014).

Para determinar las características del agua se medirán variables físicas, químicas y biológicas de tal forma que se determine la calidad del agua de la vertiente "Pazhuaycu". Mediante la caracterización de agua es posible implementar el tratamiento correspondiente.

En este caso se propone realizar una filtración y desinfección para el agua para que el agua no afecte la salud de las personas, para lo cual nos guiaremos en los resultados que se obtendrán y con la normativa vigente.

Los beneficiarios directos son las personas que hacen uso del agua de la vertiente, ya que se implementará un tratamiento adecuado en el agua para asegurar agua de calidad para consumo humano.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad y aprovechamiento de la vertiente "Pazhuaycu" para consumo humano en el Barrio Miranda Grande.

1.3.2 Objetivos específicos

OBJ 1: Determinar la calidad y cantidad de agua de la vertiente "Pazhuaycu" para el Barrio Miranda Grande.

OBJ 2: Generar un plano topográfico con puntos georreferenciados para determinar la factibilidad de abastecimiento al barrio desde la fuente de agua natural.

OBJ 3: Evaluar el sistema actual y propuesta de mejora.

OBJ 4: Socializar con la comunidad y la entrega de una memoria técnica.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Derecho al agua

El agua ha sido reconocida como un derecho humano fundamental (ONU, 2010), abarca varios usos, pero se debe priorizar los usos domésticos. Los estándares del suministro de agua están a cargo de los gobiernos nacionales, mismo que deben asegurar aspectos como: disponibilidad de agua en cantidad suficiente, la calidad del agua debe ser tal que esté libre de microorganismos, y la accesibilidad del agua de forma que las instalaciones deben ser adecuadas para todos sin discriminación (Singh, 2016).

Los seres humanos usan el agua en diferentes actividades como: consumo diario, uso recreativo, riego, es por esto por lo que se debe conservar el agua. La importancia del agua radica en que, sin ella la vida como la conocemos no sería posible (Rico et al., 2008).

1.4.2 Calidad de agua para consumo humano

Hace referencia a sus características químicas, físicas y biológicas que afectan la idoneidad del agua (Li & Kati, 2011), debe tener una calidad adecuada de forma que se evite la transmisión de enfermedades, es necesario basarse en los límites máximos que constan en la Norma. Para la investigación de calidad del agua se considera los siguientes parámetros:

Parámetros físicos: potencial hidrógeno (pH), temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (OD) y turbiedad.

Parámetros químicos: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda biológica de oxígeno (DQO), sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, nitratos, nitritos sulfatos y fosfatos.

Parámetros biológicos: coliformes totales y coliformes fecales.

1.4.3 Muestreo de agua

Se basa en tomar una muestra representativa de un cuerpo de agua con la finalidad de evaluar diferentes parámetros. La técnica de muestreo cambia según la situación.

Tipos de muestras de agua: Las muestras simples o puntuales se toman en un sitio específico y solo una vez, cuando la composición de la fuente es constante en un tiempo prolongado. Las muestras compuestas se forman por varias muestras simples que se toman

en un punto en distintos tiempos. Y las muestras integradas se forman por la mezcla de muestras simples, que se toman en distintos puntos (González Valencia, 2014).

Envases para muestras: El envase donde se va a recolectar la muestra de agua debe ser de un material específico dependiendo del parámetro que se va a analizar. Los envases pueden ser de vidrio borosilicatado, de polietileno o teflón. Las botellas ámbar son fabricadas con polipropileno para evitar que la luz UV penetre al interior de la botella (Ramirez, 2007).

Identificación de muestras: Previo a la toma de muestras se debe colocar el rótulo correspondiente de identificación (Reutelshöfer & Guzmán, 2015).

Preservación de muestras: En las muestras de agua se debe añadir un preservante para evitar cambios biológicos y químicos, cuando las muestras deben ser transportadas hasta el laboratorio para su respectivo análisis. La temperatura a la que deben estar las muestras es por debajo de los 10°C (Méndez Novelo et al., 2010).

Transporte de muestras y entrega al laboratorio: Se debe verificar que los frascos estén cerrados para evitar que el agua se derrame al momento de transportar las muestras. Las muestras se las debe entregar en el laboratorio en un lapso de tiempo menor a 24 horas, luego de haber recolectado las muestras (Barreto Sáenz, 2009).

Cadena de custodia: Las muestras de agua deben estar bajo supervisión desde la toma hasta la entrega al laboratorio, deben estar correctamente identificadas, la dirección, fecha, número de muestras y código.

Materiales y equipos

Recipiente: Un recipiente de dos litros, donde se recolectó las muestras de agua en cada punto y se procedió con el análisis *in situ*.

Sonda multiparamétrica: Los sensores miden temperatura, pH, pH (mv), Potencial de Oxidación Reducción, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Turbidez, Salinidad, Sólidos Totales Disueltos, Densidad específica del agua de mar, Profundidad del agua (HORIBA, 2012), Figura 1.



Figura 1. Sonda multiparamétrica para análisis de agua

Fuente. (HORIBA, 2012)

Turbidímetro portátil: Mide la turbidez con gran exactitud y es de fácil uso. El turbidímetro HACH 2100Q, Figura 2, tiene el modo de medición RST para obtener resultados más exactos y repetibles cuando se requiera análisis de muestras de agua difíciles de rápida sedimentación (Dastec Uruguay S.R.L., 2020).



Figura 2. Turbidímetro portátil HACH 2100Q

Fuente. (Dastec Uruguay S.R.L., 2020)

1.4.4 Normativa

Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020: En la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 se establece los requisitos que el agua destinada para consumo humano debe cumplir (INEN, 2020).

Norma de diseño para sistema de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos en el área rural (NORMA CO 10.7 – 602): En esta norma se establecen límites máximos permisibles de un componente presente en el agua que garantiza no representar riesgos en la salud (NORMA CO 10.7 - 602, 2016).

Acuerdo ministerial No. 097 – A: esta norma aplica a la selección de agua captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deben cumplir con los criterios indicados en la tabla 1 de la normativa (Acuerdo Ministerial No. 097 - A, 2015)

1.4.5 Sistema de abastecimiento de agua

Se considera la infraestructura u obras de ingeniería necesaria para transportar de manera segura el agua desde la fuente natural hasta los diferentes domicilios. Los tipos de fuentes de abastecimiento de agua pueden ser subterráneos o superficiales.

Las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del suelo, la mayor parte es por la infiltración del agua de lluvia y se clasifican en aguas meteóricas, las cuales una vez infiltradas son evaporadas hacia la atmosfera, un claro ejemplo son los manantiales que tienen origen de la infiltración del agua lluvia en un punto que emerge del interior en otro punto de menor altitud (Maderrey & Jiménez, 2005).

1.4.6 Elementos del sistema de abastecimiento

Obras de captación

Captación de manantial en ladera cuando el agua aflora en forma horizontal por un solo punto y sobre un área pequeña. La construcción de la obra de captación debe contar con la protección de afloramiento, filtración gruesa, almacenamiento de agua e Incluye tubería de PVC para la toma de agua (Martínez & Luna , 2012)

Obras para el transporte de agua

Conducción a gravedad.

No se requiere el uso de bombas ni energía externa para transportar agua de un lugar a otro. La pendiente determina la rapidez y la facilidad con la que fluye el agua, el tipo de tubería que se utiliza, la distancia que debe recorrer el agua hasta el punto de destino y la característica del terreno. La principal característica de la conducción por gravedad es que la altura de la captación de agua tiene que ser superior a la del tanque de almacenamiento. la conducción es a través de conductos cerrados (tuberías) o por canales abiertos (Pérez, 2020).

Tratamiento de agua

Tratamiento convencional: Se realiza un análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales se comparan con la normativa y de acuerdo con los límites permisibles se implantará un tratamiento convencional (TULSMA, 2017).

Desinfección: Es un proceso de tratamiento para eliminar o reducir los agentes microbianos del agua cruda. Este tratamiento de agua se implementa basándose en los datos obtenidos después de un análisis de calidad del agua (TULSMA, 2017).

Almacenamiento

Presas y embalses: un embalse es una acumulación artificial de agua como producto de la intervención humana para el almacenamiento del agua. El objetivo es garantizar la disponibilidad del agua en épocas de mayor demanda (Adler, 2006).

Tanques: tiene la función de almacenar un caudal suficiente de agua para la población. El diseño y construcción del tanque dependerá de las condiciones del terreno y pueden ser: tanques elevados, apoyados, semienterrados y enterrados.

Red de distribución

La red de distribución de agua consta de tuberías y elementos de control que permiten el aprovisionamiento de agua a los usuarios. Se compone de la red de transporte que tiene tuberías con ramales para enlazar depósitos o redes de distribución correspondiente a áreas dispersas, red principal donde se instala acometidas e hidrantes, red secundaria donde solo se instala acometidas y ramales de acometida que tiene tuberías y válvulas que unen la red pública con la red interior del domicilio (Pradana et al., 2018).

Red ramificada: tiene una tubería principal de donde parten tuberías de segundo orden, de las cuales se derivan otras de tercer orden, etc., considerando que los diámetros cada vez son menores. Tiene la desventaja de que, cuando hay una rotura en la tubería es necesario el corte de la red principal (Roberes, 2016).

Red en malla: es una red que forma circuitos cerrados mediante la interconexión existente entre ramales. La ventaja de este tipo de red es que, cuando exista una rotura de una tubería, la cantidad de afectados será menor (Santos, 2015).

1.4.7 Accesorios del sistema de abastecimiento de agua

Tienen el objetivo de transportar agua de la captación, ya sea a gravedad o por bombeo, a un tanque de almacenamiento o planta de potabilización. Se considera estructuras de operación y accesorios (SIAPA, 2014).

Tuberías: las tuberías pueden ser de diferente material como: PVC, cobre y metal. Las más utilizadas son tuberías de cloruro de polivinilo (PVC), tubería de polietileno reticulado (PEX), tubería de cloruro de polivinilo clorado (CPVC), debido a que no tiene costos elevados y por la variedad de diámetros disponibles (HIDROTEC , 2021).

Válvulas: las válvulas son aparatos mecánicos que se utiliza para iniciar, detener o regular la circulación de fluidos a través de piezas movibles que permiten la apertura o cierre de forma parcial o total uno o más orificios. Los tipos de válvulas pueden ser de bola, compuerta, mariposa, de aire, regulación y control (UAB, 2019).

1.4.8 Métodos de aforo de caudales

Método volumétrico: Es un método que se utiliza para aforar caudales de corrientes pequeñas y es necesario un cronómetro y un contenedor de volumen conocido. El caudal se puede calcular con los datos del tiempo que tarda en llenarse el contenedor, el inicio el cronómetro debe ser igual al momento en que empieza a llenarse el recipiente y se detiene cuando el agua haya llegado a una determinada medida del recipiente. Esto se debe realizar al menos tres repeticiones, de donde se registrará diferentes tiempos y se promediará para el cálculo del caudal. Es un método confiable y sencillo, pero se debe evitar pérdidas de agua al momento de realizar el aforo (González Valencia, 2014).

Aforos químicos: Es un método que se utiliza cuando no es posible determinar la sección y la velocidad, como por ejemplo en un río. Se arroja al cauce una sustancia de concentración específica, la cual se diluye y aguas abajo se toma muestras para el respectivo análisis. Si la dilución de la sustancia es mayor, el caudal también será mayor (Basán, 2008).

Equipos para el aforo de caudales

Medidor de caudal ultrasónico: Trabaja con transductores de sujeción para medir el flujo del líquido que pasa por un tubo cerrado, el microprocesador controla la medición de flujo. El instrumento funciona sobre diferentes temperaturas del fluido (VCP S.A.C., 2015).



Figura 3. Medidor de caudal ultrasónico

Fuente. (VCP S.A.C., 2015)

1.4.9 Métodos para la estimación de la población futura

En un proyecto, es importante considerar el número de personas que serán beneficiadas. La población actual se toma de los datos del censo (INEC, 2010). También se determina estadísticamente la población futura.

1.4.10 Crecimiento lineal de la población

Considera un crecimiento absoluto constante en cuanto al número de individuos en una población. La población tiene un comportamiento lineal y es por esto que se considera una razón de cambio constante. Es recomendable utilizar este método para periodos cortos de tiempo, es decir, menos de dos años (López Cualla, 2003).

1.4.11 Crecimiento geométrico de la población

Consiste en un crecimiento porcentual constante en el tiempo, el porcentaje de crecimiento es constante en el tiempo, se puede utilizar para periodos largos (López Cualla, 2003).

1.4.12 Caudales de diseño

Consumo total: es el volumen de agua que utiliza una persona en el día, para el cálculo se considera el porcentaje de pérdidas y la dotación de agua, se expresa como L/hab*d.

Tabla 1. Porcentaje de fugas para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas
Ia Y Ib	10%
Ila y Ilb	20%

Fuente. (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

Caudal promedio diario: se lo obtiene de los registros de consumo durante un año de los habitantes.

Caudal máximo diario: es el caudal máximo en 24 horas en un año. El consumo máximo que se estima que la población realice en un día, además el cálculo se realiza con un factor de ampliación (k_1). Se calcula con la siguiente ecuación.

Según la Norma (INEN), el factor de variación k_1 para la determinación del caudal máximo diario se toma de sistemas existentes o es recomendable utilizar los valores siguientes:

$$k_1 = k_{\text{máx. día}} = 1,3 - 1,5$$

Para el cálculo del caudal máximo diario se ha tomado el valor del coeficiente de variación $k_1 = 1,4$.

Caudal máximo horario: Es el caudal máximo durante una hora en un período de un año. El máximo gasto requerido en una hora determinada del día.

Según (INEN, 1992), para el cálculo del caudal máximo horario, el coeficiente de variación se toma en cuenta con estudios de sistemas existentes, de no ser posible esto, es recomendable los siguientes valores:

$$k_2 = k_{\text{máx. hor}} = 2 - 2,3$$

Para el cálculo del caudal máximo horario se ha tomado el coeficiente de variación de $k_2=2,2$.

1.4.13 Período de diseño

El tiempo que una obra determinada va a prestar un servicio eficiente además se puede realizar modificaciones de acuerdo con las necesidades del caso. El período de diseño dependerá de las proyecciones de la población futura y con las características de dicho sistema. Se considera la capacidad del sistema para la demanda futura, durabilidad de los materiales, calidad de construcción, calidad de operación y mantenimiento.

1.4.14 Programa de simulación EPANET

Es un programa de simulación del comportamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de agua. Se puede analizar los caudales en las tuberías, la presión en cada nudo, el nivel en depósitos, esto en el periodo de simulación en diferentes intervalos de tiempo. También es posible simular el tiempo en que el agua permanece en la red y la procedencia desde las diferentes fuentes de suministro. Entre las características de los modelos hidráulicos que se pueden simular en EPANET se tiene las siguientes: no hay un límite del tamaño de la red que pueda procesarse; se puede calcular pérdidas de carga con las fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning; se considera pérdidas menores en accesorios, codos, entre otros; considera diferentes válvulas. Los elementos que se toman en cuenta en EPANET son: embalses, depósitos, nodos, tuberías, válvulas y bombas (Rossman, 2017).

1.4.15 Hipoclorador por goteo con flotador

Tiene varias ventajas como: goteo constante de la solución clorada, dosificación constante de cloro y facilidad de preparación de solución clorada. También existe limitaciones como: el periodo de recarga es de 15 días máximo y es necesario el cambio de manguera por lo menos 1 vez al año.

Para los cálculos necesarios se debe utilizar las siguientes ecuaciones:

$$P(gr) = \frac{Q_i(L/s) \times T(segundos) * C_2(mg/L)}{10 * \%Cloro}$$

Ecuación 1. Peso de hipoclorito de calcio

Fuente. (COSUDE, 2018)

Donde:

- Q_i Caudal de ingreso al reservorio
- T Periodo de recarga del tanque de solución clorada
- C₂ Valor promedio de concentración, determinada en laboratorio
- % Cloro Hipoclorito de calcio al 70%.

$$Q_g = \frac{V_{tc}(ml)}{T(min)}$$

Ecuación 2. Caudal por goteo

Fuente. (COSUDE, 2018)

Donde:

V_{tc} Volumen del tanque del Hipoclorador por goteo con flotador, en mililitros

$T(\text{min})$ Tiempo de goteo (igual al período de recarga), en minutos

$$C_1 = \frac{P(\text{mg}) * (\% \text{ Cloro})}{V_{tc}}; C_1 \leq 5000 \text{ mg/L}$$

Ecuación 3. Concentración máxima de la solución clorada

Fuente. (COSUDE, 2018)

Donde:

$P(\text{gr})$ Peso de hipoclorito de calcio

% de cloro Concentración de hipoclorito de calcio, en este caso 70

V_{tc} Volumen de solución madre del tanque del Hipoclorador por goteo con flotador

Es importante verificar que la concentración de la solución clorada no sea mayor a 5000 ppm, de forma que se evite cristalización de cloro en la manguera.

2 METODOLOGÍA

2.1 Levantamiento de información

2.1.1 Descripción de la zona de estudio

El barrio Miranda Grande se ubica al norte de la parroquia de Amaguaña. Estas tierras son producto de la donación hacia los moradores por años de trabajo en la hacienda Miranda. La quebrada Pazhuaycu, en donde se ubican las vertientes del estudio, es tributaria de la quebrada San José (GADP AMAGUAÑA, 2015).

El agua de las vertientes es destinada para el suministro de agua para varias viviendas en el Barrio Miranda Grande que no cuentan con el servicio de agua potable. En la Figura 4 se puede observar la ubicación de las vertientes, la línea de conducción y distribución de agua.

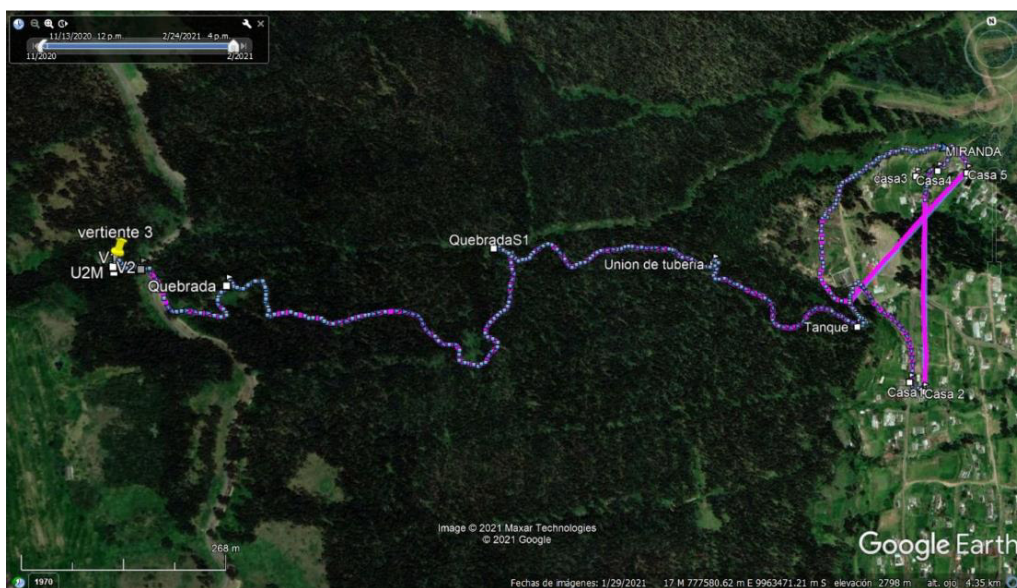


Figura 4. Georreferenciación, fuentes de agua, línea de conducción y red de distribución

2.1.2 Topografía

La zona de estudio es estable desde el punto de vista geológico, esto permitiría la realización de un proyecto de la red de distribución, cuenta con buena permeabilidad y alta escorrentía ya que está regada por una serie de afluentes menores y quebradillas (Baquero, 2013). Sin embargo, luego de la visita técnica se pudo evidenciar que el terreno es irregular y de difícil acceso para la población debido a que se tiene que atravesar un ecosistema (bosque mixto) con vegetación predominantemente de eucalipto y otra vegetación nativa.



Figura 5. Quebrada Pazhuaycu

2.1.3 Coordenadas de las vertientes

En la Tabla 2 se encuentra las coordenadas de posición de la vertiente en la superficie terrestre como la latitud (norte y sur) y longitud (este y oeste) tomadas de Google Earth.

Tabla 2. Coordenadas de las vertientes

	Latitud	Longitud
Punto 1 (Vertiente 1)	-0.326028°	-78.515130°
Punto 2 (Vertiente 2)	-0.326028°	-78.515130°

2.1.4 Establecimiento de puntos de muestreo

Los puntos de monitoreo del agua se identificaron por medio del análisis del sistema de abastecimiento actual, con el recorrido de campo que se realizó. Se establecieron tres puntos de monitoreo para tomar las muestras de agua.

La localización de los puntos se obtuvo con el sistema de posicionamiento global (GPS), en la memoria de almacenamiento del GPS se grabó y guardó cada punto seleccionado. La información de las coordenadas geográficas de los tres puntos se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Coordenadas de los puntos de muestreo

Descripción	Nombre	Este	Norte	Altura (msnm)
V1	Vertiente Pazhuaycu 1	776653	9964949	3027
V2	Vertiente Pazhuaycu 2	776647	9963947	3029
Tanque	Tanque de Almacenamiento	777853	9963752	2762

Para establecer los puntos de muestreo se consideraron varios criterios como: la identificación del lugar de muestro, la accesibilidad al punto de monitoreo para que la toma de muestra sea rápida y segura, la representatividad de la muestra para evitar errores al momento del análisis

Punto 1: Se identificó el primer punto de la captación de agua que corresponde a la vertiente Pazhuaycu 1 y se observa en la Figura 6



Figura 6. Punto 1, vertiente Pazhuaycu

Punto 2: El punto 2 de la captación de agua se observa en la Figura 7, que corresponde a la vertiente Pazhuaycu 2.



Figura 7. Punto 2, vertiente Pazhuaycu

Punto 3: El punto 3, Figura 8, corresponde al tanque de almacenamiento donde se recolecta el agua de los dos puntos de captación, mediante un sistema de tuberías.



Figura 8. Tanque de almacenamiento de agua

2.2 Plan de muestreo

El plan de muestreo de este estudio incluyó un procedimiento de selección de las vertientes con un criterio de decisión, se realizó un muestreo simple en campo. Se consideraron las recomendaciones y sugerencias de la norma INEN 2169:2013 para el llenado de recipiente, refrigeración de muestras, adición de conservantes y transporte de muestras, de forma que se logre obtener datos confiables. Se registraron los datos de muestreo en una hoja de campo, ANEXO I.

El plan de muestreo permite conservar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las muestras de agua que se recolecten. Se tomó en cuenta guías de muestreo donde se encuentra la información necesaria para el análisis de parámetros.

Para la medición de volumen de agua en las vertientes se tomó en cuenta el método volumétrico considerado para caudales pequeños.

2.2.1 Medición de parámetros *in situ*

Este estudio se planteó conocer la calidad del agua de las vertientes para consumo humano, para este fin se identificó los siguientes parámetros *in situ*: temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto a fin de definir con la comunidad mecanismos de optimización de este líquido.

Sonda multiparamétrica.

La sonda multiparamétrica (Figura 9) se usó para analizar varios parámetros en los 3 puntos seleccionados por muestreo. En cada punto se desarrolló el mismo procedimiento. Se recolectó agua del punto 1 en un recipiente de dos litros, pero se llenó hasta el nivel de 1 litro, se procedió a limpiar la sonda, se introdujo el sensor multipar en el agua, se espera unos minutos hasta que se visibilicen los datos en la pantalla LCD.



Figura 9. Medición *in situ* con el sensor multiparamétrico

Turbidímetro

Para la medición de turbidez se tomó 30 ml de muestra de agua de cada una de los puntos de muestreo. Respetando el criterio de decantación del agua. Se utilizó el turbidímetro previamente calibrado, se utilizó la celda de medición donde se colocó la muestra de agua hasta el nivel indicando, se tomó los valores del turbidímetro.



Figura 10. Medición in situ de Turbidez

2.2.2 Parámetros en el laboratorio

Para el análisis de laboratorio de los 3 puntos de muestreo se examinó los siguientes parámetros: DQO, DBO₅, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos. Estos parámetros fueron seleccionados acorde a los objetivos planteados en este estudio. Se seleccionó los que identifican la coagulación-floculación para en un futuro saber en tipo de tratamiento que se tendría que dar al agua, los parámetros de filtración se escogieron para conocer la factibilidad de utilización de filtros, los parámetros de identificación de coliformes fecales y totales para la desinfección. Se desarrolló con la Secretaría del Ambiente. Un funcionario de la secretaria del ambiente recibió las muestras. Sin embargo, los análisis de coliformes fecales y totales los realizamos en un laboratorio particular (CENTROCESAL).

Se etiquetaron los frascos con nombres. Códigos y nombre del muestreador de las fuentes para entregar al laboratorio. Se recolectaron las muestras en cada fuente con dos frascos de cristal color ámbar uno de 2 litros y el otro de 500 mililitros, se colocó 12 gotas de ácido sulfúrico en el frasco de 500 ml para preservar la muestra.

2.2.3 Comparación de los resultados respecto a la norma vigente

Los resultados de las muestras *in situ* y laboratorio se relacionará con las normas Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2020; (NORMA CO 10.7-602); y Acuerdo Ministerial No. 097-A

Se realizó esta comparación para comprobar si los resultados obtenidos en los tres puntos de monitoreo están dentro de los límites máximos permisibles de las normas mencionadas.

2.3 Análisis de aforo de caudal en la vertiente

2.3.1 Medición con equipo caudalímetro ultrasónico

La medición del caudal se realizó en las vertientes Pazhuaycu y en el tanque de almacenamiento, considerando un tramo de tubería en cada punto. Se limpió la superficie del tramo de tubería seleccionado para realizar la medición. En el medidor ultrasónico se ingresó el dato de material de la tubería y el diámetro, se obtuvo la distancia de separación entre los dos sensores ultrasónicos. Se consideró la dirección del flujo para la ubicación de los sensores, el sensor como emisor es de color rojo y el sensor como receptor de color azul. Para la medición de caudal se añadió gel conductor en cada sensor y se colocó en la tubería para realizar la medición. No se logró obtener los resultados porque se detectó mala señal debido a que el flujo de agua en la tubería no era constante, en la Figura 11 se presenta la información registrada en el caudalímetro (Tecnometrica, 2019).



Figura 11. Medición de caudal con el caudalímetro ultrasónico

2.3.2 Medición por el método volumétrico

Para la medición de caudal se utilizó el método volumétrico, que se utiliza caudales pequeños. Se necesita un cronómetro y un recipiente de envase conocido para el llenado de agua.

Para conocer el caudal en la captación de agua se utilizó un recipiente de dos litros para llenarlo con agua y con ayuda de un cronómetro se registró el tiempo que tarda en llenarse el envase. Se realizó cuatro repeticiones para promediar el tiempo y calcular el caudal con la Ecuación 4. En la Figura 12 se puede observar el aforo de caudal mediante el método volumétrico.

El caudal se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Ecuación 4. Caudal por el Método Volumétrico

Fuente. (ICC, 2017)

Donde:

Q	Caudal en m ³ /s
V	Volumen en m ³
T	Tiempo en segundos



Figura 12. Aforo del caudal mediante el método volumétrico

2.4 Demografía de los beneficiarios del agua de las vertientes

Para obtener el dato de la población de diseño se tomó en cuenta la población beneficiada del agua de la vertiente Pazhuaycu, son 7 familias que hacen las que hacen uso del agua y se consideró que cada familia está conformada por 4 o 5 personas, este dato fue proporcionado por el encargo de la distribución de agua a la población.

2.4.1 Cálculo de la población futura

Para calcular la población futura se utilizó el método geométrico, considerando que en el barrio Miranda Grande existe un crecimiento porcentual constante en el tiempo.

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Ecuación 5. Método geométrico, población proyectada

Fuente. (López Cualla, 2003)

En donde:

- P_f Población proyectada
- P_{uc} Población del último censo
- r Tasa de crecimiento anual
- T_f Año de proyección
- T_{uc} Año del último censo

Para obtener la tasa de crecimiento anual geométrico (r), se empleó la siguiente ecuación:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1$$

Ecuación 6. Tasa de crecimiento anual geométrico

Fuente. (López Cualla, 2003)

En donde:

- r Tasa de crecimiento anual geométrico
- P_{uc} Población del último censo
- P_{ci} Población del censo inicial
- T_{uc} Año del último censo
- T_{ci} Año de censo inicial

Para el cálculo de la tasa anual de crecimiento se consideró los datos de la población de la Parroquia de Amaguaña, que se encuentran en la Tabla 4. Se efectuó una proyección de la población futura para el año 2050.

Tabla 4. Población según censos

	POBLACIÓN SEGÚN CENSOS						
	1.950	1.962	1.974	1.982	1.990	2.001	2010
PICHINCHA	381.982	553.665	885.078	1.244.330	1.516.902	2.388.817	2.576.287
DMQ	314.238	475.335	768.885	1.083.600	1.371.729	1.839.853	2.239,19
ALANGASI	3.646	1.670	4.878	7.530	11.064	17.322	24.251
CONOCOTO	5.419	6.430	11.960	19.884	29.164	53.137	82.072
GUANGOPOLO	0	914	1.270	1.622	1.670	2.284	3.059
LA MERCED	0	0	2.470	3.431	3.733	5.744	8.394
PINTAG	5.986	6.516	7.483	9.335	11.484	14.487	17.930
AMAGUAÑA	7.832	9.978	12.066	16.472	16.779	23.584	31.106

Fuente. (INEC, 2010)

2.4.2 Dotación de agua potable

La dotación, corresponde al caudal de agua consumido al día por cada habitante para consumo doméstico. Para el estudio de factibilidad se tomó datos de la Tabla 5, donde se

establecen las dotaciones de agua recomendadas. Se consideró un consumo neto de 160 L/d, que se considera para poblaciones menores de 5000 habitantes (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992).

Tabla 5. Dotaciones recomendadas

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (L/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente. (CPE INEN 5 Parte 9-1, 1992)

2.5 Caudales de diseño

Para determinar los caudales de diseño se ha calculado el consumo total, donde se consideró un porcentaje de pérdida del 20 % y el consumo neto de 160 Litros/ habitante*día. Se aplicó la Ecuación 7.

$$\text{Consumo Total (L/hab * d)} = \frac{\text{Consumo Neto}}{1 - \%P}$$

Ecuación 7. Consumo Total

Fuente. (López Cualla, 2003)

El caudal medio diario se obtuvo aplicando la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para lo cual se tomó en cuenta el dato obtenido del consumo total, población y porcentaje de pérdidas.

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{\text{Consumo Total (L/hab * d)} * \text{Población (hab)}}{86400 \text{ s}}$$

Ecuación 8. Caudal promedio

Fuente. (López Cualla, 2003)

Para el cálculo del caudal máximo diario se consideró el factor de variación establecido en la normativa y se utilizó la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$Q_{m\acute{a}ximo\ diario} = k_1 * Q_{promedio}$$

Ecuación 9. Caudal máximo diario

Fuente. (López Cualla, 2003)

El caudal máximo horario se obtuvo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y con el coeficiente de variación.

$$Q_{m\acute{a}ximo\ horario} = k_2 * Q_{m\acute{a}ximo\ diario}$$

Ecuación 10. Caudal máximo horario

Fuente. (López Cualla, 2003)

2.6 Procesamiento de datos de campo

Se realizó el recorrido con un GPS desde la captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, y red de distribución de agua. Durante este recorrido se pudieron identificar puntos importantes en el sistema de abastecimiento para posteriormente poder evaluarlos en un programa de simulación hidráulica.

El agua se capta de dos vertientes, de cada una de ellas parte una tubería de 26.64 mm de diámetro de PVC. El sistema de abastecimiento (vertiente – población) tiene una longitud de 1000m. Esta tubería fue colocada hace 10 años, se rompe o se desune por la presión del agua reiteradamente de forma natural y también por actos de sabotaje de vecinos descontentos por la falta de agua. La organización comunitaria cada vez que se rompe la tubería la restauran de una manera muy artesanal. Estas dos tuberías se unen con un conector tipo te de PVC a unos 4 metros de la captación dando lugar a tubería que llega hasta el tanque de almacenamiento que tiene un volumen de 24,25 m³, dato obtenido en la visita técnica. La línea de conducción desde la captación hasta el tanque almacenamiento no presenta válvulas ni accesorios en todo el tramo.

La red de distribución es una red ramificada y tiene un diámetro de tubería de 20,93 mm, para el análisis se ha identificado como tramo I y tramo II. El tramo I es la tubería de las dos vertientes al tanque el tramo 2 del tanque dos tuberías a la población al inicio de cada una está colocado una válvula de bola que permite el cierre y apertura del agua.

La población se ha organizado para la provisión y abastecimiento del agua, pero esta planificación no siempre se logra de una manera armónica

2.7 Evaluación hidráulica

Se evaluó la capacidad hidráulica para la línea de conducción y la red de distribución, tomando en cuenta la información topográfica, hidrológica y las características de las tuberías de la zona de estudio.

2.7.1 Procesamiento de datos topográficos

Se registraron 413 puntos georreferenciados con el GPS del recorrido de los cuales se identificaron puntos específicos (Tabla 6).

Tabla 6. Puntos georreferenciados específicos

P	N	E	Z	D
Punto	Norte	Este	Elevación	Descripción
1	9963949	776653	3027	V1
3	9963947	776647	3029	V2
8	9963943	776678	3006	Entrada
34	9963908	776794	2965	Quebrada
99	9963939	777211	2896	QuebradaS1
168	9963885	777589	2826	Unión de tubería
199	9963752	777853	2762	Tanque
247	9963645	777961	2705	Casa1
258	9963621	777984	2696	Casa2
275	9964027	778051	2681	Casa3
278	9964031	778068	2682	Casa4
299	9964022	778125	2679	Casa5

Los datos del GPS se analizaron en MapSource y el esquema que se obtuvo se presenta en la Figura 13. En este esquema se pudo identificar cada punto que se registró en el recorrido.



Figura 13. Esquema del recorrido en MapSource

Trazado de línea de conducción

Los puntos guardados en el GPS se descargaron en su respectivo programa. Se procedió a importar los puntos desde la vertiente 1 (V1) hasta el tanque (1-199) a Excel para posteriormente ingresar los datos a CIVIL3D, cada tramo denominada tracks se unió con polilíneas formando la línea de conducción.

Se elaboró la superficie (Figura 14) y el perfil (Figura 15) de la línea de conducción realizada en Civil 3d. Se pudo constatar que de los puntos que se ha determinado en el recorrido realizados con el GPS.

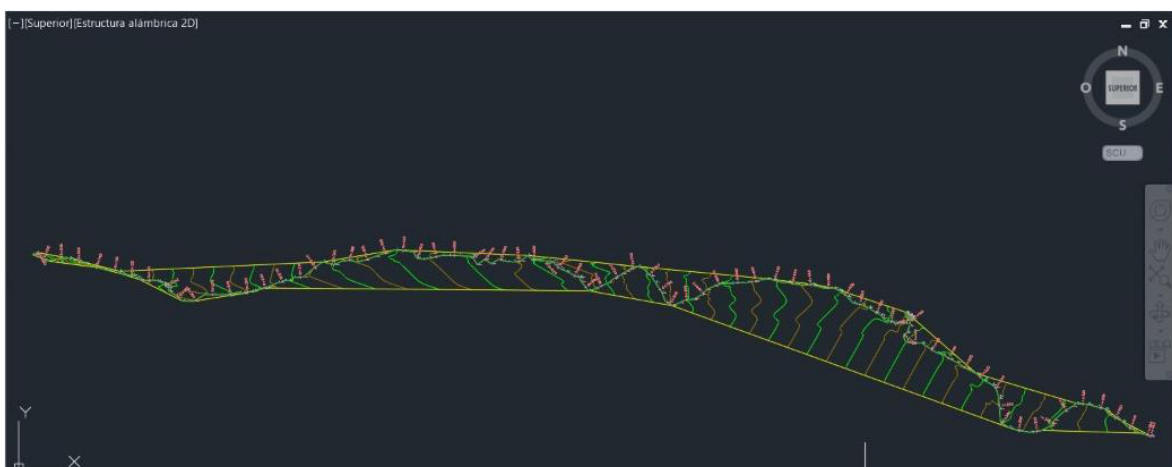


Figura 14. Superficie de la línea de conducción

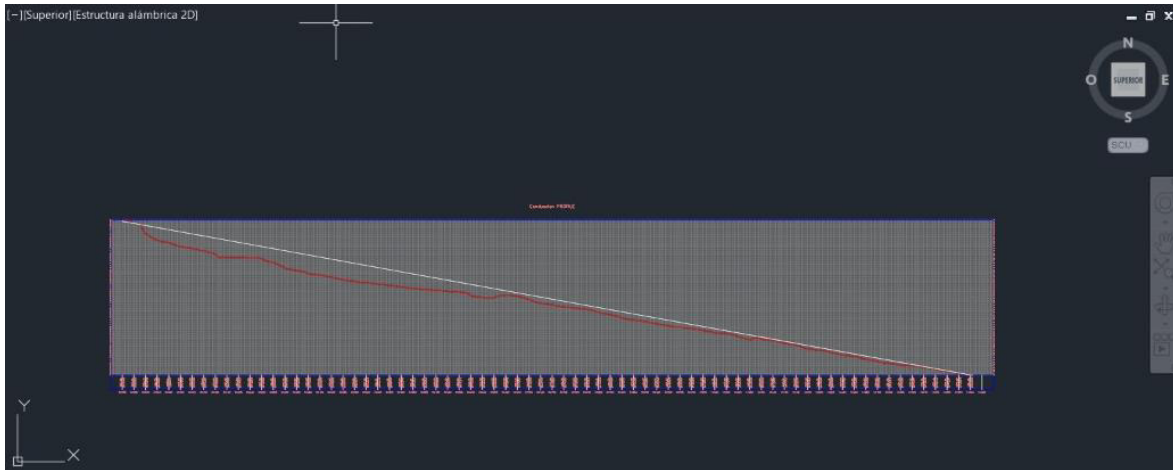


Figura 15. Perfil de la línea de conducción

Trazado de red de distribución

En la simulación hidráulica de la red de distribución se consideró el inicio de la distribución desde el tanque del cual nacen dos tuberías conectada a dos válvulas de bola que sirven para regular el flujo del agua que llega a la parte norte y centro del barrio Miranda Grande.

Se procedió a importar los puntos desde el tanque de almacenamiento hasta la población (199-299) a Excel para posteriormente ingresar los datos a CIVIL3D, cada tramo denominada tracks se unió con polilíneas formando la red de distribución.

2.7.2 Ingreso de datos en EPANET

Para la línea de conducción se importó los datos de CIVIL 3D a EPANET en donde se ubicó un embalse/vertiente y se colocó la altura, posteriormente se colocó el tanque de almacenamiento y su respectiva altura, también se tomó en cuenta el diámetro de la tubería. Para identificar el valor de caudal, velocidad y presión del agua. Se tomó en cuenta la ecuación de Darcy-Weisbach para simular el comportamiento hidráulico considerando el material de la tubería que es de PVC de acuerdo con la norma (EMAAP, 2008) el coeficiente de rugosidad es de 0.12mm para tuberías de agua potable.

Para la red de distribución, que va del tanque de almacenamiento de agua hasta los diferentes puntos de distribución, se utilizó los datos de Civil 3D que se importaron a EPANET para obtener el esquema ya mencionado. Se ubicó el tanque de almacenamiento con la altura correspondiente y de ingresó el diámetro de la tubería. Se empleo la ecuación de Darcy-Weisbach y la rugosidad de 0.12 mm de acuerdo a la norma que se especifica anteriormente.

Se realizaron tres análisis de la red de distribución, en donde de ingresó los diámetros, alturas y rugosidad:

La primera simulación hidráulica en EPANET se realizó en la parte norte del barrio, impidiendo el paso de agua con la válvula de bola para la parte centro. Con esta información se pudo identificar las presiones en la tubería, caudal y velocidades.

La segunda simulación hidráulica se realizó en la parte centro del barrio, impidiendo el paso de agua con la válvula de bola para la parte norte.

La tercera simulación hidráulica en EPANET se realizó permitiendo el paso de agua a la parte norte y centro del barrio, y se pudo identificar las presiones en la red de distribución.

2.8 Propuesta de mejora

2.8.1 Propuesta de mejora de la línea de conducción

En el perfil que se obtuvo en Civil 3D, se identificaron los puntos considerando la altura donde se propone instalar válvulas de aire en los sitios más altos para evitar la reducción del área del flujo del agua, aumento de la pérdida de carga y disminución del gasto. En los puntos bajos se propone instalar válvulas de compuerta para realizar la limpieza de los sedimentos que se acumulan en las zonas bajas de la línea de conducción (OPS/CEPIS, 2004).

2.8.2 Propuesta de mejora de la red de distribución

La propuesta de mejora de la red de distribución, en EPANET se cambió los diámetros en diferentes secciones y se realizaron cortes (nodos) cada 50 m para conocer la presión en ese punto y la velocidad en la tubería. Se identificó que la presión mínima en las zonas rurales debe ser de 10mca y velocidad mínima sea de 0,45 m/s de acuerdo con la normativa (EMAAP, 2008).

2.8.3 Método de longitudes equivalentes

Se emplearon los datos del caudal máximo horario y la distancia total de la red de distribución, para la determinación del caudal equivalente. Esto se calculó con cada tramo de la red de distribución, en este caso cada 50 m. En la Tabla 7 se presenta el caudal equivalente para el cálculo de la demanda base.

Tabla 7. Caudal equivalente (q)

Caudal Máximo Horario l/s	Longitud total m	q l/s*m
0,73	1083,35	0,000673836

Se realizó el cálculo de la demanda base en el tramo I y en el tramo II, en la Tabla 8 y Tabla 9. se presentan los resultados de la demanda base para cada nodo en la red de distribución.

Tabla 8. Demanda base en la parte centro

ID nodo	Longitud m	Caudal l/s
n2 – n3	58,42	0,0394
n3 – n4	60,62	0,0408
n4 – n5	70,61	0,0476
n5 – n6	76,02	0,0512
n6 – n7	46,97	0,0317
Longitud total	312,64	

Tabla 9. Demanda base en la parte norte

ID nodo	Longitud m	Caudal l/s
n2 – n8	52,04	0,0351
n8 – n9	51,57	0,0347
n9 – n10	52,54	0,0354
n10 – n11	53,64	0,0361
n11 – n12	53,26	0,0359
n12 - n13	53,57	0,0361
n 13 – n14	54,28	0,0366
n14 – n 15	52,29	0,0352
n15 - n16	54,45	0,0367
n16 - n17	54,08	0,0364
n17 - n18	34,82	0,0235
n18 – n19	47,51	0,0320
n19 – n20	21,96	0,0148
n20 - n21	58,17	0,0392
n21 – n22	76,53	0,0516
Longitud total	770,71	

2.9 Cálculo del volumen del tanque regulador

El volumen del tanque se estimó con los datos de consumo de la población, debido a que no existe un registro específico del consumo de agua en este sector, se ha estimado las costumbres de la población. Es un sector rural y las actividades empiezan muy temprano, el consumo de agua es mayor a horas de la mañana entre las 4h00 hasta las 9h00, luego a las 11h00 hasta las 14h00 y finalmente en horas de la noche a las 16h00 hasta las 20h00.

En la Tabla 10 se presentan la información del consumo de agua en 24 horas y en la Figura 16 se presenta la gráfica de la curva de consumo.

Tabla 10. Consumo de agua en 24 horas

HORA	CONSUMO (%QMH)
1	1
2	1
3	1
4	4
5	4
6	6
7	9
8	7,5
9	6
10	3
11	4
12	6,5
13	9
14	4
15	2
16	2,5
17	2
18	3,5
19	5
20	9
21	7
22	1
23	1
24	1
	100%

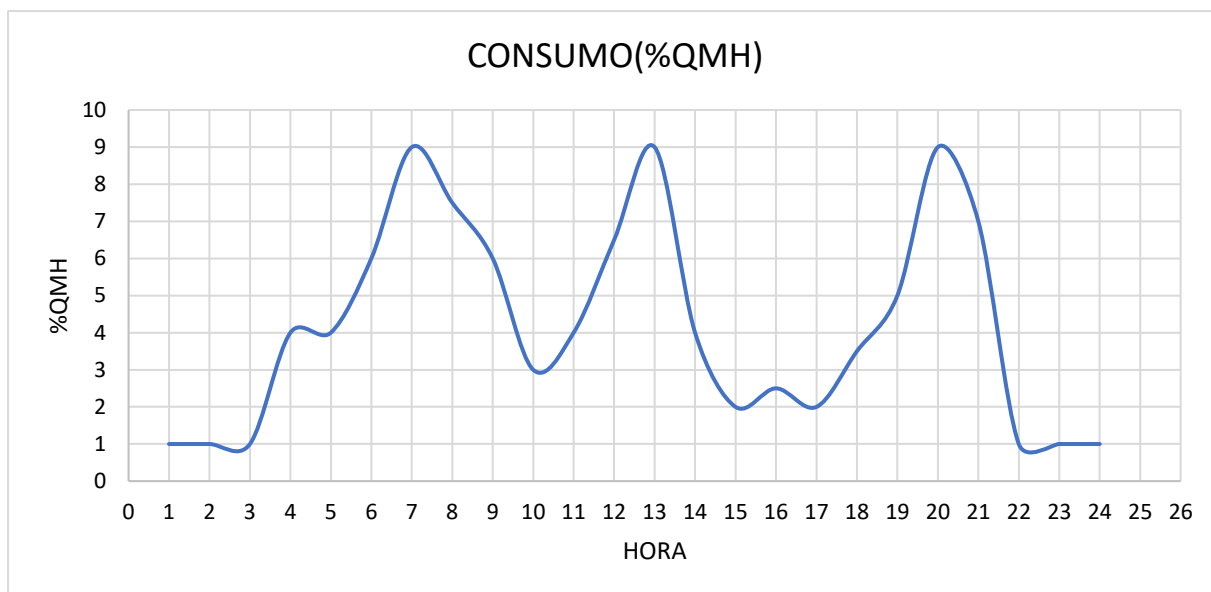


Figura 16. Curva de consumo de agua en relación a la población del barrio Miranda Grande

Suministro por gravedad a un tanque superficial

El cálculo se realizó con los datos de consumo que se especifica en la Tabla 11 el caudal máximo horario para determinar el volumen del tanque. Se calculó el valor de máximo déficit y máximo sobrante.

Tabla 11. Método de la curva por gravedad

HORA	CONSUMO	Σ CONSUMO	S (%)	Σ S	Δ (S-C)	$\Sigma\Delta$ (S-C)	V (%)
1	1,00	1,00	4,17	4,17	3,17	3,17	12,67
2	1,00	2,00	4,17	8,33	3,17	6,33	15,83
3	1,00	3,00	4,17	12,50	3,17	9,50	19,00
4	4,00	7,00	4,17	16,67	0,17	9,67	19,17
5	4,00	11,00	4,17	20,83	0,17	9,83	19,33
6	6,00	17,00	4,17	25,00	-1,83	8,00	17,50
7	9,00	26,00	4,17	29,17	-4,83	3,17	12,67
8	7,50	33,50	4,17	33,33	-3,33	-0,17	9,33
9	6,00	39,50	4,17	37,50	-1,83	-2,00	7,50
10	3,00	42,50	4,17	41,67	1,17	-0,83	8,67
11	4,00	46,50	4,17	45,83	0,17	-0,67	8,83
12	6,50	53,00	4,17	50,00	-2,33	-3,00	6,50
13	9,00	62,00	4,17	54,17	-4,83	-7,83	1,67
14	4,00	66,00	4,17	58,33	0,17	-7,67	1,83
15	2,00	68,00	4,17	62,50	2,17	-5,50	4,00
16	2,50	70,50	4,17	66,67	1,67	-3,83	5,67
17	2,00	72,50	4,17	70,83	2,17	-1,67	7,83

18	3,50	76,00	4,17	75,00	0,67	-1,00	8,50
19	5,00	81,00	4,17	79,17	-0,83	-1,83	7,67
20	9,00	90,00	4,17	83,33	-4,83	-6,67	2,83
21	7,00	97,00	4,17	87,50	-2,83	-9,50	0
22	1,00	98,00	4,17	91,67	3,17	-6,33	-3,17
23	1,00	99,00	4,17	95,83	3,17	-3,17	-6,33
24	1,00	100,00	4,17	100,00	3,17	0,00	-9,50

Donde:

C	Consumo horario
Σ CONSUMO	Curva integral de consumo (consumo acumulado)
S (%)	Suministro horario continuo
Σ S	Curva integral de suministro
Δ (S-C)	Déficit horario
$\Sigma\Delta$ (S-C)	Déficit acumulado
V (%)	Volumen horario del agua en el tanque

Para expresar de forma gráfica se utiliza los datos del tiempo y curva integral de consumo, y se obtiene la gráfica que se evidencia en la Figura 17. Se observa las horas en las que el tanque está lleno aproximadamente entre las 4 am y está vacío entre las horas de la noche. Con el volumen horario se pudo obtener volumen del tanque que corresponde al 5,7 (m³) del caudal máximo horario (QMD).

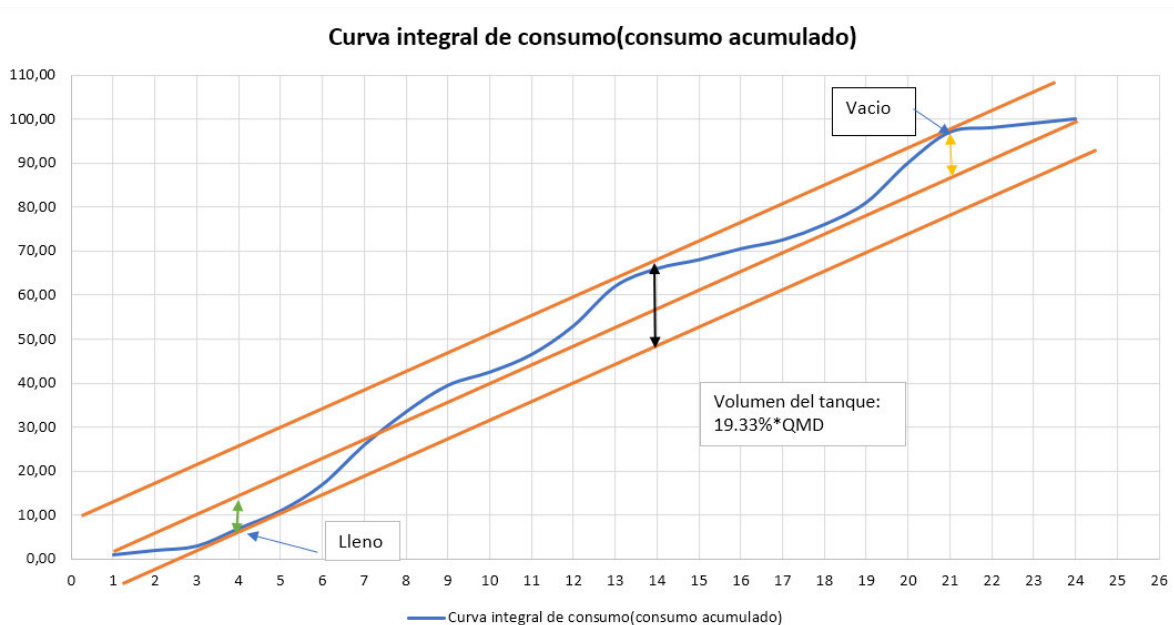


Figura 17. Representación de la curva integral de consumo del tanque

El volumen del tanque de almacenamiento, que se obtuvo a través del método de la curva integral dio como resultado que el tanque de almacenamiento de acuerdo a las necesidades

de la población necesita un volumen de 10 m³, considerando que el tanque existente es de 24,25 m³, siendo suficiente para almacenar la cantidad de agua para las personas (Tabla 12).

Tabla 12. Resultados del volumen del tanque

Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento		
Caudal máximo diario	0.33 l/s	28.512m ³ /d
Volumen horario	19.33%	20%
Volumen del tanque	5.7m ³	
Volumen del tanque (20%)	6.84	10m ³

2.10 Cálculos para el sistema de cloración

Para la dosificación de cloro se realizó el cálculo considerando el caudal de ingreso al tanque de almacenamiento, el periodo de recarga, la concentración de cloro. Las consideraciones para el cálculo de hipoclorito de calcio se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Datos para el cálculo de Hipoclorito de Calcio

Caudal	Tiempo de recarga		Valor promedio de concentración	Cloro	
	l/s	días	segundos	mg/L	%
0,24	7	604800	1,5	70	0,7

El peso de hipoclorito de calcio se obtuvo con la Ecuación 1 luego se determinó el caudal de goteo con la información de volumen del tanque y el tiempo de goteo aplicando la Ecuación 2, y finalmente se calculó la concentración máxima que no sobrepasa los 5000 ppm, para evitar obstrucciones en la tubería.

Tabla 14. Resultados del cálculo para la dosificación de cloro

Peso de Hipoclorito de Calcio (P)		Caudal por goteo (Qg)	Chequeo de concentración máxima (C1)
gr	mg	ml/min	mg/l
311,04	311040	9,92	2177,28

Para la solución madre se considera el valor del caudal por goteo que se obtuvo anteriormente, para determinar el volumen de la solución madre aplicando la Ecuación 3. Con

este cálculo se ha considerado el volumen del tanque que contiene la solución madre es de 100 litros.

Tabla 15. Volumen de la solución madre

Qg (ml/min)	5	6	7	8	9	10	11	12	13
V(L) Solución Madre	50,40	60,48	70,56	80,64	90,72	100,80	110,88	120,96	131,04

Se requiere accesorios de PVC, un tanque de 300 litros donde se acumula la solución madre, mezcla de agua con hipoclorito de calcio al 70%.

Dentro del tanque de solución madre se coloca un flotador con codos, tubos, y Tee de PVC, para que sostenga un niple PVC deslizante que tiene un orificio de \varnothing 2 mm por donde pasa la solución clorada, es conducida por una manguera hasta un accesorio conectado a una tubería PVC que descarga la solución clorada al interior del reservorio o tanque de almacenamiento. Se instala un flotador en el extremo para interrumpir el flujo cuando el reservorio se llena.

Es necesario un balde plástico de 40 litros de capacidad, donde se ubica una válvula de cierre en la pared lateral y la salida estará a 90° con respecto a la válvula de cierre. Permitiendo que el nivel del agua sea constante dentro del recipiente.

2.11 Socialización con la comunidad

La socialización con la comunidad se realizó en el lugar donde se encuentra el tanque de almacenamiento de agua con la presencia del comité Pro-mejoras del barrio y algunos beneficiarios del proyecto. En la reunión se mostró los resultados del estudio, tanto las conclusiones como las recomendaciones. Se entregó una memoria técnica con los resultados obtenidos.

Los participantes realizaron comentarios respecto a lo expuesto las mismas que se retomaron para ser parte de esta tesis y resumieron en el acta de la reunión.

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS

3.1 Levantamiento de información

El sistema de abasteciendo (Figura 18) abarca la captación hasta la red de distribución que se identificó en línea de conducción y red de distribución. La línea de conducción va desde la vertiente hasta el tanque de almacenamiento y la red de distribución va desde el tanque de almacenamiento a la población.

La línea de conducción tiene una extensión de 1461m y cuenta con una manguera de 26,64 mm de diámetro desde las vertientes Pazhuaycu hasta el Tanque de almacenamiento.

La red de distribución tiene una longitud de 1149 m, cuenta con dos tuberías de 20,24 mm de diámetro. Va desde el tanque de almacenamiento hasta las poblaciones de la parte norte y la parte centro

La línea de conducción atravesó un bosque mixto de vegetación nativa y foránea y pasa por una “quebradilla”. Desde la población hacia las fuentes de agua de debe realizar un recorrido de aproximadamente una hora a pie, ya que no se cuenta con caminos vehiculares.

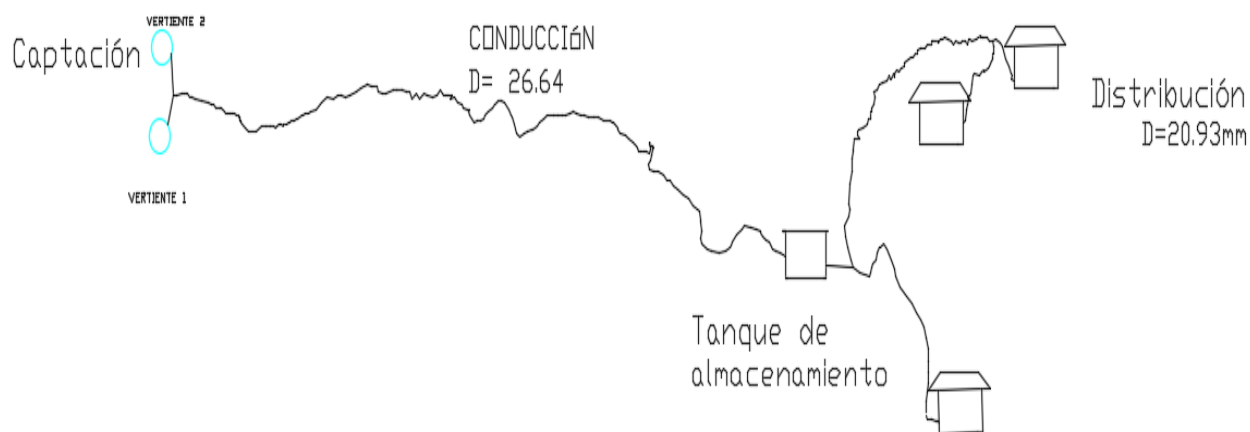


Figura 18. Esquema del sistema de abastecimiento

3.2 Resultados y análisis de la caracterización del agua

Los resultados obtenidos en cada una de las mediciones *in situ* y en el laboratorio, fueron comparados con los límites aceptables de la Norma (INEN 1108: 2020), (Norma CO 10.7 – 602) y el Acuerdo Ministerial 097-A del año 2015.

Se presentan los datos obtenidos (Tabla 16) en cada punto de muestreo y los límites permisibles de las normativas anteriormente mencionadas.

Tabla 16. Resultados de la caracterización de agua en los puntos de muestreo

Parámetro	Unidades	Punto 1 (Vertiente 1)	Punto 2 (Vertiente 2)	Punto 3 (Tanque)	NTE INEN 1108	NORMA CO 10.7 - 602	Acuerdo Ministerial No. 097-A
Temperatura	°C	13.73	13.08	16.03	-	-	-
Potencial Hidrógeno (pH)	N/A	6.82	6.49	7.04	6,5 - 8,0	6,5 - 9,5	6,00 - 9,00
Conductividad eléctrica	mS/cm	0.217	0.292	0.261	-	-	-
	μS/cm	217.00	292.00	261.00			
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	4.28	4.40	4.45	-	-	-
% Saturación de oxígeno disuelto	%	59.08	59.92	62.41	-	-	-
Turbiedad	NTU	0.31	3.53	0.48	5.00	20.00	100.00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	22.00	30.00	26.00	-	-	< 4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	0.00	4.00	1.00	-	-	<2
Sólidos totales	mg/l	212.00	209.00	186.00	-	1000.00	-
Sólidos suspendidos totales	mg/l	4.00	3.00	2.00	-	-	-
Sólidos disueltos totales	mg/l	141	190	170			

Sólidos sedimentables	mg/l	1.00	1.00	1.00	-	-	-
Nitritos (NO2)	mg/l	Ausencia	Ausencia	Ausencia	3.00	-	0.2
Nitratos (NO3)	mg/l	0.35	1.02	1.75	50.00	40.00	50.00
Sulfatos (SO4)	mg/l	8.71	25.69	18.03	-	400.00	500.00
Fosfato (PO4)	mg/l	0.41	0.40	0.41	-	-	-
Coliformes totales	UFC/100ml	-	-	91.00	-	Ausencia	-
Coliformes fecales	UFC/100ml	-	-	16.00	Ausencia < 1 UFC/100ml	-	-

3.2.1 Resultados y análisis de los datos de parámetros in situ

Temperatura

La temperatura en el agua es una característica considerable puesto que influye en la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua, pero también la velocidad metabólica de los organismos como las bacterias. La medición de la temperatura en el punto 1 (vertiente 1) y en el punto 2 (vertiente 2) arrojó 13,73 °C y 13,08 °C respectivamente, en el punto 3 (tanque de almacenamiento) marcó una temperatura de 16,03 °C. Pese a que no se encuentra en la normativa vigente es un parámetro importante, ya que puede ser un indicador sobre la existencia de coliformes (OMS, 2018). La temperatura del tanque denota que podrían existir un elemento apropiado para la reproducción de coliformes, lo cual es negativo para la población provocando problemas estomacales.

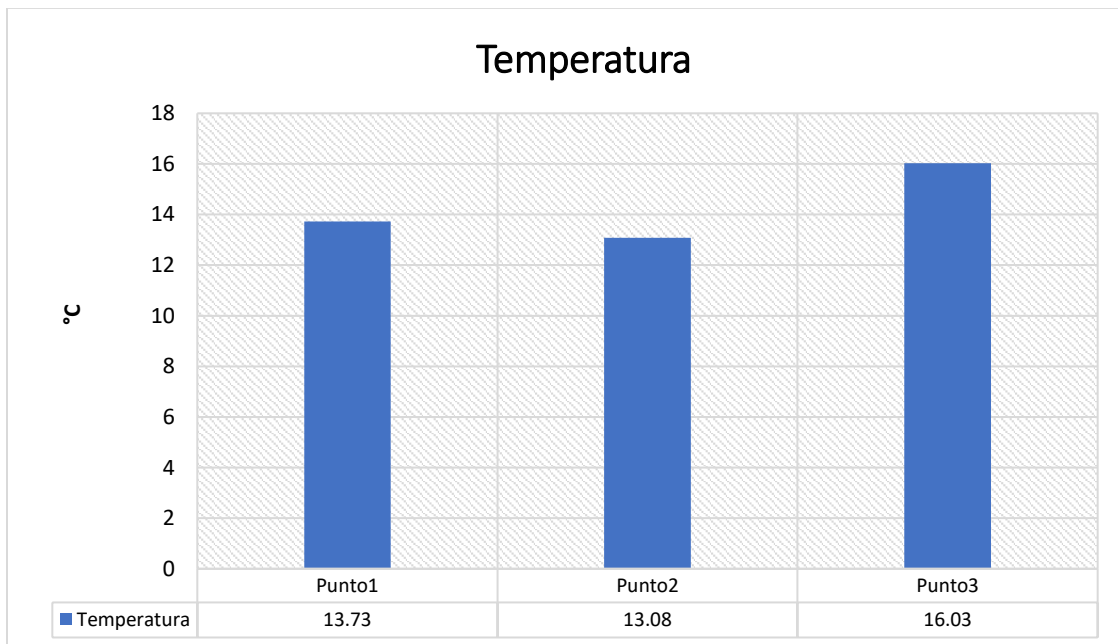


Figura 19. Análisis de Temperatura

Potencial hidrógeno (pH)

El valor de pH que se obtuvo en el punto 1 (vertiente 1) y punto 3 es de 6,82 y 7,0, respectivamente. Estos valores están dentro del límite permisible que se establece en la norma INEN 1108:2020, donde el rango de pH está entre 6,5 y 8,0. En el punto 2 se obtuvo un valor de pH de 6,49 que está dentro del rango permisible que consta en el Acuerdo Ministerial No. 097 – A, donde se establece un rango de pH entre 6 y 9. El pH se encuentra en un valor aceptable para fines de consumo humano, además es adecuado para evitar la corrosión de tuberías, si existe un cambio drástico de pH puede afectar a otras sustancias en el agua haciéndolas más tóxicas (Folleto informativo 3.1.4.0). En la Figura 20 se presentan los resultados del análisis de pH.

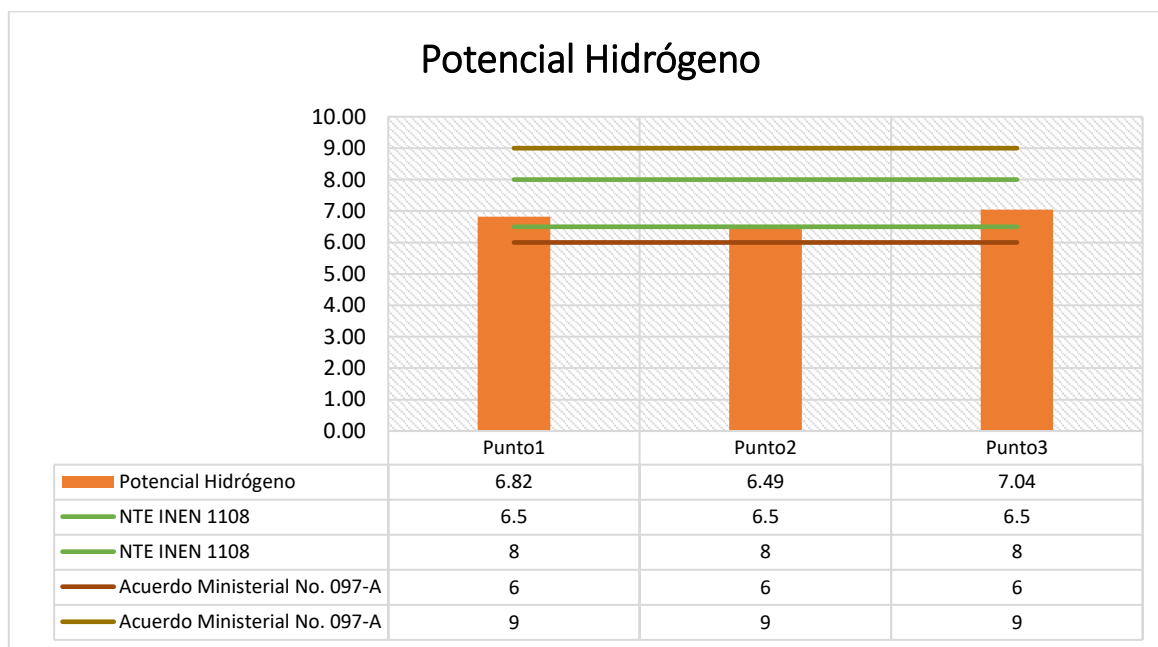


Figura 20. Análisis de pH

Conductividad eléctrica y Sólidos Totales Disueltos

La norma INEN 1108:2020, el Acuerdo Ministerial 097-A y la Norma CO 10.7 602, no establecen límites máximos permisibles para los parámetros de conductividad eléctrica. Se tomó como referencia la normativa de Perú donde se establece que la conductividad debe ser de un máximo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MINAM, 2008).

La conductividad eléctrica es la capacidad del agua de transportar corriente eléctrica y se relaciona directamente con la concentración de sales disueltas del agua, de forma que es un indicador de sólidos totales disueltos. Se obtuvo valores de conductividad eléctrica de 217 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 292 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 261 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estos valores no varían significativamente en los tres puntos de muestreo, y en comparación con los límites permisibles de la normativa de Perú, los valores obtenidos están dentro de la norma.

Para los sólidos totales disueltos no se cuenta con un límite permisible establecido en las normativas, pero es un indicador de la calidad del agua, debido a que corresponde a los minerales y sales disueltas en el agua. La conductividad está relacionada con la cantidad de sólidos disueltos totales, es decir que si la concentración de TDS es mayor la conductividad también será mayor (Hanna Instruments, 2017). El valor máximo que se obtuvo en la medición es de 208 mg/l en el punto1, y según (Carpio, 2007) el límite máximo de TDS es de 500 mg/l para agua potable de forma los resultados obtenidos están por debajo del límite máximo.

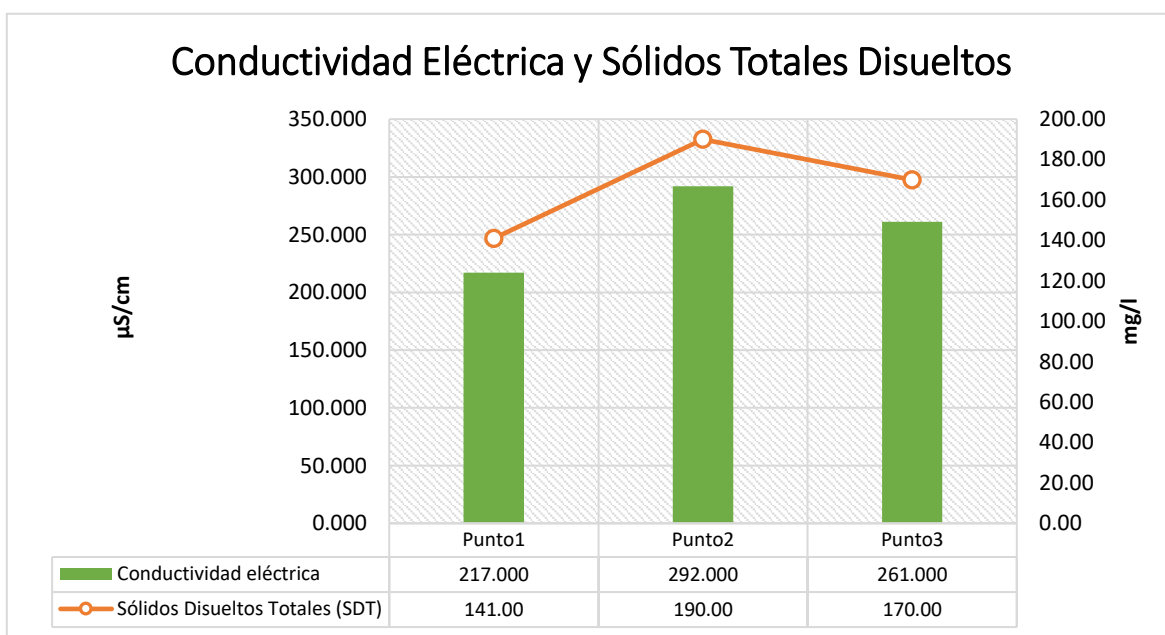


Figura 21. Análisis de Conductividad eléctrica y Sólidos Totales Disueltos

Oxígeno Disuelto (O.D.)

El oxígeno disuelto es un parámetro que no se contempla en las normativas vigentes, sin embargo, es de gran importancia su análisis puesto que se conoce la calidad del agua.

En el punto 3 (tanque de almacenamiento), la medición es de 4,45 mg/l. Durante la visita se observó que el tanque contenía poca cantidad de algas, lo cual explicaría el consumo de oxígeno, sin embargo, no es perjudicial para las personas. La cantidad de materia orgánica presente en el agua afecta la cantidad de oxígeno disuelto (Romero Rojas, 2009).

En el punto 1 y 2 las mediciones es 4,28 y 4,40 mg/l respectivamente, indicadores que se encuentran dentro de los niveles aceptables. (Figura 22).

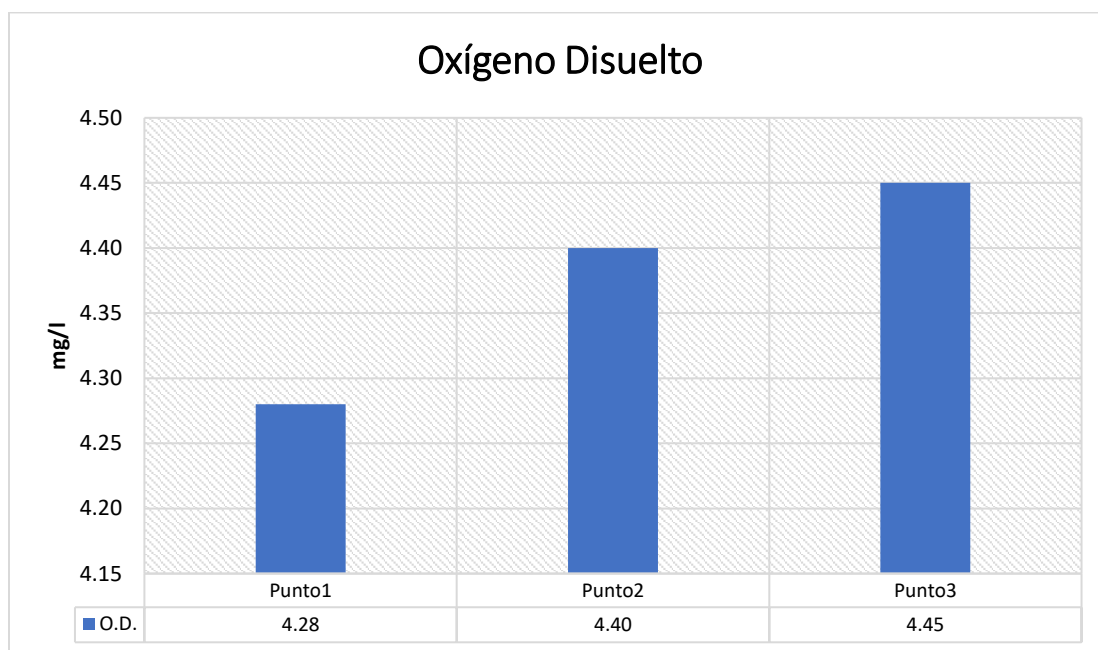


Figura 22. Análisis de Oxígeno Disuelto

Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

El porcentaje de saturación de oxígeno disuelto tiene influencia por la temperatura del agua y la elevación del punto de monitoreo, el agua está saturada en un 100% cuando contiene la máxima cantidad de oxígeno y una muestra de agua que está saturada en un 50% tiene la mitad de oxígeno que podría tener a una temperatura determinada. Los valores de porcentaje de saturación del OD de 80 a 120% son considerados, excelentes y los valores

inferiores al 60% o superiores a 125% son considerados malos (Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca hidrográfica del Río Anamichú, 2009).

En el punto 1 (3027m) la temperatura con respecto al punto 2 (3029m) es mayor y el porcentaje de oxígeno de saturación disminuye. En el punto 2 la temperatura disminuye y se evidencia un aumento del porcentaje de saturación de oxígeno. En el punto 3 (2762m) se identifica un incremento, tanto de la temperatura como en el porcentaje de saturación. Estas relaciones (Figura 23) se deberías a que cada muestra de agua fue evaluada a diferente elevación.

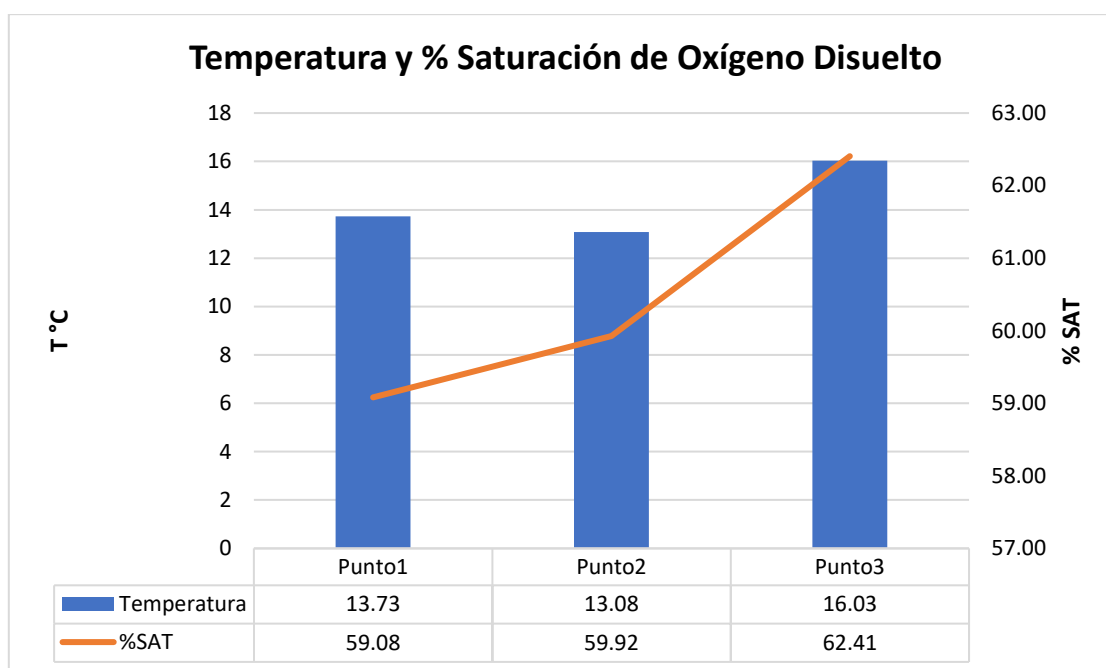


Figura 23. Análisis de temperatura y % se saturación de O.D.

Turbidez y Sólidos suspendidos totales

La normativa INEN 1108:2020 establece un límite permisible de turbidez de 5 NTU. (Norma CO 10.7-602), establece un límite deseable de 5 NTU y un límite máximo permisible de 20 NTU (NORMA CO 10.7 - 602, 2016). Los resultados en los tres puntos de muestreo están en los límites admisibles que establecen las normas mencionadas. Los datos obtenidos están en un rango de 0,27 a 3,75 NTU que son valores bajo.

Los altos niveles de turbidez pueden salvaguardar a los microorganismos de los procesos de desinfección, estimulando la proliferación de bacterias y la demanda de cloro para la potabilización incrementa (Martínez et al., 2019).

El límite permisible para sólidos suspendidos totales no se establece en las normativas, pero es un parámetro importante para determinar la calidad del agua. La relación entre la turbidez y sólidos suspendidos totales (Figura 24) es que, al existir mayor cantidad de sólidos en suspensión la turbidez aumenta.

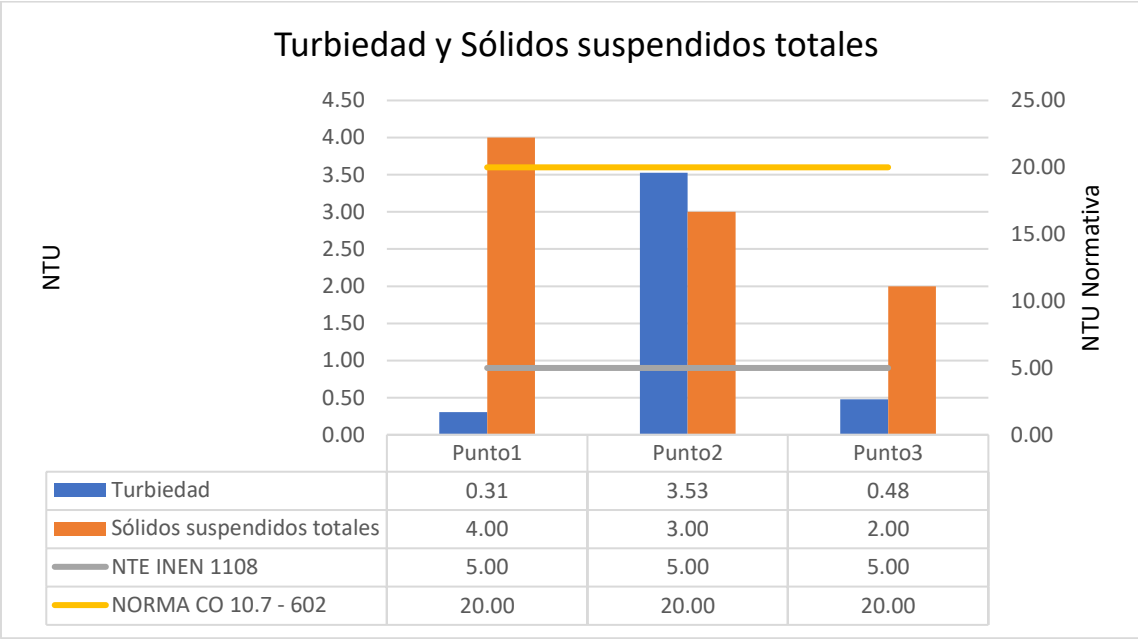


Figura 24. Análisis de Turbiedad con el Turbidímetro

3.2.2 Resultados y análisis de los datos de parámetros en el laboratorio

Demanda Química de Oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

El Acuerdo Ministerial 097-A establece una concentración de <4 mg/l como límite máximo permisible para DQO. El análisis de DQO en los tres puntos (22, 30 y 26 mg/l respectivamente), reflejan valores que exceden el límite permisible de la normativa. La DQO se refiere a la cantidad de oxígeno que se necesita para la descomposición químicamente de la materia orgánica.

Para la DBO₅, el Acuerdo Ministerial 097-A establece una concentración de <2 mg/l como límite máximo permisible. Los valores DBO₅ en el punto 1 y el punto 3 están dentro del límite permisible que establece la norma. En el punto 2 se tiene un dato de DBO₅ 4mg/l que sobrepasa el límite permisible. La DBO₅ es la cantidad de oxígeno que se necesita para degradar la materia orgánica biológicamente, es decir a través de microorganismos.

La relación de la DQO y la DBO₅ Figura 25 es debido a que, hay materias orgánicas que solo pueden oxidarse químicamente y no biológicamente. Es por esto que la DQO será superior a la DBO₅. Las alterativas para reducir la DQO es mediante la sedimentación, floculación y filtración (UEES, 2015).

El Índice de Biodegradabilidad (I.B.) se puede expresar como DBO₅/DQO y se relaciona con la concentración de materia orgánica que está en el agua (UICN, 2005) . En el punto 1 el I.B. es de 0, en el punto es 0,13 y en el punto 3 es de 0,04. Lo cual nos indica que el agua tiene materia inorgánica en las vertientes y en el tanque de almacenamiento.

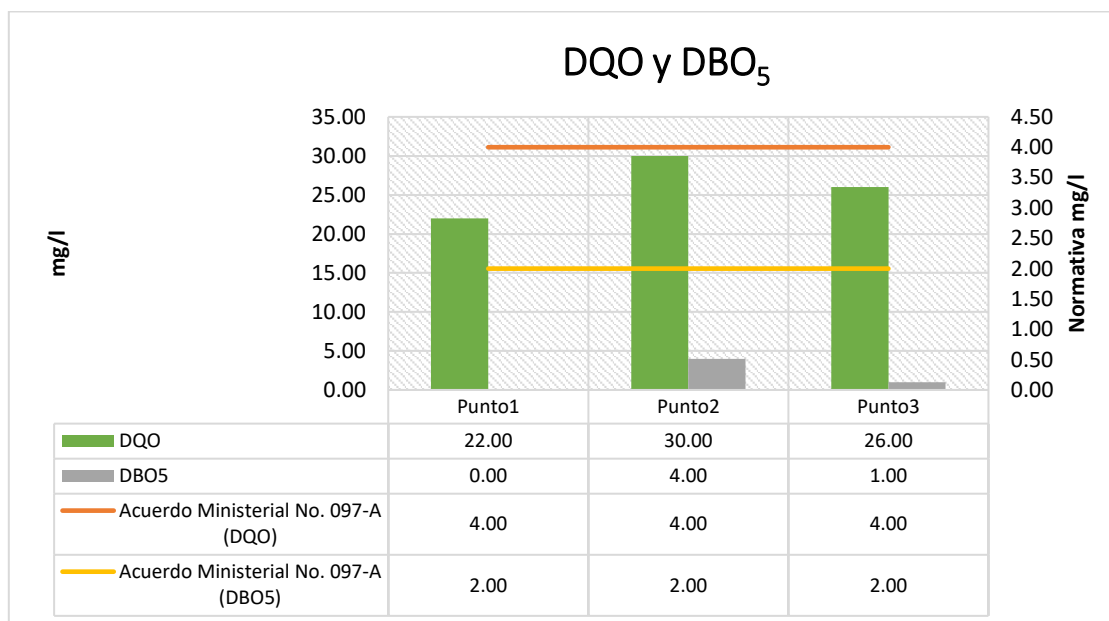


Figura 25. Análisis de DQO y DBO₅

Sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables

Los resultados del análisis de los sólidos totales, sólidos suspendido y sólidos sedimentables, expresan un mayor número por mg/l en la vertiente 1 (212 mg/l) en

comparación con la vertiente 2 (209 mg/l) y punto 3 (186 mg/l) estos datos están por debajo del límite permisible de la norma CO10.7 602.

Estos resultados arrojan que el agua de las vertientes no están lo suficientemente claro, son de origen diverso y por eso el agua tiene que pasar por procesos de filtración. En la Figura 26 se presentan los resultados del análisis de la sólidos totales, suspendidos y sedimentables.

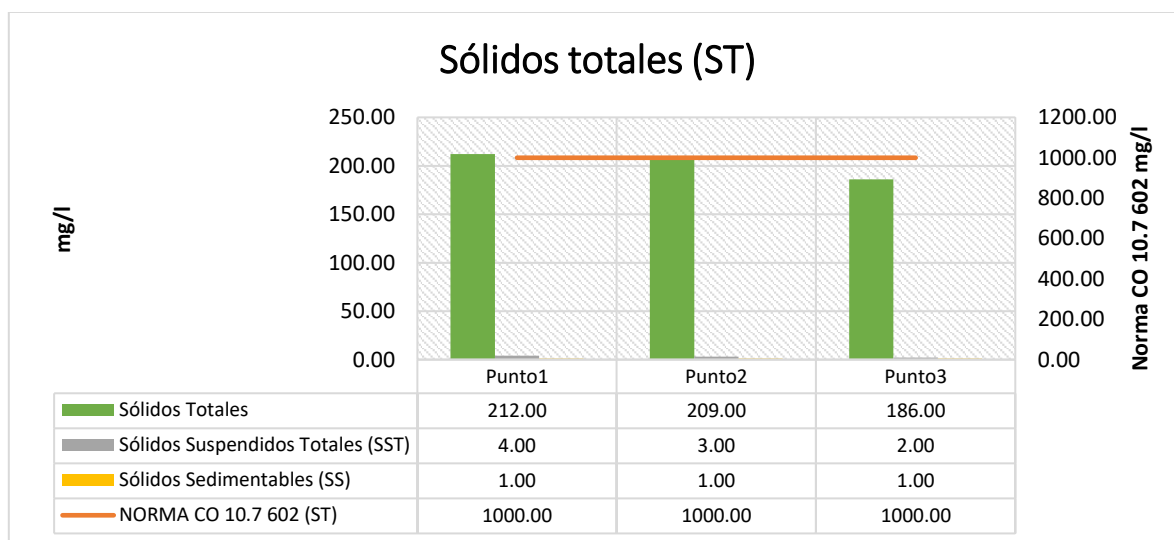


Figura 26. Análisis de sólidos totales, suspendidos y sedimentables

Nitritos, nitritos, sulfatos y fosfatos

El resultado de los análisis de los nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos de los puntos de muestreo expresó diferentes resultados. La norma INEN 1108:2020 establece que el límite máximo permisible de Nitritos es de 3 mg/l y el Acuerdo Ministerial de 0,2 mg/l. En el análisis se obtuvo ausencia de nitritos en los tres puntos de monitoreo (Figura 27).

Los resultados obtenidos de nitratos (Figura 28) presentan un valor superior en el punto 3 (tanque de almacenamiento de agua) de 1,75 mg/l, lo que podría ser causado por la falta de mantenimiento en el tanque. El cual está por debajo del límite que establece la normativa INEN 1108:2020 donde el límite máximo permisible es de 50 mg/l y la Norma Co 10,7 – 602 donde el límite máximo permisible es de 40 mg/l. Por tanto, se podría descartar que el agua de estas fuentes produciría estragos en la población.

El límite permisible para sulfatos que establece la Norma Co 10.7-602 es de 400 mg/l y en el Acuerdo Ministerial No. 097-A el límite permisible es de 500 mg/l. El valor máximo de los resultados se obtuvo en el punto 2, con un valor de 25,69 mg/l, que es un valor bajo en comparación con la norma. Los resultados se presentan en la Figura 29. Es importante estimar la cantidad de sulfatos en el agua, debido a que si la concentración de sulfatos en el agua rebasa los 500 mg/l podrían causar un efecto laxante en los consumidores debido a que si se ingiere en gran cantidad supera la capacidad de absorción del intestino. Además, contribuye con la corrosión de las tuberías (OMS, 2006).

En la normativa no se especifica un límite permisible para Fosfatos. Los resultados de Fosfatos son bajos, se obtuvo valores de 0,41 mg/l, 0,40 mg/l y 0,41 mg/l en los tres puntos de muestreo respectivamente. Los resultados se presentan en la Figura 30. En aguas de consumo humano el contenido elevado de fosfatos modifica las características organolépticas. La presencia de fosfatos puede ser porque se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos (Bolaños & Cordero, 2017).

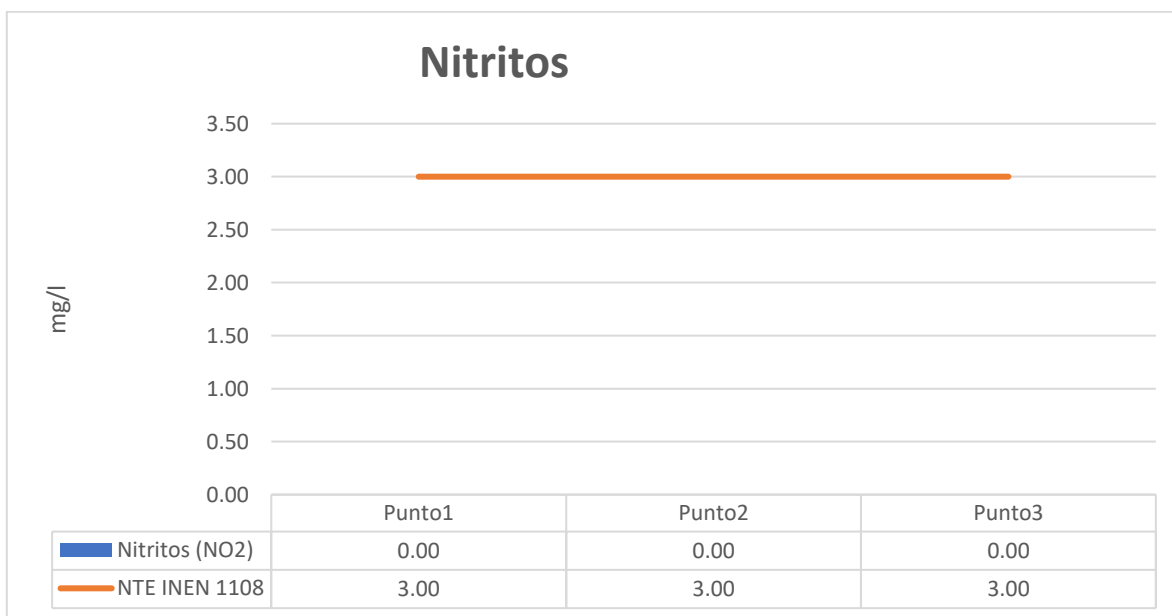


Figura 27. Análisis de nitritos

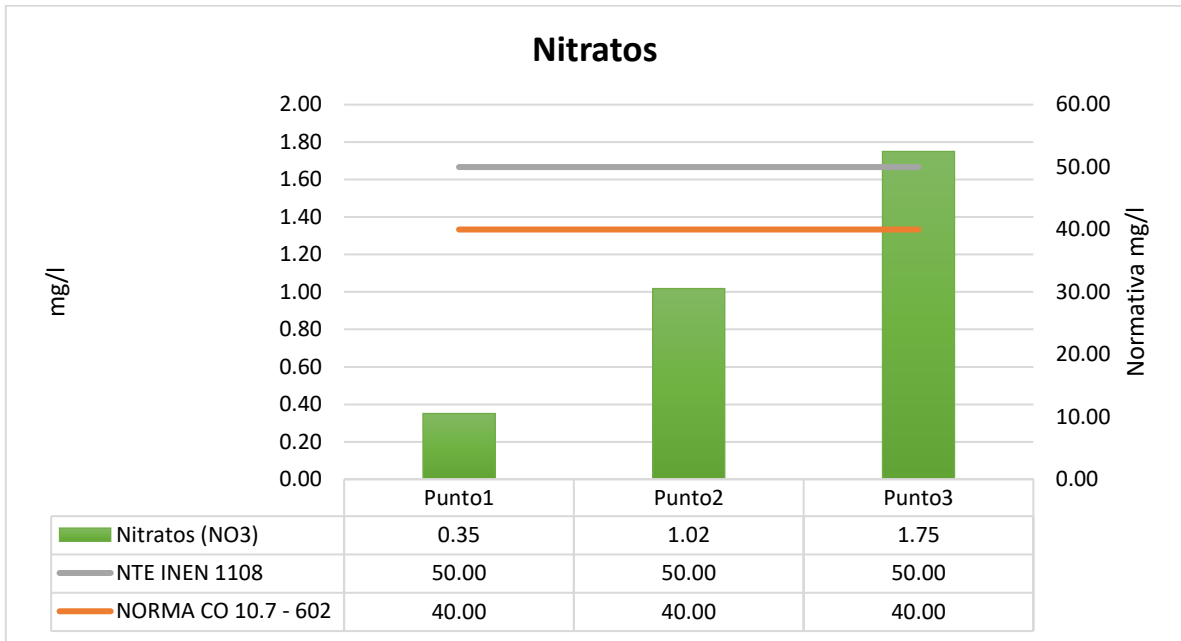


Figura 28. Análisis de nitratos

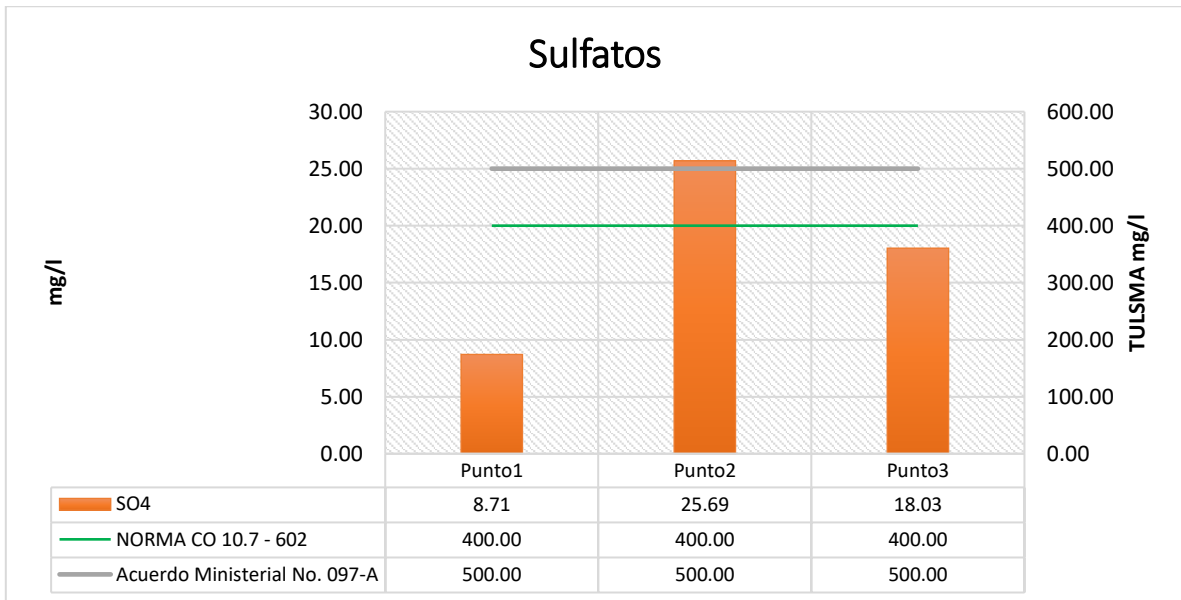


Figura 29. Análisis de sulfatos

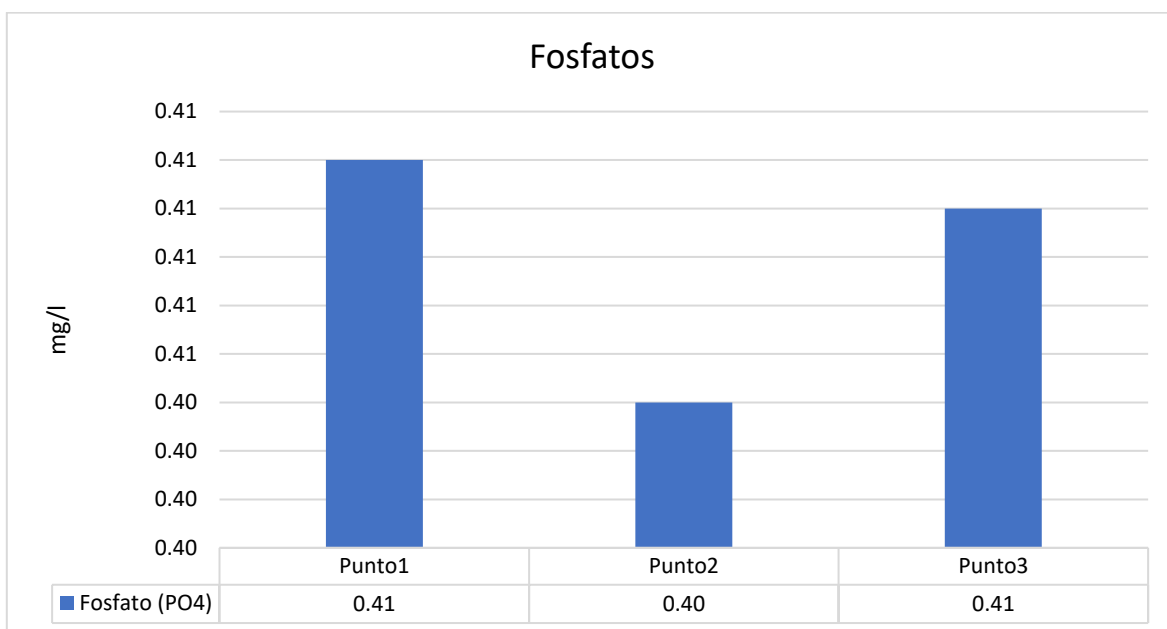


Figura 30. Análisis de fosfatos

Coliformes

Los coliformes son indicadores del nivel de contaminación del agua, en las normativas vigentes no se establece un límite para Coliformes Totales, mientras que en la Norma INEN 1108 establece Ausencia de Coliformes Fecales que hace referencia a < 1 UFC/100ml.

Se obtuvo el resultado de $9,1 \times 10^1$ UFC/100ml para Coliformes Totales, mientras que para Coliformes Fecales el resultado fue de $1,6 \times 10^1$ UFC/100 ml. La presencia de coliformes fecales en el tanque de almacenamiento puede darse porque no se ha realizado mantenimiento regularmente, porque no se utiliza cloro para desinfectar el agua y porque la instalación del sistema de abastecimiento de agua se ha realizado sin supervisión técnica. Estos resultados se obtuvieron en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) porque se utilizó la técnica de filtración por membrana.

La presencia de coliformes fecales en el agua, se debe a la presencia de la especie bacteriana *Escherichia coli*. La contaminación fecal en el agua es un problema que afecta la salud, debido a que se pueden transmitir microorganismos patógenos, provocando

enfermedades infecciosas gastrointestinales (Barrante et al., 2013). En la Figura 31 se presentan los resultados de coliformes totales y fecales.

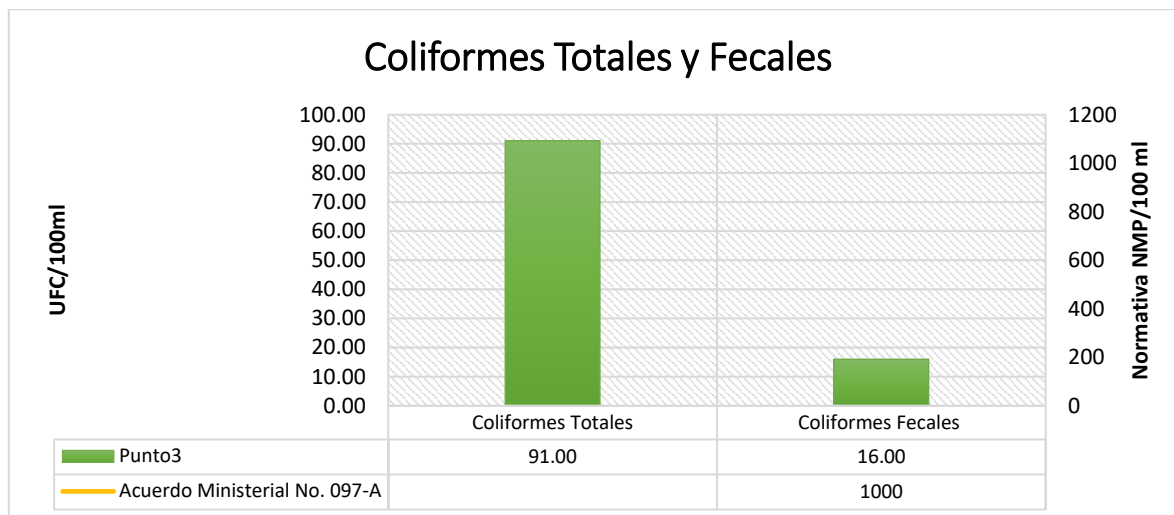


Figura 31. Análisis de Coliformes Totales y Fecales

3.3 Caudal en la vertiente Pazhuaycu

La captación de agua se tomó de dos fuentes naturales, vertiente Pazhuaycu 1 y vertiente Pazhuaycu 2, se tomó muestras de agua en las dos vertientes en el mes de febrero. Se entrevistó a dos familias de la parte norte y dos familias de la parte centro y nos informaron que el caudal del agua es mayor en invierno que en verano. El caudal del punto 1 es 0,11 l/s y en el punto 2 es 0,16 l/s, con esta información se determinó un caudal total de 0,27 l/s destinado para el abastecimiento de agua al barrio Miranda Grande. El tanque que se encuentra a una distancia de 1461 m. Debido también a que el caudal del agua disminuye por pérdidas (roturas de la tubería conectadas artesanalmente) de energía y evapotranspiración. El caudal medido por el método volumétrico presenta un índice bajo en comparación con el caudal que se registró en la vertiente hace 10 años en la concesión del agua emitida por la SENAGUA, los datos se encuentran en la Tabla 17.

El caudal de las fuentes en verano afecta al suministro de agua de la población centro y mucho más a la población norte.

Tabla 17. Aforo de caudales

Caudales del punto 1 y 2

	m ³ /s	l/s
Punto 1	0,00011	0,11
Punto 2	0,00016	0,16
TOTAL		0,27

3.4 Resultados de la estimación de población y caudales de diseño

3.4.1 Estimación de la población futura

La población futura para el año 2050 (ver Tabla 18) se calculó con el método geométrico, con los datos de Censos poblacionales se ha estimado una población de 103 habitantes que utilizarán el agua proveniente de la vertiente Pazhuaycu.

Tabla 18. Estimación de la población futura mediante el método geométrico

Método geométrico		Población proyectada						
Pci	r	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1950	0.0233	38	42	48	53	60	67	75
1962	0.0240	38	43	48	54	61	69	77
1974	0.0267	39	45	51	58	66	75	86
1982	0.0230	38	42	47	53	59	66	74
1990	0.0313	41	48	56	65	76	88	103
2001	0.0312	41	48	55	65	75	88	103
PROMEDIO	0.0266	39	45	51	58	66	76	86

3.4.2 Caudales de diseño

Para establecer el caudal de diseño se obtuvo datos del caudal promedio diario (0.24 l/s), máximo diario (0.33 l/s) y máximo horario (0.73 l/s). si comparamos con el resultado del aforo de caudales podemos decir que el caudal de agua no es suficiente, siendo más grave

la necesita del caudal máximo horario en donde solo se satisface el 37% de las necesidades de los habitantes.

Para el cálculo de caudal de diseño también consideramos la población actual y la población proyectada hasta el 2050 la población del Barrio Miranda Grande llegaría a 103 personas por tanto el problema de abastecimiento en 3 décadas sería muy grave, Tabla 19

Tabla 19. Datos obtenidos del cálculo de consumo total y caudales

Consumo total	Caudal promedio diario	Caudal máximo diario	Caudal máximo horario
Litros/habitante*día	L/s	L/s	L/s
200	0,24	0,33	0,73

3.5 Resultados y evaluación hidráulica de la línea de conducción

Capacidad de flujo

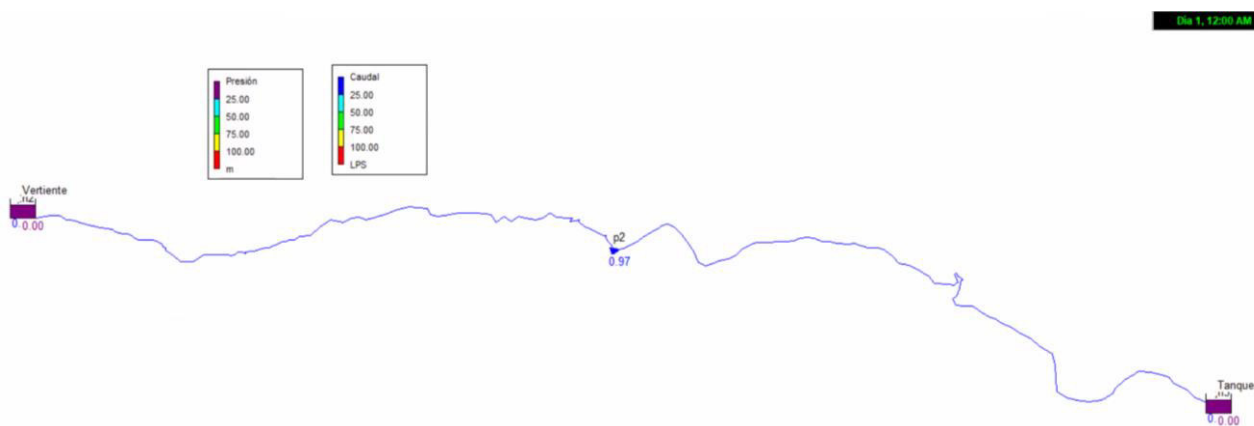


Figura 32. Línea de condición del sistema actual

El resultado de la aplicación del software Epanet proporciona la capacidad de flujo de la conducción que es de 0,97 l/s con una tubería de 26.64mm de diámetro y una rugosidad de 0,12 y el caudal aforado es 0,27 l/s. Se demuestra entonces que la conducción tiene una capacidad de flujo mayor al caudal que se conduce actualmente. En el caso de la velocidad

si cumple con la norma (0,5-8m/s) como se puede evidenciar en la Tabla 20. El estudio arrojó una velocidad de 1,73 m/s que está dentro de los rangos establecidos. En vista que no existen válvulas no se evaluaron pérdidas de energía puntuales, por eso se utilizó el coeficiente de rugosidad

Tabla 20. Red de líneas (línea de conducción)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de fricción	Estado
Tubería p2	0,97	1,73	183,50	0,03	Abierto
Tubería 2	0,97	1,73	183,65	0,03	Abierto
Tubería 3	0,97	1,73	183,65	0,03	Abierto

Tabla 21. Red de Nudos (Línea de conducción)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n2	0,00	3028,82	2,82
Conexión n3	0,00	2762,18	0,18
Embalse 1	-0,97	3029,00	0,00
Embalse 2	0,97	2762,00	0,00

3.6 Resultados y evaluación hidráulica de la red de distribución

La red de distribución existente, es una red ramificada que abastece a la zona norte y centro del barrio Miranda Grande. La operación actual de distribución de agua se realiza de forma alternada.

Para la evaluación hidráulica se analizó las presiones, velocidades y caudales:

Para el análisis de presiones se consideraron las especificaciones de la “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, donde se indica que las presiones en los sistemas de abastecimiento de agua deben ser mínimo de 10 metros de columna de agua (mca), la presión máxima no debe sobrepasar los 60 mca y la presión máxima dinámica no mayor a 50 m. La velocidad no debe ser menor a 0,45 m/s y de preferencia debe ser mayor a 0,6 m/s (EMAAP, 2008).

Los resultados de la presión de dos tuberías de distribución que salen del tanque de almacenamiento, cuentan con dos válvulas de bola y una llave de paso que regula el flujo de agua.

3.6.1 Resultados y evaluación hidráulica para la parte centro del barrio Miranda Grande

Se realizó la simulación hidráulica en EPANET con los datos de demanda base para cada nodo y se obtuvo presiones y velocidades.

Los resultados de la medición alterna (cerrando alternativamente la llave de paso) de presión en la Figura 33 de la parte centro del barrio es de 33.66 mca siendo el valor más bajo y 60.61 mca la medición más alta, encontrándose estos resultados dentro de la norma para las redes de distribución de agua Tabla 22.

Las velocidades mínimas en la parte centro son de 0.17 m/s y 0.09 m/s, siendo las ultimas casas a las que se distribuye el de agua, en estos puntos podría existir pérdida de calidad por los sedimentos en la tubería.

El caudal de la parte centro se distribuye a cada punto de acuerdo a la demanda base calculada en la Tabla 8.

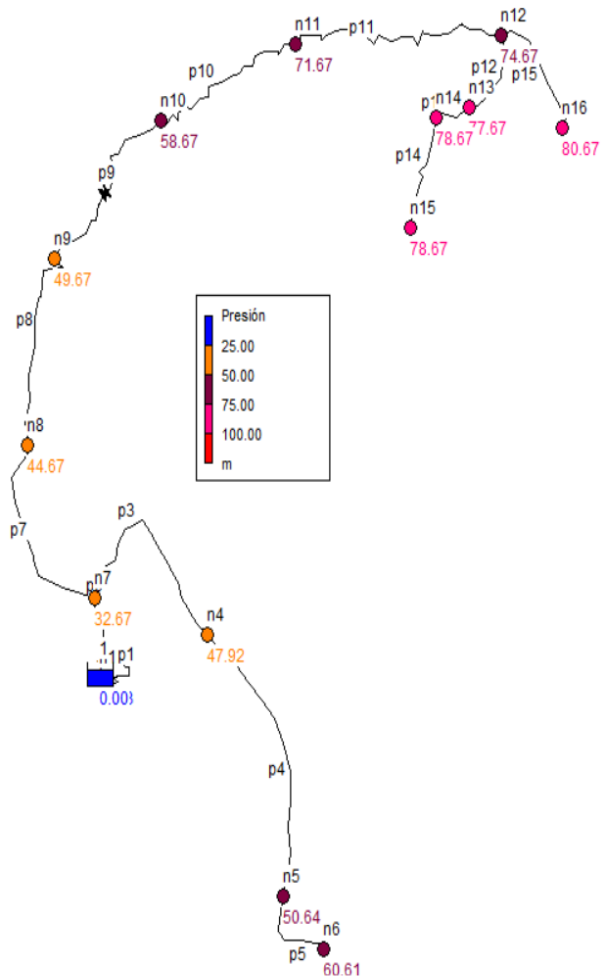


Figura 33. Simulación hidráulica de presiones (red de distribución parte centro)

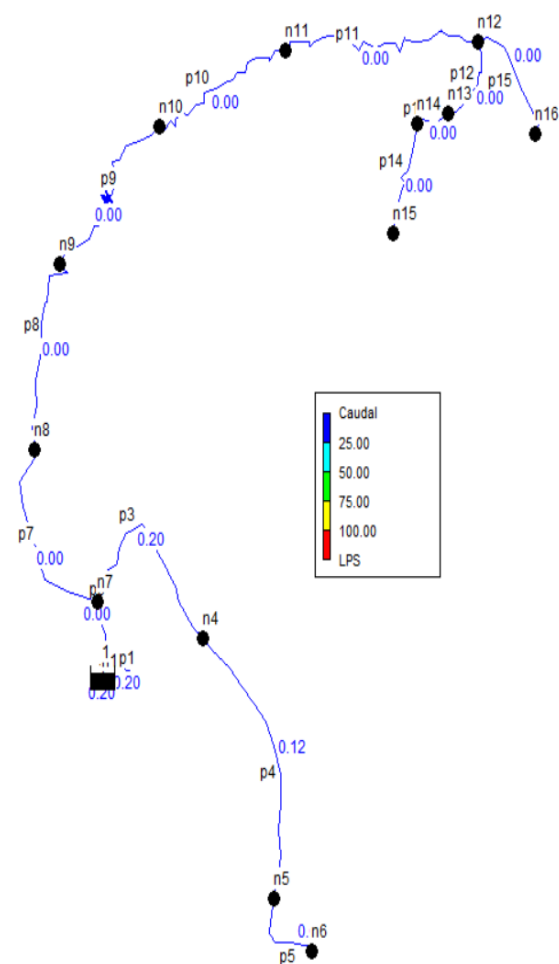


Figura 34. Simulación hidráulica de caudales (red de distribución parte centro)

Tabla 22. Red de Nudos (parte centro)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	0,20	2761,97	-0,03
Conexión n2	0,20	2759,67	30,67
Conexión n3	0,20	2759,66	31,66
Conexión n4	0,08	2755,92	47,92
Conexión n5	0,09	2755,64	50,64
Conexión n6	0,03	2755,61	60,61
Conexión n7	0,00	2759,67	32,67
Conexión n8	0,00	2759,67	44,67
Conexión n9	0,00	2759,67	49,67

Conexión n10	0,00	2759,67	58,67
Conexión n11	0,00	2759,67	71,67
Conexión n12	0,00	2759,67	74,67
Conexión n13	0,00	2759,67	77,67
Conexión n14	0,00	2759,67	78,67
Conexión n15	0,00	2759,67	78,67
Conexión n16	0,00	2759,67	80,67
Embalse 1	-0,20	2762,00	0,00

Tabla 23. Red de líneas (parte centro)

IDLínea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de fricción	Estado
Tubería p1	0,20	0,58	31,50	0,04	Abierto
Tubería p2	0,20	0,58	28,96	0,04	Abierto
Tubería p3	0,20	0,58	31,48	0,04	Abierto
Tubería p4	0,12	0,17	1,90	0,04	Abierto
Tubería p5	0,03	0,09	0,68	0,03	Abierto
Tubería p6	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p7	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p8	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p9	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p10	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p11	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p12	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p13	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p14	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería p15	0,00	0,00	0,00	0,00	Cerrado
Tubería 1	0,20	0,58	31,55	0,038	Abierto

3.6.2 Simulación hidráulica en EPANET para la parte norte del barrio Miranda Grande

Las presiones en la Figura 35 de la parte Norte arrojan un valor de 8,24 mca siendo esta una presión menor a la establecida en la norma. La presión mayor es de 22.59 mca en la red de distribución. Esta medida no supera los 60 mca. Se explica esta diferencia de niveles de presión por la irregularidad del terreno, por el que recorre la tubería.

La velocidad mínima en la parte norte es 0.11m/s, siendo el último lugar al que se abastece de agua, en estos puntos podría existir pérdida de calidad por los sedimentos en la tubería.

Los caudales en la Figura 36, de la parte norte se distribuyen de tal forma que en el primer punto se tiene un caudal de 0.48 l/s y en el punto final 0.04 l/s de acuerdo a la demanda base.

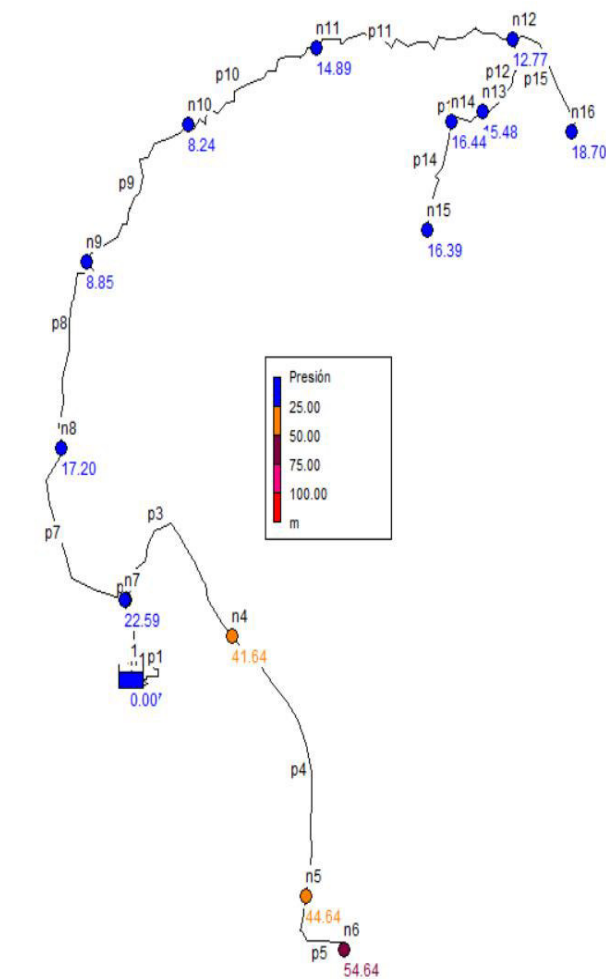


Figura 35. Simulación hidráulica de presiones (red de distribución parte norte)

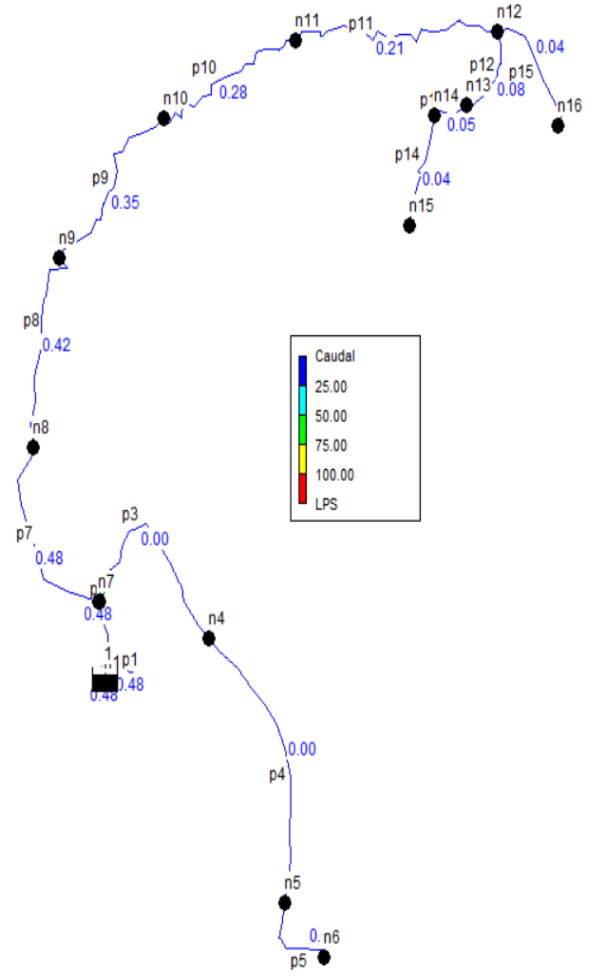


Figura 36. Simulación hidráulica de caudales (red de distribución parte norte)

Tabla 24. Red de Nudos (parte norte)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	0,00	2762,83	-0,17
Conexión n2	0,00	2749,64	20,64
Conexión n3	0,00	2749,64	21,64
Conexión n4	0,00	2749,64	41,64

Conexión n5	0,00	2749,64	44,64
Conexión n6	0,00	2749,64	54,64
Conexión n7	0,00	2749,59	22,59
Conexión n8	0,07	2732,20	17,20
Conexión n9	0,07	2718,85	8,85
Conexión n10	0,07	2709,24	8,24
Conexión n11	0,07	2702,89	14,89
Conexión n12	0,09	2697,77	12,77
Conexión n13	0,03	2697,48	15,48
Conexión n14	0,01	2697,44	16,44
Conexión n15	0,04	2697,39	16,39
Conexión n16	0,04	2697,70	18,70
Embalse 1	-0,48	2762,00	0,00

Tabla 25. Red de líneas (parte norte)

IDLínea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de fricción	Estado
Tubería p1	0,48	1,40	166,88	0,035	Abierto
Tubería p2	0,00	0,00	0,00	0,000	Cerrado
Tubería p3	0,00	0,00	0,00	0,000	Cerrado
Tubería p4	0,00	0,00	0,00	0,000	Cerrado
Tubería p5	0,00	0,00	0,00	0,000	Cerrado
Tubería p6	0,48	1,40	166,83	0,035	Abierto
Tubería p7	0,48	1,40	166,76	0,035	Abierto
Tubería p8	0,42	1,21	125,71	0,035	Abierto
Tubería p9	0,35	1,01	89,91	0,036	Abierto
Tubería p10	0,28	0,82	59,60	0,037	Abierto
Tubería p11	0,21	0,62	35,72	0,038	Abierto
Tubería p12	0,08	0,24	6,04	0,045	Abierto
Tubería p13	0,05	0,15	1,95	0,036	Abierto
Tubería p14	0,04	0,11	0,84	0,030	Abierto
Tubería p15	0,04	0,12	1,09	0,030	Abierto
Tubería 1	0,48	1,40	166,99	0,035	Abierto

3.6.3 Red de distribución completamente abierto, sistema actual

Cuando se abren las dos válvulas las presiones cambian, y bajan significativamente. En donde contamos con presiones negativas de -2,96m y -3,56m. Esto se puede dar por las

pérdidas de fricción existentes en la red de distribución, ya que al realizar las reparaciones de las tuberías por roturas se lo hace de una manera empírica. Se evidencia entonces que la presión de las dos tuberías baja llegando incluso a los niveles mínimos de presión.

Las velocidades (0,09) m/s y (0,11) m/s en la parte centro y norte son bajas en los últimos puntos de distribución de agua.

El agua llega por tanto a la población de una manera limitada causando problemas sociales entre las dos zonas.

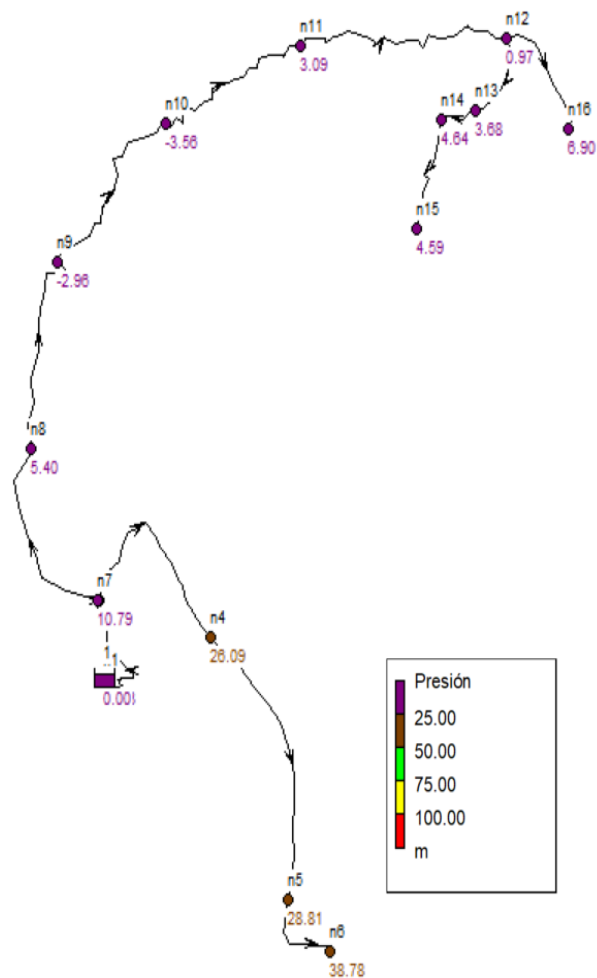


Figura 37. Simulación hidráulica de presión (Red de distribución completamente abierto)

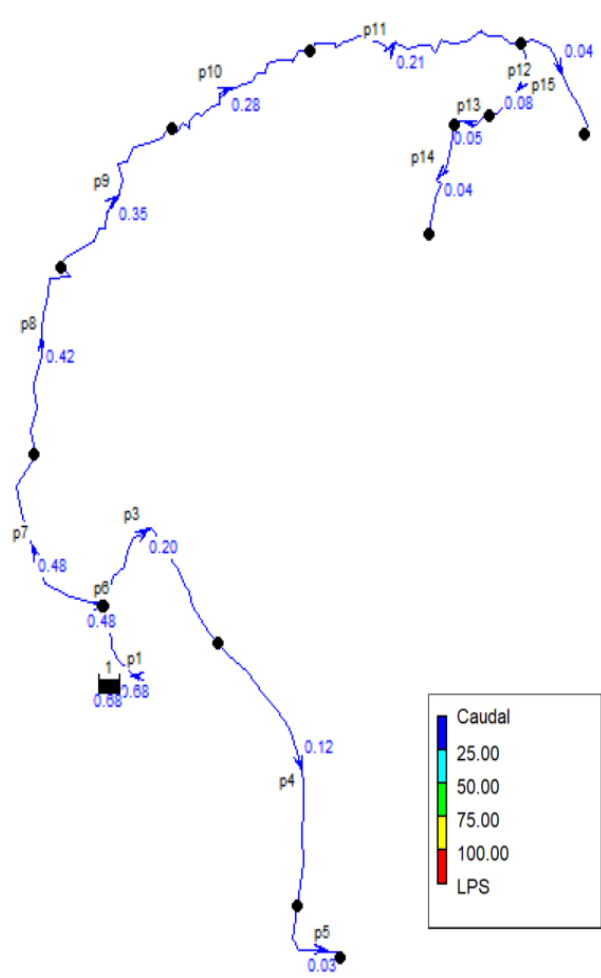


Figura 38. Simulación hidráulica de caudal (Red de distribución completamente abierto)

Tabla 26. Red de Nudos (Sistema completamente abierto)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	0,00	2761,67	-0,33
Conexión n2	0,00	2737,84	8,84
Conexión n3	0,00	2737,84	9,84
Conexión n4	0,08	2737,09	26,09
Conexión n5	0,09	2733,81	28,81
Conexión n6	0,03	2733,81	38,78
Conexión n7	0,00	2733,79	10,79
Conexión n8	0,07	2720,40	5,40

Conexión n9	0,07	2707,04	-2,96
Conexión n10	0,07	2697,44	-3,56
Conexión n11	0,07	2691,09	3,09
Conexión n12	0,09	2685,97	0,97
Conexión n13	0,03	2685,68	3,68
Conexión n14	0,01	2685,64	4,64
Conexión n15	0,04	2685,59	4,59
Conexión n16	0,04	2685,90	6,90
Embalse 1	-0,68	2762,00	0,00

Tabla 27. Red de líneas (Sistema completamente abierto)

IDLínea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de fricción	Estado
Tubería p1	0,68	1,98	326,23	0,03	Abierto
Tubería p2	0,20	0,58	32,58	0,04	Abierto
Tubería p3	0,20	0,58	31,48	0,04	Abierto
Tubería p4	0,12	0,17	1,90	0,04	Abierto
Tubería p5	0,03	0,09	0,69	0,04	Abierto
Tubería p6	0,48	1,40	166,83	0,04	Abierto
Tubería p7	0,48	1,40	166,76	0,04	Abierto
Tubería p8	0,42	1,20	125,71	0,04	Abierto
Tubería p9	0,35	1,01	89,91	0,04	Abierto
Tubería p10	0,28	0,82	59,60	0,04	Abierto
Tubería p11	0,21	0,62	35,72	0,04	Abierto
Tubería p12	0,08	0,24	6,04	0,05	Abierto
Tubería p13	0,05	0,15	1,95	0,04	Abierto
Tubería p14	0,04	0,11	0,84	0,03	Abierto
Tubería p15	0,04	0,12	1,09	0,03	Abierto
Tubería 1	0,68	1,98	326,23	0,03	Abierto

3.7 Propuesta de mejora de la línea de conducción.

La línea de conducción fue construida de una manera empírica sin asistencia técnica, sin análisis topográfico ni de suelos. No existen croquis ni mapas de referencias. La línea de conducción es muy irregular, eso hizo que se emplee una gran cantidad de material para su construcción y a un alto costo.

Debido a esto la presión del agua disminuyó. La falta de análisis técnico de suelo hizo que la tubería pasa por lugares muy frágiles y expuestos a derrumbes causando roturas en diferentes puntos, causado principalmente en invierno.

Esta línea de conducción no fue concebida con válvulas que servirían en un futuro para impedir el flujo del agua cuando se realiza la limpieza del tanque o arreglos de la rotura de la conducción.

La propuesta más adecuada sería optimizar y redireccionar la tubería existente para encausar el agua de una manera más eficiente buscando el camino recto más factible.

La propuesta sería rectificar, alinear y corregir la dirección de la tubería principalmente en los puntos 38-44(tomados en el GPS) y 226-260 (tomados en el GPS), que son los que presentan mayor desnivel y declive.

En la línea de conducción es necesario colocar tres válvulas de compuerta: al inicio, en la parte media y antes del tanque de almacenamiento. Esta estrategia coadyuvaría en la revisión de los daños, en el desagüe de los sedimentos acumulados y para limpiar el tanque. Las válvulas se deben colocar en los puntos más bajos de la línea de conducción para desalojar el material que se acumula y evitar la reducción del área de flujo del agua.

Se deberían colocar válvulas eliminadoras de aire, se deben colocar en los puntos más altos de la línea de conducción para eliminar el aire acumulado en la tubería, debido a que esto influye en el cambio de la velocidad del agua al interior de la tubería.

Figura 39 se puede observar la simulación hidráulica de la propuesta de la línea de conducción.

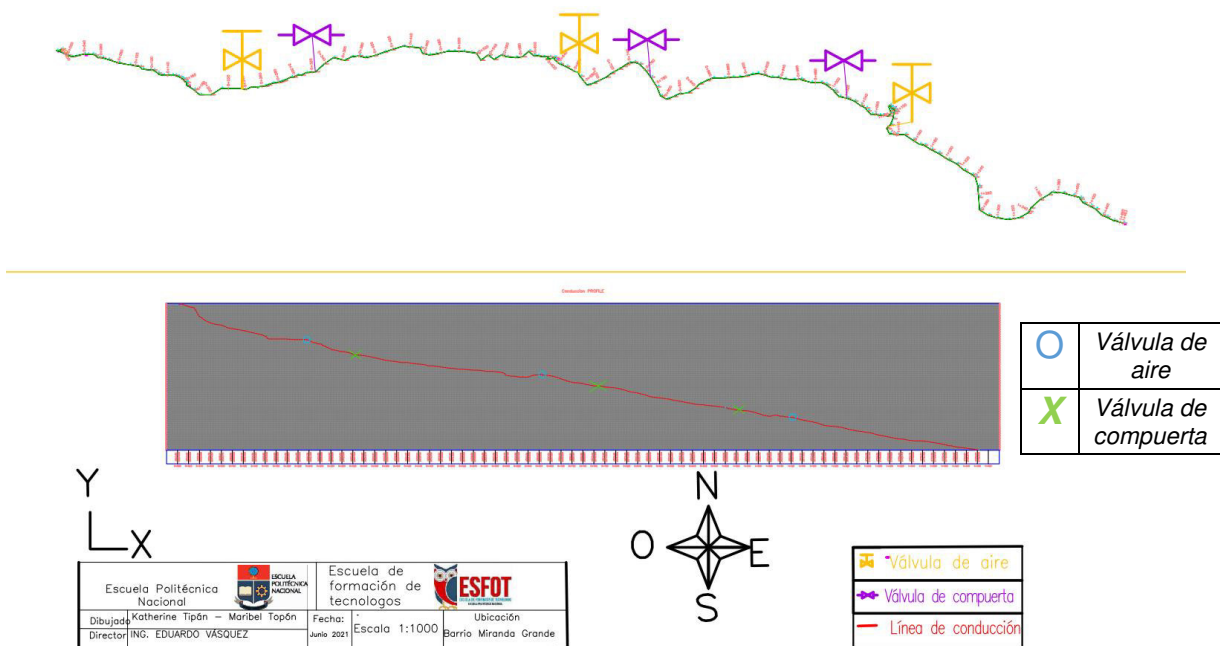


Figura 39. Simulación hidráulica de la propuesta de la línea de conducción

Se obtuvo una presión máxima de 33,56 mca en la conexión n6, las velocidades en los puntos son de 1,73 m/s, este dato cumple con la velocidad mínima de 0,45 m/s que consta en la norma. Los datos se presentan en la Tabla 28 y Tabla 29.

Tabla 28. Red de Nudos (Propuesta línea de conducción)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n2	0,00	3028,82	1,82
Conexión n3	0,00	3015,62	25,89
Conexión n4	0,00	3000,93	30,93
Conexión n5	0,00	2989,30	25,30
Conexión n6	0,00	2969,56	33,56
Conexión n7	0,00	2938,88	27,38
Conexión n8	0,00	2914,56	18,56
Conexión n9	0,00	2908,44	8,44
Conexión n10	0,00	2889,36	10,36
Conexión n11	0,00	2852,90	7,90
Conexión n12	0,00	2847,18	7,58
Conexión n13	0,00	2832,51	8,51

Conexión n14	0,00	2823,02	1,02
Conexión n15	0,00	2762,18	0,18
Embalse vertiente	-0,97	3029,00	0,00
Embalse Tanque	0,97	2762,00	0,00

Tabla 29. Red de líneas (Propuesta de línea de conducción)

IDLínea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de fricción	Estado
Tubería p2	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p3	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p4	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p5	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p6	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p7	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p8	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p9	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p10	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p11	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p12	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p13	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería p14	0,97	1,73	183,42	0,032	Abierto
Tubería 1	0,97	1,73	183,36	0,032	Abierto
Tubería 2	0,97	1,73	183,36	0,032	Abierto

3.8 Propuesta de mejora de la red de distribución

Como se mencionó anteriormente, se propuso una redirección de la línea de conducción en dos puntos con mayor declive que disminuiría la presión y el caudal de agua.

Por tanto, se esperaría que el agua llegue al tanque a una mayor velocidad, caudal y volumen, mejorando de esta manera el caudal máximo horario en los períodos de mayor consumo. El tanque podría llenarse en menor tiempo, de esta manera el abastecimiento de agua para la población mejoraría. Se propone cambiar los diámetros de las tuberías actuales, mayor diámetro al norte y menor diámetro al centro, en función de la cantidad de familias que moran en cada área, de esta manera estas familias podrían abastecerse de agua permanentemente sin necesidad de alternar el paso de agua para cada zona.

Cabe anotar que el 60% de las familias del barrio Miranda Grande cuenta con agua potable y se esperaría que en un futuro no tan lejano la totalidad de las familias accedan a este servicio. Se esperaría que las propuestas de este estudio sean consideradas de una manera urgente hasta que se resuelva el problema del abastecimiento del agua potable a toda la comunidad.

Tabla 30. Propuesta de cambio de diámetro en la red de distribución

	ID nodo inicial	Diámetro de tubería del sistema actual	Diámetro de tubería propuesto
	Tanque – n2	20,93 mm	26,64 mm
Tramo I	n2-n7	20,93 mm	15,80mm
Tramo II	n2- n18	20,93 mm	20,93mm
	n18-n21	20,93 mm	15,80mm
	n18-n22	20,93 mm	15,80mm

En la Figura 40 se observa la simulación hidráulica de la propuesta de la red de distribución con el cambio de diámetro, el sistema funciona completamente abierto y es posible que los dos tramos puedan abastecerse de agua al mismo tiempo. Las presiones que se tiene están en un rango de 14,21 mca hasta 41,06 mca.

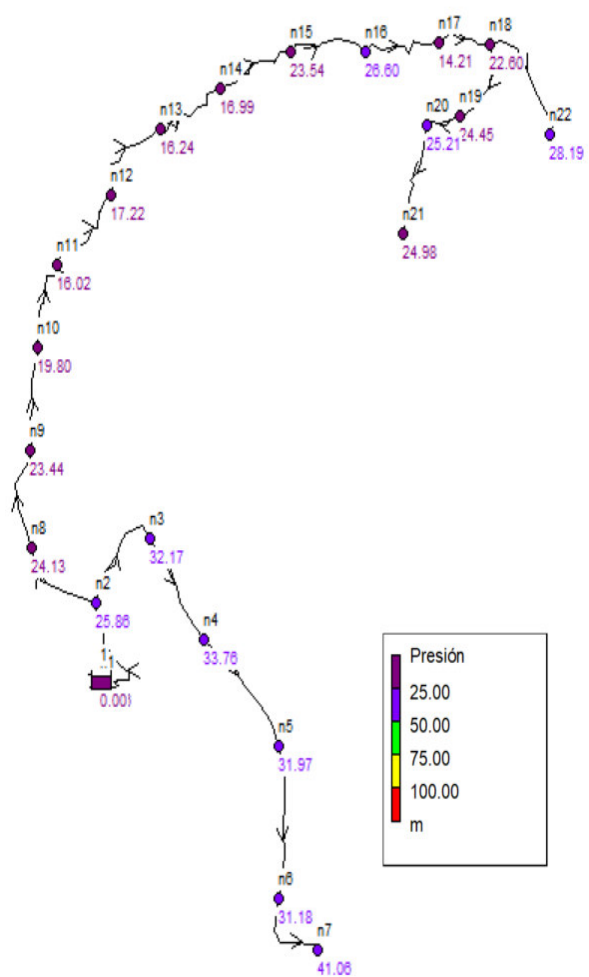


Figura 40. Simulación hidráulica de presión (Propuesta, Red de distribución)

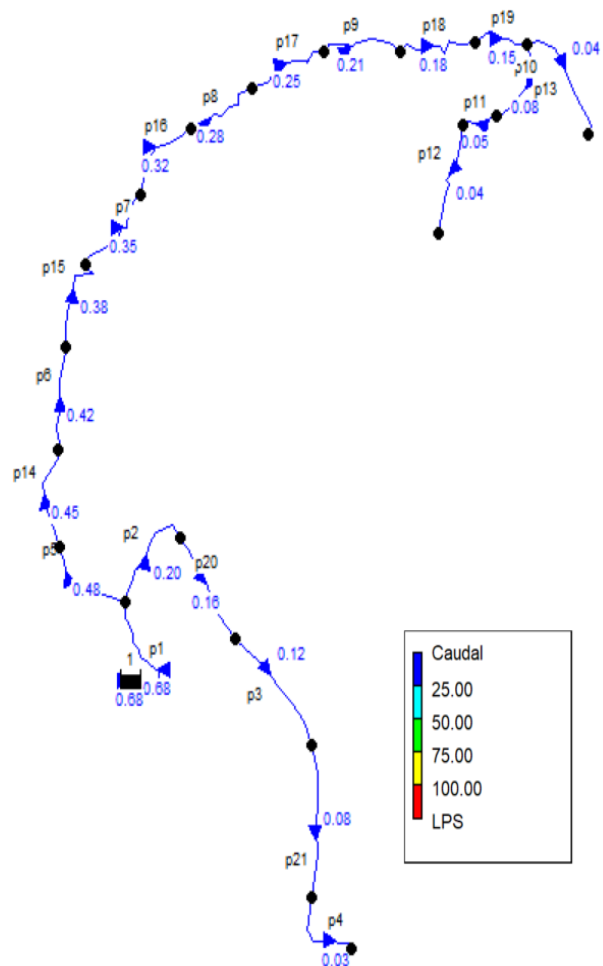


Figura 41. Simulación hidráulica de caudal (Propuesta, Red de distribución)

Tabla 31. Red de líneas (Propuesta red de distribución)

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Factor de fricción	Estado
Tubería p1	0,68	1,23	0,034	Abierto
Tubería p2	0,20	1,02	0,039	Abierto
Tubería p3	0,12	0,63	0,042	Abierto
Tubería p4	0,03	0,16	0,030	Abierto
Tubería p5	0,48	1,41	0,035	Abierto
Tubería p6	0,42	1,21	0,035	Abierto
Tubería p7	0,35	1,02	0,036	Abierto
Tubería p8	0,28	0,82	0,037	Abierto
Tubería p9	0,21	0,62	0,038	Abierto
Tubería p10	0,08	0,41	0,044	Abierto
Tubería p11	0,05	0,26	0,048	Abierto
Tubería p12	0,04	0,19	0,035	Abierto
Tubería p13	0,04	0,02	0,042	Abierto
Tubería p14	0,45	1,31	0,035	Abierto
Tubería p15	0,38	1,11	0,036	Abierto
Tubería p16	0,32	0,92	0,036	Abierto
Tubería p17	0,25	0,72	0,037	Abierto
Tubería p18	0,18	0,52	0,039	Abierto
Tubería p19	0,15	0,42	0,040	Abierto
Tubería p20	0,16	0,83	0,040	Abierto
Tubería p21	0,08	0,40	0,044	Abierto
Tubería 1	0,08	1,83	0,034	Abierto

Tabla 32. Red de Nudos (Propuesta red de distribución)

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	0,00	2761,74	-0,26
Conexión n2	0,00	2754,86	25,86
Conexión n3	0,04	2747,17	32,17
Conexión n4	0,04	2741,76	33,76
Conexión n5	0,04	2737,97	31,97
Conexión n6	0,05	2736,18	31,18
Conexión n7	0,03	3736,06	41,06
Conexión n8	0,03	2746,13	24,13
Conexión n9	0,03	2738,44	23,44
Conexión n10	0,03	2731,8	19,80

Conexión n11	0,03	2726,02	16,02
Conexión n12	0,03	2721,22	17,22
Conexión n13	0,03	2717,24	19,24
Conexión n14	0,03	2713,99	16,99
Conexión n15	0,03	2511,54	23,54
Conexión n16	0,03	2709,6	26,60
Conexión n18	0,02	2707,6	22,60
Conexión n19	0,03	2706,45	24,45
Conexión n20	0,01	2706,21	24,21
Conexión n21	0,04	2705,98	24,98
Conexión n22	0,04	2707,19	28,19
Conexión n17	0,03	2708,21	14,21
Embalse 1	-0,68	2762,00	0,00

3.9 Propuesta de sistema de cloración

Se propone implementar un sistema de Hipoclorador por goteo con flotador para el tanque de almacenamiento, esta propuesta se debe a que en el estudio se encontró que existían coliformes totales y fecales, y esta medida evitaría enfermedades intestinales en la población.

Se propone además desarrollar una campaña de salud pública contra los parásitos y campañas de desparasitación para prevenir la enfermedades diarreicas y gastrointestinales.

Dosificación de Hipoclorito de sodio

El caudal de entrada al tanque de almacenamiento, es 0,27 l/s. Para la estimación de cloro se tomó como referencia el documento técnico de desinfección del agua para consumo humano (OPS/OMS, 2014), donde la dosificación es de 3 gotas/segundo para un caudal de 1 l/s. El caudal de ingreso al tanque es menor a 1 l/s, por esto la dosificación requerida será de 1 gota/segundo, de forma que el cloro residual sea de 0,5 mg/l que es lo óptimo.

3.10 Presupuesto referencial

Se presenta el presupuesto referencial (Tabla 33) para la línea de conducción, donde se propone implementar válvulas de aire, de compuerta y caja de válvulas. Para la red de

distribución se especifica los diámetros de tuberías y conexiones domiciliarias finalmente, los elementos requeridos para la instalación de un Hipoclorador por goteo. Se calculó un presupuesto de 7261.64 USD. El plano donde se muestra los elementos se observa en el ANEXO V.

Tabla 33. Presupuesto referencial

PRESUPUESTO					
Presupuesto		Línea de conducción, Red de distribución e Hipoclorador por goteo			
Lugar		Barrio Miranda Grande			
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Línea de conducción				
1.1	VALVULA COMPUERTA 1"	u	3.00	103.70	311.10
1.2	VALVULA DE AIRE 1" (MAT/TRNAS/INST)	u	3.00	278.40	835.20
2	Red de distribución				
2.1	TUBERIA PVC U/E 1.00MPA 026,64MM (MAT/TRANS/INST)	m	74.00	1.60	118.40
2.2	TUBERIA PVC U/E 1.00MPA 018,80MM (MAT/TRANS/INST)	m	455.00	0.95	431.34
2.3	CONEXION DOMICILIARIA SERVICIO PVC 1/2" (MAT/INST)	u	30.00	182.79	5,483.70
3	Hipoclorador por goteo				
3.1	TANQUE 300 LTS POLIETILENO APILABLE (PROVISION E INSTALACION)	u	1	0.2	0.8
3.2	TANQUE 40 LTS POLIETILENO APILABLE (PROVISION E INSTALACION)	u	1	1.902	7.608
3.3	FLOTADOR	u	1	0.38	1.52
3.4	CONECTOR DE PVC 3/8" MANGUERA X 1/4" NPT (PROVISION DE INSUMO)	u	3	10.434	41.736
3.5	ABRAZADERA 3/4" (PROVISION E INSTALACION)	u	3	1.14	4.56
3.6	MANGUERA FLEXIBLE D= 15 mm (PROVISION E INSTALACION)	m	1	0.786	3.144
3.7	LLAVE DE PASO PVC 1/2" (PROV. E INSTALACION)	u	2	5.44	21.76
3.8	NEPLO PVC ROSCABLE 1/2"	u	2	0.192	0.768
				TOTAL	7,261.64

3.11 Socializar con la comunidad y entrega de una memoria técnica

La socialización se realizó el día domingo 18 de julio de 2021 de manera presencial ya que por motivos de la pandemia se invitó a una persona por familia para evitar aglomeraciones.

Se contó con 10 personas que son beneficiarias del agua en donde se presentó los datos que se obtuvo en el estudio, se presentó la propuesta de mejora en el sistema existente y el presupuesto para realizar cambios en el sistema.

Se dieron recomendaciones sobre los problemas a futuro por la falta de agua, como preservar las vertientes y las afecciones que pueden tener si no se realiza un tratamiento de desinfección al agua que consumen. ANEXO VI.

Los beneficiarios manifestaron que el sistema de abastecimiento lo realizaron las personas que hacen uso del agua de la vertiente, debido a la falta de agua potable. Las inquietudes de las personas fueron: que mantenimiento se debe dar al tanque de almacenamiento de agua y cada que tiempo, cada que tiempo se debe cambiar las tuberías, que cantidad de cloro se debe aplicar en el agua, el presupuesto para mejorar el sistema actual y finalmente la pregunta que realizó una niña en cuanto a los beneficios de aplicar el cloro en el agua, siendo los niños los más vulnerables a contraer enfermedades por el consumo de agua sin tratamiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El sistema de abastecimiento del Barrio Miranda Grande fue construido de forma empírica, es por esto que existen muchos defectos técnicos en la línea de conducción y en la red de distribución. Lo cual incrementó la inversión y dificulta la gestión de la operación del sistema de abastecimiento.
- De acuerdo al resultado del análisis físico del agua de las vertientes Pazhuaycu, se puede concluir que estos indicadores se encuentran dentro de los niveles aceptables de las normas vigentes, por tanto, el agua debe pasar por un proceso de filtración y desinfección para que el agua sea segura para el consumo.
- Los resultados de los análisis químicos de las vertientes demuestran también que el agua no presenta valores extremos en comparación con las normas vigentes, sin embargo, el valor de DQO es 30mg/l lo cual exige un tratamiento básico de filtración.
- Los resultados de los análisis biológicos demuestran que el agua presenta contaminación de coliformes totales con un 91 ufc/100ml y coliformes fecal con 16 ufc/100ml, en el tanque de almacenamiento. Para lo cual es necesario implementar un sistema de cloración.
- El estudio de la cantidad de agua de las vertientes manifiesta la existencia de un caudal de 0,27 l/s, el cual es suficiente para las necesidades diarias de la población actual que son únicamente 30 personas. La proyección de la población del Barrio Miranda para el año 2050 llegaría a 103 habitantes, el caudal del agua para esa población sería totalmente insuficiente.
- En la visita técnica no se encontraron válvulas ni accesorios en toda la línea de conducción por lo que se puede concluir que se dificulta los arreglos de las tuberías y las limpiezas en el tanque ya que deben acudir a la captación para evitar el paso del agua.

- El volumen del tanque de almacenamiento es de 24,45m³. Este volumen se llena en 24 horas. Hasta la fecha esta cantidad abastece suficientemente a la comunidad. En invierno el suministro de agua se brinda al mismo tiempo tanto a la parte norte como a la parte centro. En verano la cantidad de agua se reduce y no alcanza a toda la población, es por eso que se debe turnar la distribución.
- El 60 % de la población cuenta con agua potable, mientras que solo el 40% usa mayoritariamente el agua de las vertientes la misma que será insuficiente en la próxima década es por esto que no solo se debe optimizar el sistema actual de abastecimiento de agua sino buscar estrategias comunales para conseguir el servicio de agua potable para población.
- Instalar un sistema de desinfección (Hipoclorador por goteo) en el tanque de almacenamiento debido a la presencia de coliformes totales y fecales que arrojaron en el análisis de agua, lo cual es un riesgo para la salud. El sistema de desinfección ayudará a evitar que las personas tengan problemas gastrointestinales, particularmente la población infantil.
- Se debe realizar el cambio de diámetros de tubería en la red de distribución en ciertas zonas para que la distribución de agua abastezca a la parte norte y parte centro.

4.2 Recomendaciones

- El sistema de abastecimiento debe ser rectificado, es preciso alinear y corregir de la tubería actual de la línea de conducción para mejorar la velocidad, caudal y volumen de agua que llega al tanque.
- Para mejorar el nivel de oxígeno (4,24 mg/l) se debe colocar un aireador de bandejas al inicio del sistema de abastecimiento.
- La Directiva del barrio Miranda Grande debería organizarse para encaminar los trámites necesarios para lograr el servicio agua potable para toda la población, hasta el momento este derecho no es equitativo puesto que solo cierta cantidad de habitantes cuenta con agua potable.

- Se recomienda también que la organización comunitaria del Barrio Miranda Grande actualizar la concesión de agua de las vertientes que se les otorgó en el año 2009.
- Se deben colocar 3 válvulas de aire para que se pueda extraer el aire de las tuberías. también es necesario instalar 3 válvulas de compuerta al inicio (2946 msnm), al medio (2879 msnm) y al final (2833 msnm) de la línea de conducción para facilitar el desagüe y limpieza o para arreglar cualquier rotura de la tubería.
- Se recomienda instalar un sistema de desinfección (Hipoclorador por goteo) en el tanque de almacenamiento para eliminar coliformes totales y fecales que se encontraron en el análisis de agua y evitar que las personas tengan problemas gastrointestinales.
- Se recomienda a la comunidad del Barrio Miranda Grande el cambio de las tuberías en todo el sistema de abastecimiento, debido a que las existentes no son específicas para transportar agua para consumo humano.
- Se recomienda a la comunidad del Barrio Miranda Grande actualizar la concesión de agua de las vertientes que se les otorgó en el año 2009.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acceso y consumo de agua potable para todos. (20 de junio de 2018). *El universo*.
- Acuerdo Ministerial No. 097 - A. (11 de 2015). Acuerdo Ministerial No. 097 - A. Reforma del texto unificado de legislación secundaria. Quito , Pichincha , Ecuador.
- Adler, F. (2006). *Los embalses y los recursos hídricos superficiales* (Vol. 27). Tucumán, Argentina . Obtenido de <https://n9.cl/gy3g>
- Ambientalys. (2019). *Ambientalys*. Obtenido de Ambientalys: <https://n9.cl/fucq>
- Ambientum. (2020). Determinación de compuestos de fósforo. Madrid: Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://n9.cl/cqri>
- Baquero, A. (2013). *Diseño de alcantarillado combinado del barrio Miranda Grande, parroquia Amaguaña, Cantón Quito, provincia de Pichincha*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://n9.cl/co0j5>
- Barceló, C., & Gonzáles, Y. (2018). *Vivivenda saludable medioambiente y salud*. La Habana, Cuba : Científico-Técnica.
- Barrantes, K., Chacón, L. M., Solano, M., & Achí, R. (junio de 2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. Caracas. Obtenido de <https://n9.cl/6ucx>
- Barreto Sáenz, P. (2 de diciembre de 2009). Procedimiento de muestreo de agua superficial. Obtenido de <https://n9.cl/elkr>
- Basán, M. (2008). Aforadores de corrientes de agua. Obtenido de <https://n9.cl/p91q7>
- Bolaños, J. D., & Cordero, G. (8 de mayo de 2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre. Costa Rica. Obtenido de <https://n9.cl/4gcuv>
- Bravo, J. (08 de enero de 2018). *Fuentes de agua superficiales y subterráneas*. Obtenido de <https://n9.cl/bl8v>
- Carpio, T. (14 de 06 de 2007). Sólidos Totales Secados a 103-105 °C. Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/75kd>
- COBCM/COBCLM. (2013). Descripción de indicadores. Indicador Oxígeno Disuelto. Madrid. Obtenido de <https://n9.cl/nmyco>

- COBCM/COBCLM. (14 de febrero de 2015). Programa de nuestro medio (Aula verde). Red Municipal de indicadores medioambientales con participación educativa. Madrid: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de <https://n9.cl/hkii>
- Constitución de la República del Ecuador . (20 de octubre de 2018). Constitución de la República del Ecuador . Quito , Pichincha , Ecuador .
- COSUDE. (2018). Memoria descriptiva de instalacion de una hipoclorador por goteo con flotador, capacitación y funcionamiento.
- CPE INEN 5 Parte 9-1. (1992). Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En *Código Ecuatoriano de la Construcción. C.E.C.* Quito. Obtenido de <https://n9.cl/okaxc>
- Dastec Uruguay S.R.L. (2020). *Dastec Uruguay S.R.L.* Obtenido de <https://n9.cl/4q3nh>
- Ecofluidos Ingenieros S.A. (2002). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco.* Lima.
- EMAAP. (2008). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q.* Quito, Pichincha, Ecuador.
- EPMAPS. (2019). *EPMAPS Agua de Quito.* Obtenido de EPMAPS Agua de Quito: <https://n9.cl/f58j6>
- GADP AMAGUAÑA. (24 de 06 de 2015). Actualización plan de desarrollo y ordenamiento territorial. Amaguaña, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://n9.cl/nu24>
- Gavidia , V., & López , C. (2004). *Agua.* Solana.
- Gobierno del Perú. (2004). *Criterios para la selección de opciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales.* Obtenido de <https://n9.cl/j0yy>
- GOIB. (2020). Sulfatos en el agua de consumo humano. Obtenido de <https://n9.cl/of5ma>
- González Valencia, A. (2014). *Maual Piragüero. Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua.* Medellín, Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/q2v7r>
- Guerrero , M. (2010). *El Agua.* México : CONACyT.

- Hanna Instruments. (2017). Conductividad y Sólidos disueltos. Obtenido de <https://n9.cl/xvee>
- HIDROTEC . (2021). Obtenido de <https://n9.cl/w6jw>
- HORIBA. (15 de junio de 2012). *Ambientalia*. Obtenido de <https://n9.cl/d8x5>
- INEC. (2010). *Población de la parroquia Amaguaña* .
- INEC. (2016). Indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador. Obtenido de INEC: <https://n9.cl/vpph>
- INEC, UNICEF. (2018). *Agua, Saneamiento e higiene*. Obtenido de <https://n9.cl/e572h>
- INEN. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. En *Código Ecuatoriano de la construcción*. C.E.C. (pág. 43). Quito, Ecuador . Obtenido de <https://n9.cl/okaxc>
- INEN. (2011). Agua potable. Requisitos. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://n9.cl/wvfd>
- INEN. (06 de 2013). Norma Técnica Ecuatoriana. Agua. Calidad del agua. muestreo. Manejo y conservacion de muestras. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://n9.cl/8hd2m>
- INEN. (01 de 2014). Norma Técnica Ecuatoriana. Agua Potable. Requisitos. Quito . Obtenido de <https://n9.cl/gvui>
- INEN. (04 de 2020). Agua para consumo humano. requisitos. Sexta revisión. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Li, Y., & Kati, M. (2011). *Water Quality Concepts, sampling, and analyses*. London : Taylor & Francis Group .
- López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Maderey , L. E., & Jiménez, A. (2005). Agua Subterránea . En L. E. Maderey, & A. Jiménez, *Principios de Hidrogeografía Estudio del Ciclo Hidrológico* (págs. 87-89). México : Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma .
- Marín Calvín, R. (2014). *Microbiología de las aguas*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.



- Martínez , A., & Luna , L. (2012). Menú de opciones tecnológicas para el abastecimiento de agua potable en la costa Caribe. República de Nicaragua. Obtenido de <https://n9.cl/30w8>
- MINAM. (2008). Estándres Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Obtenido de <https://n9.cl/g9733>
- Navarro, M. O. (04 de 06 de 2007). DBO-5días en aguas. Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/ral6>
- Navarro, M. O. (30 de agosto de 2007). Determinación de Escherichia coli y coliformes totales een agua por el método de filtración por mebrana en agar chromocult. Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/gu6ir>
- NORMA CO 10.7 - 602. (09 de 2016). Norma de diseño para el sistema de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos liquidos en el área rural. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://n9.cl/4a3vh>
- Ojeda Guzzini, M. (2015). *Tratamiento de agua potable* . Madrid : ELEARNING S.L.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. 1. Obtenido de <https://n9.cl/7y9xq>
- OMS. (2018). Guías para la calidad de agua de consumo humano. Ginebra. Obtenido de <https://n9.cl/ebku>
- ONU. (2010). Asamblea General adopta una resolución que reconoce el acceso al agua potable, el saneamiento como derecho humano.
- OPS/OMS. (2014). Desibfección de agua para consumo humano. Método de Cloración. La Paz, Bolivia.
- Pérez, L. (2020). Gestión de agua y saneamiento sostenible. Conducción por gravedad. Obtenido de <https://n9.cl/tim2r>
- Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca hidrográfica del Río Anamichú. (2009). Tolima. Obtenido de <https://n9.cl/yh2rd>
- Ponce, F. (octubre de 2006). MANUAL PARA ENSAYO DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ACCESORIOS DE TUBERÍAS DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA. Guatemala. Obtenido de <https://n9.cl/qp8gv>
- Proaño, P., Capito, L., Rosales, A., & Camacho, O. (2017). A dynamical sliding mode control approach for long deadtime systems. *International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)* . IEEE.

- Ramirez, F. (29 de marzo de 2007). El muestreo de agua. Toma y conservación de muestras. Obtenido de <https://n9.cl/dpx5n>
- Reutelshöfer, L., & Guzmán, L. (2015). *Guía para la toma de muestras de agua residual*. La Paz, Bolivia: PERIAGUA. Obtenido de <https://n9.cl/r5of4>
- Roberes, J. (10 de agosto de 2016). *Eadic*. Obtenido de Eadic: <https://n9.cl/648c>
- Rodríguez, C. H. (28 de 12 de 2007). Demanda Química de Oxígeno por reflujos cerrados y volumetría. Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/uv11>
- Romero Rojas, J. A. (2009). *Calidad del agua*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rossmann, L. (30 de mayo de 2017). *Análisis hidráulico y de calidad en redes de distribución de agua*. Valencia . Obtenido de <https://n9.cl/5kvye>
- Santos, A. (2015). *Servicios de obra civil*. Madrid: Elearning S.L. Obtenido de <https://n9.cl/12oz8>
- Severiche, C. A., Castillo, M. E., & Acevedo, R. L. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Cartagena de Indias, Colombia. Obtenido de <https://n9.cl/zpqn>
- SIAPA. (febrero de 2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Sistemas de agua potable. Obtenido de <https://n9.cl/2scd>
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua;Evaluación y diagnóstico*. . Madrid : Ediciones de la U.
- Singh, N. (2016). El derecho humano al agua como concepto. En N. Singh, *El Derecho humano al agua, del concepto a la realidad* (págs. 3-6). Springer International Publishing Switzerland.
- Tecnometrica. (2019). Manual de instrucciones de uso Caudalímetro por ultrasonido. Obtenido de <https://n9.cl/oe92g>
- Torres García, R. D. (01 de noviembre de 2018). *Aplicación a la escala de pH*. Obtenido de <https://n9.cl/49ccu>
- TULSMA. (2017). Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua .
- UAB. (2019). Tuberías, válvulas y accesorios . Obtenido de <https://n9.cl/04dzt>

Vargas, C. (enero de 2010). Análisis de bacterias comunes en plantas de tratamiento de diferentes efluentes que son indicadores de alta eficiencia en remoción de contaminantes. Costa Rica.

6 ANEXOS

ANEXO I Hoja de campo

	<h1>Hoja de Campo</h1>		
Fecha:		N° Punto:	
Hora:		Muestreador:	
Descripción del lugar:			
Parámetros analizados in situ			
Parámetro	Tipo de envase	Cantidad de muestra	
Temperatura			
pH			
Turbiedad			
Conductividad			
Oxígeno Disuelto			
Parámetros analizados en laboratorio			
Parámetro	Tipo de envase	Cantidad de muestra	Preservante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)			
Sólidos totales			
Sólidos suspendidos totales			
Sólidos disueltos totales			
Sólidos sedimentables			
Nitritos			
Nitratos			
Sulfatos			
Fosfatos			
Coliformes totales			
Coliformes fecales			

ANEXO II Concesión de agua para el Barrio Miranda Grande



(Cuerpo)

SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA "SENAGUA" AGENCIA DE AGUAS DE QUITO

SECRETARIA NACIONAL DEL AGUA.- AGENCIA DE QUITO.- Quito, 15 de Octubre del 2009, las 8H30.- PROCESO 1095-Cs-1999.- VISTOS.- Atento Acción de Personal No. 104704, de marzo 30 del 2009, avoco conocimiento de la presente causa, en mi calidad de Jefe de Agencia de Quito, de la Secretaría Nacional del Agua. Actúe la Secretaria designada. **JUAN DE DIOS SUQUILLO** Presidente del Comité Pro-Mejoras del Barrio Miranda de Amaguaña, comparece a esta Agencia y manifiesta: Que desde varios años quienes habitamos en Miranda Grande, hemos venido padeciendo de la falta de agua para uso doméstico y por esta razón hemos organizado para mejorar nuestras condiciones de vida. Con este antecedente solicita la concesión y aprovechamiento de las aguas de la vertiente Innominada cerca de quebrada Pazhuaycu ubicada en Puguycu, cota 3000msnm, coordenadas 9984300 y 776900, en un caudal de 2l/s, para uso domestico del barrio Miranda Grande. Así como solicitan también las servidumbres respectivas. Aceptado que fuera el pedido a trámite, en providencia a fojas 8 del expediente, se dispone se cite a los usuarios conocidos o no, por la prensa, mediante la publicación de un extracto de la solicitud conforme lo establece el Art. 85 hoy 87 de la Ley de Aguas, por tres veces mediando entre una y otra el plazo de ocho días en uno de los Diarios El Comercio, Ultimas Noticias, Hoy, La Hora o El Telégrafo, que se editan en esta ciudad; la fijación de carteles en tres de los lugares más frecuentados de las parroquias Guamaní y Amaguaña, en la que dispone también la citación a los señores Alfonso, Marcelo, Rosa y Lourdes Pérez Guarderas, dueños de los predios sirvientes, diligencias que han sido cumplidas conforme consta de autos. Concluida la tramitación, y siendo el estado de la causa el de resolver, se considera: **PRIMERO.-** De conformidad con la norma contenida en los Arts. 82 de la Ley de Aguas, 13, 14 y literal b) del Art. 20 del Reglamento General de Aplicación, la Jefe de la Agencia de Quito de la Secretaría Nacional del Agua, es competente para resolver la presente causa.- **SEGUNDO.-** En la tramitación de la presente causa se han observado todos los requisitos de ley sin que se haya omitido solemnidad sustancial alguna que vicie su procedimiento, por cuya razón se declara la validez de todo lo actuado.-**TERCERO.-** A fs. 1 a la 46 del expediente, constan entre otros los siguientes documentos: La petición con su respectiva calificación;

ANEXO III Cálculo de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Elevaciones (m)	3027	3029	2762
Temperatura °C	13.73	13.08	16.03
Oxígeno Disuelto mg/l	4.28	4.4	4.45

Densidad del agua	p (kg/m ³)	1000
Gravedad	g(m ² /s)	9.8
1Pa	0.0075006	mmHg

Punto 1	Punto 2	Punto3
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto
$\frac{Patm}{\rho g} = 10.33 - (1.221 \times 10^{-3} \times H) + (5.46 \times 10^{-8} \times H^2)$	$\frac{Patm}{\rho g} = 10.33 - (1.221 \times 10^{-3} \times H) + (5.46 \times 10^{-8} \times H^2)$	$\frac{Patm}{\rho g} = 10.33 - (1.221 \times 10^{-3} \times H) + (5.46 \times 10^{-8} \times H^2)$
Patm/pg 7.134318	Patm/pg 7.132537319	Patm/pg 7.374121962
Patm (Pa) 69916.316	Patm (Pa) 69898.86572	Patm (Pa) 72266.39523
Patm(mmHg) 524.41572	Patm(mmHg) 524.2848302	Patm(mmHg) 542.0427694
Factor de corrección de presión	Factor de corrección de presión	Factor de corrección de presión
Factor = 1/((0.001316 × Patm) – 0.000036)	Factor = 1/((0.001316 × Patm) – 0.000036)	Factor = 1/((0.001316 × Patm) – 0.000036)
Factor 1.4490757	Factor 1.449437454	Factor 1.401949834
Porcentaje de saturación de oxígeno en el agua	Porcentaje de saturación de oxígeno en el agua	Porcentaje de saturación de oxígeno en el agua
$SAT = (-0.6537153 - (0.0104799 \times T) + (6.918079 \times OD) + (0.2075711 \times T \times OD) - (0.0129793 \times OD^2)) \times Factor$	$SAT = (-0.6537153 - (0.0104799 \times T) + (6.918079 \times OD) + (0.2075711 \times T \times OD) - (0.0129793 \times OD^2)) \times Factor$	$SAT = (-0.6537153 - (0.0104799 \times T) + (6.918079 \times OD) + (0.2075711 \times T \times OD) - (0.0129793 \times OD^2)) \times Factor$
%SAT 59.08143	%SAT 59.9249738	%SAT 62.40568543

**ANEXO I Datos del análisis de Coliformes Totales y Fecales en el punto 3
(Tanque de almacenamiento de agua)**



Orden de trabajo N° 212796
Informe N° 212796A
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: JESSENIA MARIBEL TOPÓN PACHACAMA
Dirección: Sangolquí
Muestra: Agua cruda
Descripción de la muestra: Líquido incoloro
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 29 de julio del 2021
Lote: ---
Localización: Barrio Miranda Grande
Envase: Frasco estéril
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 29 de julio del 2021
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 29 – 30 de julio del 2021
Fecha de emisión del informe: 02 de agosto del 2021
Condiciones ambientales: 25,6°C 48%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS	VALORES DE REFERENCIA INEN 1108
Recuento de Coliformes totales	ufc/100ml	PEEM/LA/19 Standard Methods 9222 B	9,1 x 10 ¹	---
Recuento de Coliformes fecales	ufc/100ml	PEEM/LA/19 Standard Methods 9222 D	1,6 x 10 ¹	Ausencia

Cecilia Luzuriaga
Dra. Cecilia Luzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
 LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
 Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



ANEXO II Cálculo de caudales de la vertiente

Tabla 34. Tiempo de llenado del recipiente

	Tiempo en el que el recipiente se llena de agua	
	Punto 1	Punto 2
	segundos	segundos
	16,94	12,73
	17,66	12,57
	19,16	12,99
	17,99	12,77
PROMEDIO	17,94	12,77
Volumen del recipiente	2	litros

Aforo de caudal en el punto 1

$$Tiempo Promedio = \frac{(16,94s) + (17,66s) + (19,16s) + (17,99s)}{4} = 17,94 \text{ segundos}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{0,002 \text{ m}^3}{17,94 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{2 \text{ l}}{17,94 \text{ s}}$$

$$Q = 0,11 \text{ l}/\text{s}$$

Aforo de caudal en el punto 2

$$Tiempo Promedio = \frac{(12,73s) + (12,57s) + (12,99s) + (12,77s)}{4} = 12,77 \text{ segundos}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{0,002 \text{ m}^3}{12,77}$$

$$Q = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$Q = \frac{2 \text{ l}}{12,77}$$

$$Q = 0,15 \text{ l}/\text{s}$$

Caudal Total

$$Q_{TOTAL} = 0,11 \text{ l}/\text{s} + 0,15 \text{ l}/\text{s} = 0,27 \text{ l}/\text{s}$$

ANEXO III Cálculo de la población futura

Para el cálculo de la tasa de anual de crecimiento se ha tomado los datos de la población de la Parroquia de Amaguaña, que se encuentran en la Tabla 35.

Tabla 35. Población según censos

POBLACIÓN SEGÚN CENSOS							
	1.950	1.962	1.974	1.982	1.990	2.001	2010
PICHINCHA	381.982	553.665	885.078	1.244.330	1.516.902	2.388.817	2.576.287
DMQ	314.238	475.335	768.885	1.083.600	1.371.729	1.839.853	2.239,19
ALANGASÍ	3.646	1.670	4.878	7.530	11.064	17.322	24.251
CONOCOTO	5.419	6.430	11.960	19.884	29.164	53.137	82.072
GUANGOPOLO	0	914	1.270	1.622	1.670	2.284	3.059
LA MERCED	0	0	2.470	3.431	3.733	5.744	8.394
PINTAG	5.986	6.516	7.483	9.335	11.484	14.487	17.930
AMAGUAÑA	7.832	9.978	12.066	16.472	16.779	23.584	31.106

Fuente. (INEC, 2010)

Tasa de crecimiento anual

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\left(\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}} \right)} - 1$$

En donde:

- r Tasa de crecimiento anual geométrico
- P_{uc} Población del último censo
- P_{ci} Población del censo inicial
- T_{uc} Año del último censo
- T_{ci} Año del censo inicial

Tabla 36. Cálculo de la tasa de crecimiento anual

1950	$r = \left(\frac{31106}{7832} \right)^{\left(\frac{1}{2010-1950} \right)} - 1$	$r = (3,9717)^{\left(\frac{1}{60} \right)} - 1$	$r = 0,0233$
1962	$r = \left(\frac{31106}{9978} \right)^{\left(\frac{1}{2010-1962} \right)} - 1$	$r = (3,1174)^{\left(\frac{1}{48} \right)} - 1$	$r = 0,0240$

1974	$r = \left(\frac{31106}{12066}\right)^{\left(\frac{1}{2010-1974}\right)} - 1 \quad r = (2,5779)^{\left(\frac{1}{36}\right)} - 1 \quad r = 0,0267$
1982	$r = \left(\frac{31106}{16472}\right)^{\left(\frac{1}{2010-1982}\right)} - 1 \quad r = (1,8884)^{\left(\frac{1}{28}\right)} - 1 \quad r = 0,0230$
1990	$r = \left(\frac{31106}{16779}\right)^{\left(\frac{1}{2010-1990}\right)} - 1 \quad r = (1,8538)^{\left(\frac{1}{20}\right)} - 1 \quad r = 0,0313$
2001	$r = \left(\frac{31106}{23584}\right)^{\left(\frac{1}{2010-2001}\right)} - 1 \quad r = (1,3189)^{\left(\frac{1}{9}\right)} - 1 \quad r = 0,0312$

Crecimiento geométrico de la población

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde:

- P_f Población proyectada
- P_{uc} Población del último censo
- r Tasa de crecimiento anual
- T_f Año de proyección
- T_{uc} Año del último censo

2020 $P_{2020} = 30 * (1 + 0,0233)^{2020-2010}$ $P_{2020} = 30 * (1,0233)^{10}$ $P_{2020} = 37.8$

De esta forma se ha calculado la población futura hasta el año 2050.

Método geométrico		Población proyectada						
Pci	r	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
1950	0.0233	38	42	48	53	60	67	75
1962	0.0240	38	43	48	54	61	69	77
1974	0.0267	39	45	51	58	66	75	86
1982	0.0230	38	42	47	53	59	66	74
1990	0.0313	41	48	56	65	76	88	103
2001	0.0312	41	48	55	65	75	88	103
PROMEDIO	0.0266	39	45	51	58	66	76	86

103 | Número de habitantes que se considera para el cálculo de los caudales de diseño

ANEXO IV Cálculo de caudales de diseño

Consumo total

Para determinar el consumo total se toma un porcentaje de pérdida del 20 % y el consumo neto de 160 Litros/ habitante*día.

$$\text{Consumo Total (L/hab * d)} = \frac{\text{Consumo Neto}}{1 - \%P}$$

$$\text{Consumo Total} = \frac{120 \text{ L/hab * d}}{1 - 0,20}$$

$$\text{Consumo total} = 200 \text{ L/hab * d}$$

Caudal promedio diario

Para el cálculo del caudal promedio se considera la población futura calculada que sería 103 habitantes.

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{\text{Consumo Total (L/hab * d)} * \text{Población (hab)}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{Promedio}} = \frac{(200 \text{ L/hab * d}) * (103 \text{ hab})}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{Promedio}} = 0,238 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Caudal máximo diario

$$Q_{\text{máximo diario}} = k1 * Q_{\text{promedio}}$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = (1,4) * (0,238 \text{ L/s})$$

$$Q_{\text{máximo diario}} = 0,333 \text{ L/s}$$

Caudal máximo horario

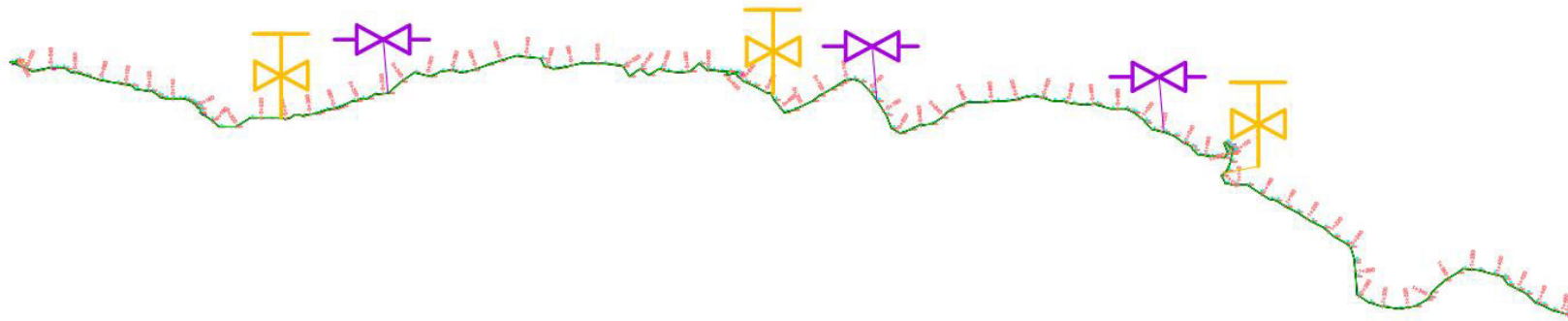
$$Q_{\text{máximo horario}} = k2 * Q_{\text{máximo diario}}$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = (2,2) * (0,333 \text{ L/s})$$

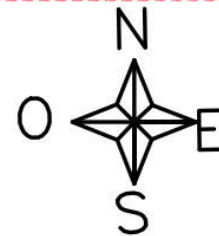
$$Q_{\text{máximo horario}} = 0,732 \text{ L/s}$$

ANEXO V Plano de la propuesta de mejora en el sistema de abastecimiento de agua

Línea de conducción



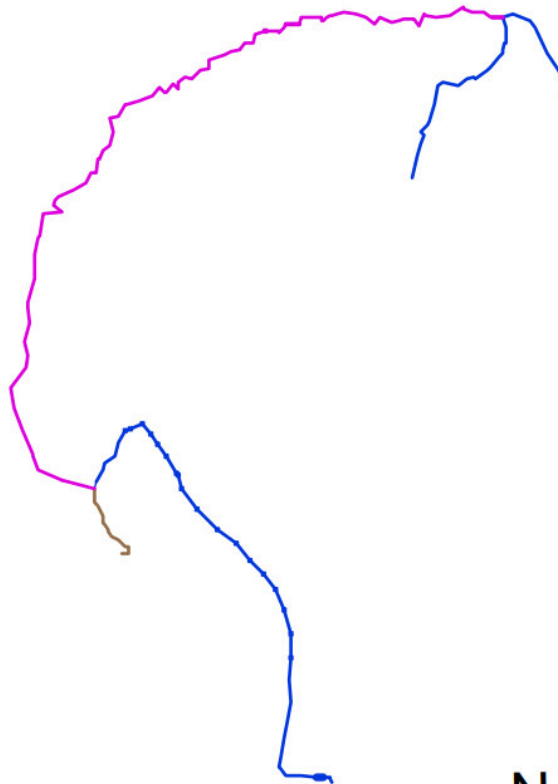
Y
L
X



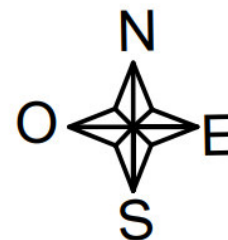
Escuela Politécnica Nacional		Escuela de formación de tecnólogos	
Dibujado	Katherine Tipán – Maribel Topón	Fecha:	Junio 2021
Director	ING. EDUARDO VÁSQUEZ	Escala:	1:1000
		Ubicación Barrio Miranda Grande	


	Válvula de aire
	Válvula de compuerta
	Línea de conducción

Línea de distribución



Y
L
X



Escuela Politécnica Nacional		Escuela de formación de tecnólogos	
			
Dibujado	Katherine Tipón – Maribel Topón	Fecha:	Junio 2021
Director	ING. EDUARDO VÁSQUEZ	Escala:	1:1000
		Ubicación:	Barrio Miranda Grande

—	Distribución D: 15.80
—	Distribución D: 26.64
—	Distribución D: 20.93

ANEXO VI Registro Fotográfico

