

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**"INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN
LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO
GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER

ASESOR:

Dr. Ing. VÁSQUEZ RAMÍREZ LUIS

CAJAMARCA – PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

A mi abuelita Olga,

por estar conmigo desde siempre,
por compartir muchas vivencias bonitas, por confiar en mí.

A mi Tío Carlos,

por ser como un padre para mí, por creer en mí
y por los consejos que me hicieron llegar a lograr esta meta.

A mi Tío Jhon,

por ser como un hermano y por el apoyo desde siempre.

A mis amigos de la Universidad Nacional de Cajamarca,

por los buenos momentos, por las experiencias, nuevos conocimientos
y por contribuir en mi desarrollo profesional.

A Selene, por tu presencia en este proceso,

desde que te conocí hasta ahora,
siempre he contado con tu apoyo, muchas gracias.

DEDICATORIA

A MI MADRE,

por el apoyo incondicional, por nunca dejarme solo,

por todos los sacrificios que hiciste por mí

y sobre todo por ser el pilar de mi vida.

Todo este logro es gracias a ti mamita.

A MI ABUELITA MARUJA,

por ser mi segunda madre, por criarme como a uno de tus hijos,

por contribuir en mi desarrollo como persona de bien,

y por tu cariño incondicional.

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| AGRADECIMIENTO..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.2.1. PREGUNTA PRINCIPAL..... | 2 |
| 1.3. HIPÓTESIS..... | 2 |
| 1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL | 2 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 2 |
| 1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.5.1. ALCANCES | 3 |
| 1.5.2. DELIMITACIÓN | 4 |
| 1.6. LIMITACIONES..... | 4 |
| 1.7. OBJETIVOS..... | 5 |
| 1.7.1. OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS | 6 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS | 7 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES..... | 7 |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES | 8 |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES..... | 10 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS..... | 11 |
| 2.2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA POBLACIONES RURALES..... | 11 |
| 2.2.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO..... | 11 |
| 2.2.1.2. CANTIDAD DE AGUA – CAUDAL | 11 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.1.3. | CAPTACIÓN DE LADERA..... | 13 |
| 2.2.1.4. | LÍNEA DE CONDUCCIÓN..... | 13 |
| 2.2.1.5. | RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO..... | 17 |
| 2.2.1.6. | RED DE DISTRIBUCIÓN..... | 17 |
| 2.2.2. | FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERDIDA DE PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS..... | 19 |
| 2.2.2.1. | FACTORES CONSTANTES..... | 19 |
| 2.2.2.2. | FACTORES VARIABLES..... | 20 |
| 2.2.3. | EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO..... | 20 |
| 2.2.3.1. | ASPECTOS RELATIVOS AL: SABOR, OLOR Y APARIENCIA | 21 |
| 2.2.3.2. | PARÁMETROS DEL AGUA..... | 21 |
| 2.2.4. | EL SARRO Y LA DUREZA DEL AGUA..... | 23 |
| 2.2.4.1. | ¿QUÉ ES EL AGUA CON SARRO?..... | 23 |
| 2.2.4.2. | LA DUREZA DEL AGUA..... | 23 |
| 2.2.4.3. | CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA | 23 |
| 2.2.5. | MÉTODOS DE TRATAMIENTO..... | 24 |
| 2.3. | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 25 |
| CAPÍTULO III.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 27 |
| 3.1. | UBICACIÓN GEOGRÁFICA | 27 |
| 3.2. | ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN | 28 |
| 3.3. | TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 28 |
| 3.4. | NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... | 29 |
| 3.5. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 29 |
| 3.6. | POBLACIÓN DE ESTUDIO | 29 |
| 3.7. | MUESTRA..... | 29 |
| 3.8. | UNIDAD DE ANÁLISIS | 29 |
| 3.9. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... | 29 |
| 3.10. | PROCEDIMIENTO..... | 31 |
| 3.10.1. | LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO..... | 31 |
| 3.10.2. | PADRÓN DE USUARIOS | 31 |
| 3.10.3. | MEDICIÓN DE PRESIÓN Y CAUDAL INSITU..... | 31 |
| 3.10.4. | OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LA RED | 32 |
| 3.10.5. | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA..... | 33 |

| | | |
|---|---|----|
| 3.10.6. | MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED EN EL SOFTWARE WATERCAD | 33 |
| 3.10.7. | CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y PRESIÓN | 33 |
| 3.11. | RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS | 34 |
| 3.11.1. | LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO..... | 34 |
| 3.11.2. | PADRÓN DE USUARIOS | 35 |
| 3.11.3. | MEDICIÓN DE CAUDAL Y PRESIÓN INSITU..... | 35 |
| 3.11.4. | OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LA RED | 41 |
| 3.11.4.1. | PRESENCIA DE SARRO EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE | 41 |
| 3.11.4.2. | ESTADO ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS..... | 41 |
| 3.11.5. | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA..... | 43 |
| 3.12. | PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS | 44 |
| 3.12.1. | MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED EN EL SOFTWARE WATERCAD | 44 |
| 3.12.2. | CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN | 51 |
| 3.12.3. | DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA..... | 56 |
| CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | | 57 |
| 4.1. | VARIACIÓN DEL CAUDAL..... | 57 |
| 4.2. | VARIACIÓN DE LA PRESIÓN | 57 |
| 4.3. | CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS | 57 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 58 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 58 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 59 |
| CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 60 |
| APÉNDICE..... | | 63 |
| ANEXOS | | 81 |
| PLANOS | | 97 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla N°1. Clase de tuberías PVC Y máxima presión de trabajo | 14 |
| Tabla N°2. Coeficientes de fricción "C" en la fórmula de Hazen y Williams | 16 |
| Tabla N°3. Vm según diámetro de tubería | 18 |
| Tabla N°4. Parámetros inorgánicos | 21 |
| Tabla N°5. Parámetros Físicos – químicos | 22 |
| Tabla N°6. Clasificación del agua según su dureza | 23 |
| Tabla N°7. Coordenadas UTM La Titora | 27 |
| Tabla N°8. Valores del Caudal (L/s) tomados en campo | 36 |
| Tabla N°9. Valores de la presión tomadas en campo | 39 |
| Tabla N°10. Resumen de las longitudes de las tuberías de la red. | 45 |
| Tabla N°11. Valores del Caudal y la presión calculados por el WaterCAD..... | 49 |
| Tabla N°12. Calculo de la variación del caudal (Q) | 52 |
| Tabla N°13. Cálculo de la variación de la presión (P) | 54 |
| Tabla N°14. Valores más relevantes para el caudal (Q) | 56 |
| Tabla N°15. Valores más relevantes para la presión (P)..... | 56 |
| Tabla N°16. Cantidad de sarro en el agua (Estudio de laboratorio)..... | 56 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura N°1. Manantial de ladera..... | 12 |
| Figura N°2. Captación de ladera..... | 13 |
| Figura N°3. Línea de conducción..... | 14 |
| Figura N°4. Sistema abierto o ramificado..... | 18 |
| Figura N°5. Vista satelital del caserío "La Totorá"..... | 27 |
| Figura N°6. Modelamiento de la red en el Software WaterCAD..... | 44 |

RESUMEN

En el caserío La Totorá, ubicado en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos – Cajamarca, se cuenta con un sistema de red abierta, la cual beneficia a una totalidad de 44 viviendas, que presenta a lo largo de la red acumulación de sarro en las paredes de la tubería, ocasionando así problemas con el suministro como la disminución de la presión y el caudal. En primer lugar, se ha recopilado información de la JASS y se reconoció el sistema en general. Se realizó un levantamiento topográfico para obtener las cotas, longitudes y coordenadas de cada punto, datos que sirvieron para realizar el modelamiento hidráulico en el Software WaterCAD y así obtener los valores de caudal y presión considerados como valores de diseño. En el grifo de cada vivienda se midió los parámetros de caudal y presión considerados como valores actuales, para poder comparar estos valores con los obtenidos del modelamiento. Finalmente, se realizó un estudio del agua para determinar su concentración de sarro. Llegando a concluir que el agua presenta sarro en una concentración de 184.5 mg/l (agua muy dura). Este nivel de concentración de sarro en el agua ocasiona una variación promedio para el caudal de 36.11% desfavorablemente; y, para la presión, el valor promedio de la variación es 67.70% desfavorablemente. Con la observación cualitativa del sistema de agua, se concluye que el sistema de agua potable La Totorá se encuentra en un estado regular.

Palabras claves: presión, caudal, sarro, variación, dureza y minerales.

ABSTRACT

In the hamlet La Totorá, located in the district of Pedro Gálvez, province of San Marcos - Cajamarca, there is an open network system, which benefits a total of 44 homes, which present throughout the network Scale buildup on the pipe walls, thus causing problems with the supply such as decreased pressure and flow. Firstly, information has been collected from the JASS and the system in general was recognized. A topographic survey was carried out to obtain the heights, lengths and coordinates of each point, data that was used to carry out the hydraulic modeling in the WaterCAD Software and thus obtain the values of flow and pressure considered as design values. At the tap of each house, the flow and pressure parameters considered as current values were measured, in order to compare these values with those obtained from the modeling. Finally, a study of the water was carried out to determine its scale concentration. Coming to the conclusion that the water presents scale in a concentration of 388 mg/l (very hard water). This level of concentration of scale in the water causes an average variation for the flow of 36.11% unfavorably; and, for the pressure, the average value of the variation is 67.70% unfavorably. With the qualitative observation of the water system, it is concluded that the La Totorá drinking water system is in a regular state.

Keywords: pressure, flow, scale, variation, hardness and minerals.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suministro de agua potable es un derecho fundamental para las personas, representa una de las principales fuentes de vida según la Organización Mundial de la Salud, por esta razón es primordial contar con un buen funcionamiento de las redes de agua potable para tener una mejor calidad de vida y desarrollo económico para la población.

El investigador mexicano Luengo (2020) define a la dureza como un parámetro indicativo de la concentración de sales de calcio y magnesio, el agua con alta concentración de estos minerales deja rastros de sarro en las tuberías, válvulas, y lavamanos. Este factor sino se controla es perjudicial para los consumidores y para la infraestructura (redes de agua) ya que genera incrustaciones en las paredes de las tuberías y resulta perjudicial para su funcionamiento.

Mientras que, en un estudio realizado en la ciudad de Lima; Carmona (2018) hace referencia que el sarro se forma principalmente por las sales de calcio y magnesio; y este se acumula en los calentadores de agua, cafeteras y tuberías formando una delgada capa que reduce la eficacia y durabilidad de las tuberías y otros aparatos.

Chávez (2021) en su tesis realizada en el departamento de Cajamarca, menciona que en nuestro país se opta por captar agua de manantiales; sin embargo, no se toma mucha importancia a los parámetros químicos como la dureza, lo cual ocasiona en algunos casos que las tuberías se obstruyen debido a las altas concentraciones de carbonato de calcio y magnesio (sarro) en el agua.

En el caserío La Totorá no se cuenta con un sistema de agua potable para una distribución adecuada, a pesar de que aún está en su periodo de diseño (17

años), presenta algunas fallas respecto al abastecimiento y esto ocasiona problemas para un suministro adecuado, presentándose estos factores por la acumulación de sarro en las tuberías y un mal diseño hidráulico, trayendo consigo inconvenientes por la reducción del caudal y de la presión del agua con la que se abastece cada casa, siendo este el factor determinante para realizar la siguiente investigación referida a la variación del caudal y la presión debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PREGUNTA PRINCIPAL

“¿Cuál es la variación del caudal y la presión debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca?”

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL

Debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, el caudal y la presión presentan una variación desfavorable.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se plantea las siguientes justificaciones de acuerdo al estudio realizado sobre la influencia del sarro en la variación de los parámetros del caudal y la presión de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

Referente a la justificación teórica, la investigación aportó evidencias que son relevantes para el estudio del comportamiento de los parámetros del caudal y la

presión de una red de agua potable debido a la acumulación de sarro a lo largo de sus tuberías. Se identificó los principales factores que conllevan a la acumulación del sarro, y mediante la metodología utilizada se logró obtener los diferentes valores del caudal y la presión de agua, para finalmente obtener la variación de estos. Esta investigación se hizo con la finalidad de tener antecedentes con respecto a la influencia del sarro en las redes de agua potable, ya que es muy limitada la información con respecto a este tema.

La justificación práctica de esta investigación, se centró en un problema muy común en el distrito Pedro Gálvez debido a sus formaciones geológicas calcáreas en las inmediaciones de las captaciones, lo que genera la acumulación del sarro a lo largo de las tuberías que conforman estas redes de agua potable. Siendo este problema la principal causa de las deficiencias en el abastecimiento de agua potable. Finalmente, con respecto a la justificación social, este proyecto brindó a la población y a la entidad encargada de suministrar el servicio de agua potable en el caserío La Totorá los planos del sistema, los resultados obtenidos, las recomendaciones planteadas para mejorar el funcionamiento de esta red de agua potable.

Tomando estas justificaciones, se realizó el estudio de la influencia del sarro en la variación del caudal y la presión en la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. ALCANCES

- Se determinó la variación porcentual del caudal y de la presión de agua debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

- Se realizó el modelamiento de la red de agua potable del caserío La Totorilla en el software WaterCAD, gracias a los datos obtenidos en campo a través del levantamiento topográfico y toma de medidas de las estructuras hidráulicas.
- Se realizó el estudio de una muestra de agua recogida de la captación "La Totorilla" para determinar la cantidad de sarro. Esto fue realizado en el Laboratorio Regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca.

1.5.2. DELIMITACIÓN

- En la presente investigación se evaluó solo la variación de los parámetros de caudal y presión de agua ante la presencia de sarro en las tuberías con información obtenida en campo y el modelamiento de esta red en WaterCAD, más no se realizó el diseño de esta red de agua potable.
- La evaluación de los parámetros de caudal y presión se realizó en la línea de conducción y de distribución.
- Se realizó una evaluación cualitativa en todos los componentes de esta red de agua potable.

1.6. LIMITACIONES

- No se contó con información precedente relacionada a la influencia del sarro en las redes de agua potable.
- No se contó con información referente al diseño de la red de agua potable del caserío La Totorilla, como son planos, memorias de cálculo, padrón de beneficiarios, etc.; por lo que se realizó el levantamiento topográfico de la red y toma de medidas de las estructuras hidráulicas.
- Al no tener un registro de datos del funcionamiento inicial de esta red de agua potable, los parámetros obtenidos en el modelamiento de WaterCAD (caudal y

presión) fueron considerados como valores del funcionamiento inicial de este sistema.

- Para calcular la variación de estos parámetros se consideró los valores obtenidos en campo mediante la toma de medidas del caudal y presión en cada vivienda, los mismos que fueron considerados como valores actuales, estos se compararon con los valores obtenidos tras el modelamiento hidráulico de la red en el Software WaterCAD, los que fueron tomados como los valores de diseño.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la variación del caudal y la presión de agua debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar la condición de funcionamiento hidráulico en la que se encuentran los elementos de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.
- Determinar el estado de la infraestructura de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

1.8. DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS DE LOS CAPÍTULOS

- **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.** En este capítulo se expone el planteamiento, formulación del problema e hipótesis. Se explica las justificaciones, alcances, delimitaciones y limitaciones que se han presentado a lo largo de su desarrollo; y finalmente, los objetivos planteados para esta investigación.
- **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.** Hace mención a los antecedentes teóricos, tanto internacionales, nacionales y locales. También se presenta una síntesis de las bases teóricas y definición de términos básicos referentes a los temas tratados en esta investigación.
- **CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.** Se detalla las herramientas, instrumentos y/o materiales que fueron utilizados para el desarrollo de esta investigación, además se presenta la metodología utilizada para determinar la variación del caudal y la presión en la red de agua potable.
- **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.** En esta parte de la investigación se detalla el procesamiento y discusión de los datos, así mismo de la información recolectada en campo.
- **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.** En este capítulo se expone las conclusiones y recomendaciones que se ha podido llegar tras el proceso de investigación.
- **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**
- **APÉNDICE.** Se presenta el panel fotográfico de los registros y fichas utilizadas en campo.
- **ANEXOS.** Se presenta información complementaria como la información brindada por la JASS y certificados de calibración de equipos.
- **PLANOS.**

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Según **Solorio (2022)** en su artículo de investigación titulado *"FACTORES QUE INFLUYEN EN PÉRDIDAS DE PRESIÓN DE LAS TUBERÍAS INDUSTRIALES"* publicado por la empresa mexicana Corzan Material & Piping Solutions, determina que la pérdida de presión es el resultado de las fuerzas de fricción ejercidas sobre un fluido dentro de un sistema de tuberías, resistiendo su flujo, el cual presenta factores constantes como la gravedad (cambios de elevación), vías de tuberías y válvulas (cambio de dirección), tamaño de la tubería (efecto inverso del diámetro de la tubería sobre la presión). Mientras que, los factores variables son la fuerza de fricción del material (cuanto más suave la superficie, mayor será el coeficiente de Hazen Williams y más fluidez), corrosión (iones de CaCO_3 – carbonato de calcio cargados en el líquido se comen los materiales a lo largo de la superficie de las tuberías o juntas) y la escala (iones de CaCO_3 – carbonato de calcio acumulados en las superficies o paredes alrededor de las costuras o bridas). El cálculo de la pérdida de presiones en sistemas de tuberías está dado por la ecuación de Hazen-Williams.
- **Vera (2018)** en su proyecto de investigación *"EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE TUBERÍAS USADAS EN TRATAMIENTOS MAGNÉTICOS PARA REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE CALCIO Y MAGNESIO EN AGUAS DURAS"*, realiza la evaluación de tres tuberías de diferentes materiales (cobre, aluminio Policloruro de vinilo) que forman parte del pozo de la zona agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí en

Ecuador, la misma que presenta promedios de dureza de 350 mg/L. Teniendo los siguientes resultados, el tratamiento magnético redujo considerablemente la dureza total para los tres tipos de tubería en comparación a las muestras iniciales obteniendo los siguientes valores finales para este parámetro 332 mg/L, 330 mg/L y 330 mg/L, para las tuberías de aluminio, cobre y PVC, respectivamente, identificando que los tres tipos de tuberías siguen patrones de comportamiento similares para las diferentes condiciones de evaluación.

- **Rotoplas Agro (2021)** en su artículo *¿QUÉ ES EL SARRO EN EL AGUA Y CÓMO EVITARLO?* Publicado en su página web Rotoplas más y mejor agua, define que el agua con sarro compone elementos minerales como el carbonato de calcio y magnesio, los cuáles al encontrarse en proporciones elevadas produce dureza en el agua. Uno de los factores que origina la acumulación de estos minerales son los recorridos que realiza el agua antes de ser captada, como por ejemplo pasar por formaciones geológicas y arrastrar diferentes minerales, tal es el caso de los acuíferos de granitos y de las piedras calizas, en el primero siendo baja la probabilidad de formación de aguas duras; mientras que, para las calizas es alta la probabilidad de agua dura, o agua con sarro, ya que la piedra caliza se encuentra conformada por las sales de magnesio y carbonato de sodio.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Para **Jurado, Jara y Toscano (2014)** en su estudio *"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA DEL FOSFATO EN LAS TUBERÍAS GALVANIZADAS Y PVC PARA EL ABLANDAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA"* publicada por la Revista de Investigación Universitaria de la Universidad Peruana Unión de Lima. Siendo el objetivo de este estudio

determinar la eficiencia del fosfato en el ablandamiento del agua subterránea en tuberías galvanizadas y PVC. Esta investigación se basó en tres etapas, siendo la primera la reconocer las fuentes de agua que abastecen a la institución e identificar puntos de muestreo. La segunda etapa consistió en elaborar filtros de arena con distintas granulometrías, además una capa de fosfato para el ablandamiento del agua. En la tercera etapa, se procedió a la toma de muestras (antes y después del tratamiento con fosfato para las dos tuberías), y determinación de los parámetros como potencial hidrógeno, turbidez y dureza total. Obteniendo la disminución considerable de iones de calcio, magnesio y hierro en ambas tuberías, siendo más eficiente para las tuberías de PVC, ya que las tuberías de fierro galvanizado aportan iones de fierro en el agua que circula. Aun así, los resultados después del tratamiento con este filtro de fosfato sobrepasan los parámetros establecidos en el D.S. 002-2008 MINAM de 500mg/l CaCO_3 como estándar nacional para la calidad ambiental del agua, obteniendo valores de 853 mg/l CaCO_3 para la tubería de PVC y 927 mg/l CaCO_3 .

- **Carmona (2018)** en su investigación titulada: "*DETERMINACIÓN DE PLOMO Y DUREZA CÁLCICA EN AGUA DE CONSUMO HUMANO DE CAJA DE AGUA – SAN JUAN DE LURIGANCHO. FEBRERO – MARZO 2017*" busca determinar la cantidad de plomo y dureza cálcica en 21 muestras de agua de consumo humano del sector de Caja de Agua del distrito de San Juan de Lurigancho mediante el método de la espectrofotometría, presentando estas mezclas un promedio de 370.86 mg CaCO_3 /l. Nivel de concentración que causa inconvenientes con las formaciones de las incrustaciones en las paredes a lo largo de las tuberías de distribución llegando a obstruirlas.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

- **Chávez (2021)** en su investigación titulada *“TRATAMIENTO DE LA DUREZA DE LAS AGUAS UTILIZANDO UN FILTRO CON ESPESOR VARIABLE DE ZEOLITA-2019”* en la región de Cajamarca, tiene como objetivo realizar pruebas para reducir la dureza del agua mediante filtro de zeolita al ser su muestra aguas captadas de manantiales y no ser estudiada o dada un tratamiento químico adecuado esto conlleva a presentar altas concentraciones de carbonatos, incrustaciones en las paredes de las tuberías y obstrucción de las mismas. De los cinco tipos de filtros de zeolita diferenciados en su espesor (3, 6, 9, 12 y 15 cm), ninguno logro reducir en un 50% la concentración de sarro, siendo la más eficiente el filtro de espesor de 15 cm.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA POBLACIONES RURALES

2.2.1.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Según el MVCS (2018) define a una fuente de abastecimiento es el cuerpo de agua natural o artificial, que sirve para abastecer de agua a uno o más centros poblados y así satisfacer con este recurso vital. Existen diferentes tipos de fuentes de agua como aguas pluviales, aguas superficiales (arroyos, ríos y lagos) y aguas subterráneas (manantiales, galerías filtrantes y pozos).

a) Manantial de ladera

Para el MVCS (2018) se define como manantial de ladera cuando se tiene una vertiente que aflora a la superficie ya sea de manera puntual o dispersa como se puede apreciar en la Figura N°1. A este tipo de fuente se realiza una adecuada protección tanto al afloramiento, como a la cámara húmeda que sirve como regulador del caudal.

2.2.1.2. CANTIDAD DE AGUA – CAUDAL

- Método Volumétrico:

Este método es el más convencional, utilizado para el aforo de corrientes pequeñas, a condición de tener un depósito con una determinada capacidad. Consiste en llenar este depósito totalmente impermeable con volumen conocido y cronometrar su tiempo total de llenado. Con estos valores y con la ecuación (1) se puede determinar el caudal de esta. (ICC, 2017)

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

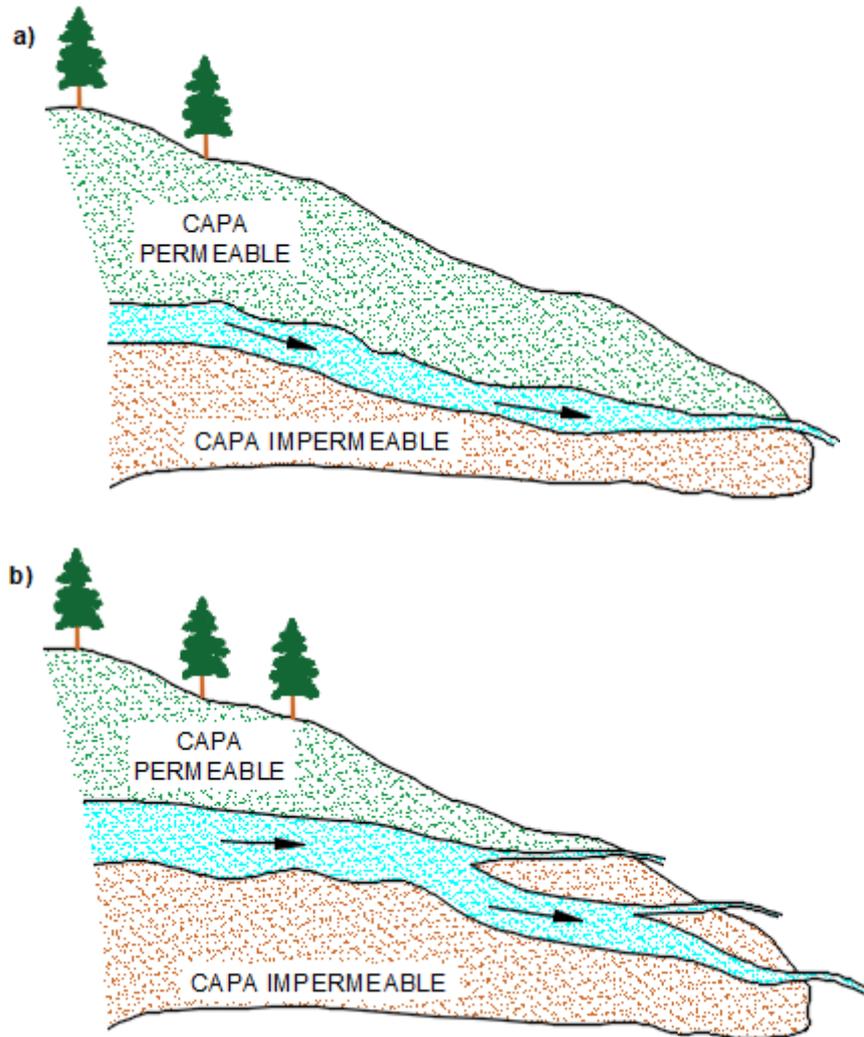
Donde:

Q = Caudal en m^3/s .

V = Volumen del recipiente en m^3 .

t = Tiempo promedio en segundos.

Figura N°1. Manantial de ladera.

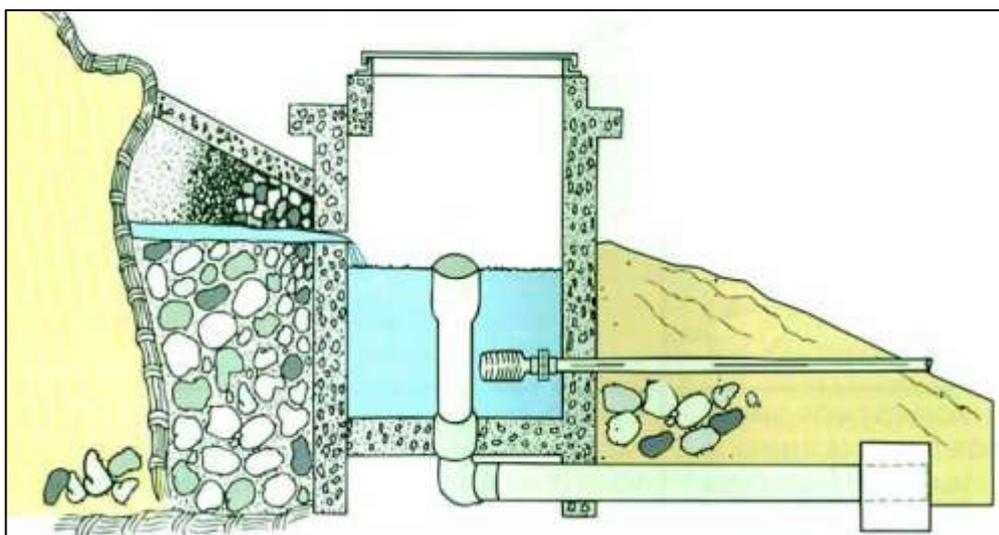


a) Manantial de ladera puntual, b) Manantial de ladera concentrado

2.2.1.3. CAPTACIÓN DE LADERA

La Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018), define a captación como el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a la recolección, control y distribución de los caudales requeridos ya sea obtenido de aguas subterráneas.

Figura N°2. Captación de ladera.

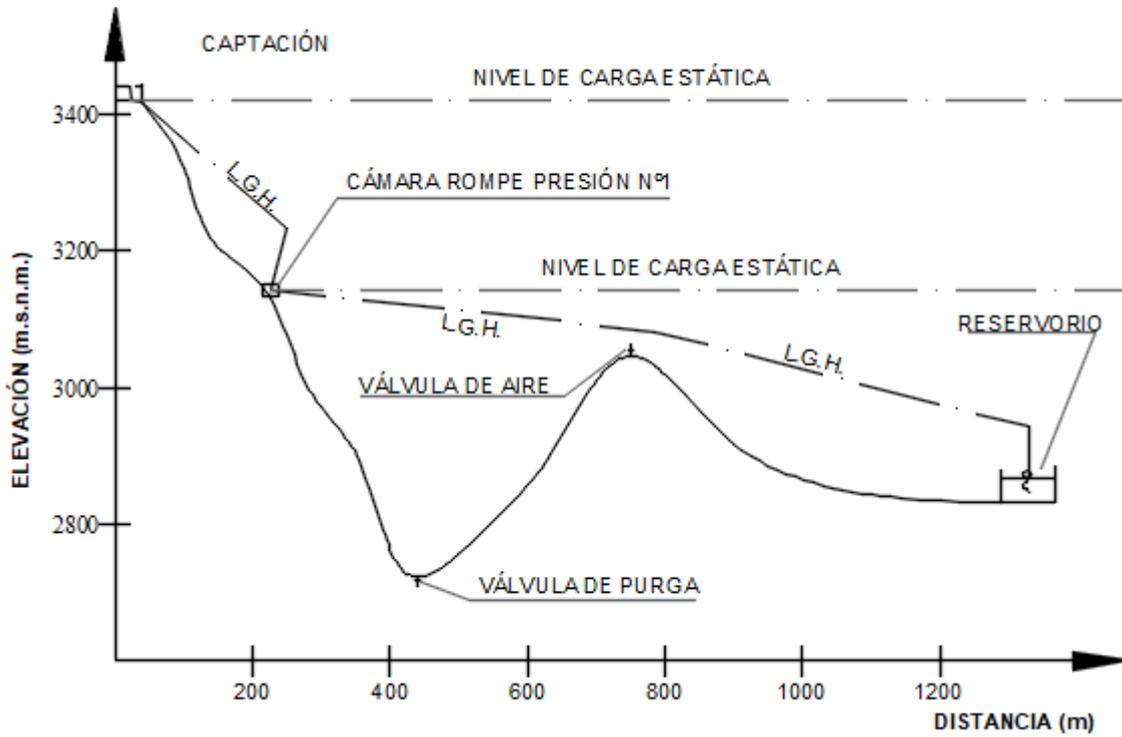


Fuente: Tecnología de A & S.

2.2.1.4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Esta estructura es la encargada de conducir el agua desde la captación hasta las siguientes estructuras, que pueden ser: reservorios, plantas de tratamiento y cámaras de rompe presión. A lo largo de esta línea se debe de considerar válvulas de aire, cámara rompe presión, cruces aéreos, sifones, entre otros. En cuanto al material lo más utilizado es el PVC, pero en algunos casos de acuerdo a las condiciones ambientales se utiliza otro tipo de material según lo requiera. (MVCS, 2018)

Figura N°3. Línea de conducción



Fuente: MVCS (2018).

a) Clases de tubería

Las tuberías tipo 100 PVC se clasificarán según la presión nominal indicada en la Tabla N°1, este tipo de tuberías se utilizarán de acuerdo a la presión máxima de diseño (dinámica y estática) o según la ubicación de las cámaras rompe presión. (NTP.399.002)

Tabla N°1. Clase de tuberías PVC Y máxima presión de trabajo

| TIPO | CLASE | PRESIÓN NOMINAL (m.c.a.) |
|---------|-------|--------------------------|
| 100 PVC | 5 | 35 |
| | 7.5 | 50 |
| | 10 | 70 |
| | 15 | 100 |

Fuente: NTP.399.002.

b) Estructuras complementarias

Para el MVCS (2018) se tiene las siguientes estructuras que son parte de la línea de conducción y distribución:

- **Válvulas de aire.** Estos dispositivos son ubicados en las partes más altas del sistema que tienen como función la expulsión y entrada de aire a la línea de conducción y distribución, que son necesarias para un adecuado funcionamiento de las redes de agua potable.
- **Válvulas de purga.** Estos dispositivos son ubicados en los puntos más bajos del sistema y tienen como función eliminar la acumulación de sedimentos y permiten el vaciado de la tubería cuando se realiza un mantenimiento.
- **Cámara rompe-presión.** Esta estructura tiene como principal función romper con la carga dinámica y estática del agua, volviendo la presión a cero (presión atmosférica), lo cual permite un correcto funcionamiento en la red y evita la rotura de tuberías por exceso de presión.

c) Pérdida de carga

- **Pérdida de carga unitaria.** Es la pérdida de energía en la tubería por unidad de longitud (m) debido a la fricción o a la resistencia que ofrece la tubería al movimiento del fluido. (MVCS, 2018)

$$h_f = 10.672 * \frac{L}{D^{4.871}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \quad (2)$$

Donde:

h_f = pérdidas de energía por fricción (m).

L = longitud de la tubería (m).

D = diámetro interior o hidráulico de la tubería (m).

Q = Caudal de circulación (m^3/s).

C = Coeficiente de pérdidas de Hazen – Williams.

- **Pérdida por carga de tramo.** Es el producto de la pérdida unitaria por la longitud de desarrollo de la tubería en análisis. (MVCS, 2018)

$$H_f = h_f \times L \quad (3)$$

Donde:

L = Longitud del tramo de tubería (m).

Tabla N°2. Coeficientes de fricción "C" en la fórmula de Hazen y Williams

| TIPO DE TUBERÍA | "C" |
|---|-----|
| Acero sin costura | 120 |
| Acero soldado en espiral | 100 |
| Cobre sin costura | 150 |
| Concreto | 110 |
| Hierro fundido | 100 |
| Hierro fundido dúctil con revestimiento | 140 |
| Hierro galvanizado | 100 |
| Polietileno | 140 |
| Poli (cloruro de vinilo) (PVC) | 150 |

Fuente: OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano (pg.3)

d) Presión

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua, se determinará al despejar la presión de la siguiente fórmula:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (4)$$

Donde:

Z =Cota del punto respecto a un nivel de referencia (m).

$\frac{P_1}{\gamma}$ =Altura o carga de presión (m). P es la presión y γ el peso específico del fluido.

V =Velocidad del fluido (m/s).

H_f =es la pérdida de carga que se produce en el tramo, tanto pérdidas lineales o longitudinales.

2.2.1.5. RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO

Esta estructura debe garantizar los parámetros mínimos establecidos por la normativa del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) como la presión, velocidad y caudal; su ubicación dependerá del punto más desfavorable. Para brindar a la población una adecuada calidad de agua para su consumo, se deberá tener en consideración el tipo de reservorio, la protección perimetral y los accesorios que brinden hermetismo y cuidado tanto en el ingreso como en la salida del agua.

2.2.1.6. RED DE DISTRIBUCIÓN

Definida por la Norma Técnica del diseño del MVCS (2018) como el conjunto de tuberías principales y ramales que distribuyen y permiten abastecer de agua para el consumo humano a las viviendas. Además, esta normativa recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La presión mínima de servicio no debe de ser menor a 5 m.c.a. y la presión estática no debe de ser mayor de 60 m.c.a.
- La velocidad mínima no debe de ser menor de 0.60 m/s, ni inferior a 0.30 m/s.
- La velocidad máxima admisibles es 3 m/s.
- Para el cálculo del diámetro de las tuberías de distribución, la velocidad mínima será de 0,60 m/s y la velocidad máxima según la siguiente Tabla:

Tabla N°3. Vm según diámetro de tubería

| DIÁMETRO (mm) | VELOCIDAD MÁXIMA (m/s) |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 15 (1/2") | 1.90 |
| 20 (3/4") | 2.20 |
| 25 (1") | 2.48 |
| 32 (1 ¼") | 2.85 |
| 40 y mayores (1 ½" y mayores) | 3.00 |

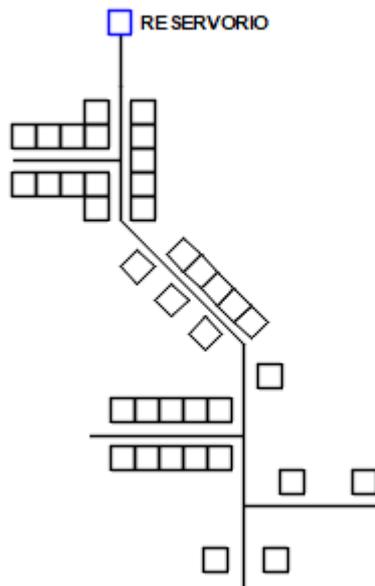
Fuente: IS. 010 (pg.9)

a) Tipos de redes

- Sistema abierto o ramificado

Un sistema de red abierta tiene la forma ramificada desde una línea principal, es recomendable para ramificación no exceder de las 30 conexiones domiciliarias para contar con un buen funcionamiento. (MVCS, 2018)

Figura N°4. Sistema abierto o ramificado



b) Conexiones domiciliarias

Mediante la red de distribución de agua potable, cada vivienda debe de contar con el suministro y dotación adecuada de este recurso; considerándose una conexión desde la res principal hasta su UBS y pileta domiciliaria. En una zona rural se recomienda ubicar estos puntos frente de la vivienda y próxima al ingreso principal a este predio, considerándose para estas conexiones una tubería de 15 mm (1/2"). (MVCS, 2018)

2.2.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERDIDA DE PRESIÓN EN LAS TUBERÍAS

Para Solorio (2022) todo sistema de tuberías está diseñada para satisfacer un caudal y presión de un fluido, presentándose los inconvenientes o variaciones a lo largo de los años de su operacionalidad. La pérdida de presión es el resultado de las fuerzas de fricción ejercidas sobre un fluido dentro de un sistema de tuberías, resistiendo al flujo.

Existen fuerzas que trabajan para disminuir o aumentar la presión del fluido, a continuación, presentaremos algunas:

2.2.2.1. FACTORES CONSTANTES

Para Solorio (2022) se tiene:

- **Gravedad:** la topografía del lugar puede causar aumentos y disminuciones en las elevaciones que pueda requerir el sistema.
- **Vías de tuberías y válvulas:** los cambios de dirección generarán fricción provocando pérdidas, así como los accesorios y las diferentes juntas.
- **Tamaño de las tuberías:** el diámetro de la tubería tiene un efecto inverso sobre la presión.

2.2.2.2. FACTORES VARIABLES

Para Solorio (2022) se tiene:

- **Fuerzas de fricción del material:** Mientras más suave sea la superficie, mayor será el coeficiente de fricción de Hazem Williams, por lo tanto, tendrá más fluidez.
- **Corrosión:** cuando los iones cargados en el fluido se van comiendo los materiales a lo largo de la red, causando picaduras de la superficie o en las juntas, disminuyendo el caudal del fluido
- **Escala:** cuando los iones atrapadas en las superficies se van a acumulando a lo largo del sistema, típicamente en las paredes, uniones, juntas, lo cual restringe el flujo del fluido y aumenta la presión dentro de la tubería.

2.2.3. EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La organización Mundial de la Salud, mediante su "GUÍA PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO" del 2018, expresa que el agua es esencial para la vida y que todas las personas deben contar con un sistema de abastecimiento que sea suficiente, seguro y accesible. El agua de consumo humano se utiliza para todos los usos domésticos habituales, incluida para consumo humano.

La OMS (2018), plantea como estrategia desarrollar un abordaje integral en la evaluación y la gestión de los riesgos de los sistemas de abastecimiento de consumo humano desde la fuente de agua hasta el grifo del consumidor, para así aumentar la confianza en la seguridad del uso del agua.

2.2.3.1. ASPECTOS RELATIVOS AL: SABOR, OLOR Y APARIENCIA

El agua para consumo humano no debe ser desagradable a los sentidos. Los agentes antes mencionados pueden afectar su aspecto y es ahí donde el consumidor evaluará la calidad y la aceptabilidad, o recomendando un análisis de calidad de agua para determinar si cumple con los parámetros establecidos. (OMS,2018)

2.2.3.2. PARÁMETROS DEL AGUA

Según Estándar de Calidad Ambiental (ECA) aprobado por Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, para Categoría 1: Poblacional y Recreacional y Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Tabla N°4. Parámetros inorgánicos

| PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | A1 |
|------------|------------------|-------|
| Aluminio | mg/L | 0.9 |
| Antimonio | mg/L | 0.02 |
| Arsénico | mg/L | 0.01 |
| Bario | mg/L | 0.7 |
| Boro | mg/L | 2.4 |
| Cobre | mg/L | 2 |
| Hierro | mg/L | 0.3 |
| Manganeso | mg/L | 0.4 |
| Mercurio | mg/L | 0.001 |
| Niquel | mg/L | 0.07 |
| Plomo | mg/L | 0.01 |

Fuente: MINAM (2017).

Tabla N°5. Parámetros Físicos – químicos

| PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | A1 Aguas que pueden ser potabilizadas sin desinfección |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| Aceites y grasas | mg/L | 0.5 |
| Cianuro total | mg/L | 0.07 |
| Cloruros | mg/L | 250 |
| Color (b) | Color verdadero Escala Pt/Co | 15 |
| Conductividad | μS/cm | 1500 |
| Dureza | mg/L | 500 |
| Fenoles | mg/L | 0.003 |
| Fluoruros | mg/L | 1.5 |
| Fósforo total | mg/L | 0.1 |
| Nitratos | mg/L | 50 |
| Amoniaco – N | mg/L | 1.5 |
| Potencial de Hidrógeno pH | Unidades de pH | 6.5 – 8.5 |
| Sólidos disueltos totales | mg/L | 1000 |
| Sulfatos | mg/L | 250 |
| Temperatura | °C | Δ3 |
| Turbiedad | UNT | 5 |

Fuente: MINAM (2017).

2.2.4. EL SARRO Y LA DUREZA DEL AGUA

2.2.4.1. ¿QUÉ ES EL AGUA CON SARRO?

Según la DIGESA el agua con sarro se origina cuando los minerales como el calcio y el magnesio se disuelven en el agua, esto se da cuando hay formaciones geológicas calcáreas cerca a los manantiales; también el sarro se forma cuando hay hierro. El grado de concentración del sarro se debe al aumento de los carbonatos de calcio y de magnesio, cuando la presencia del carbonato de calcio y de magnesio supera la concentración de 200 mg/l causa incrustaciones en las paredes de las tuberías.

2.2.4.2. LA DUREZA DEL AGUA

La dureza es un parámetro que indica la concentración de minerales (calcio y magnesio). El agua dura es aquella que deja rastros de sarro en las tuberías y demás accesorios por donde circule el agua. (Luengo, 2020)

2.2.4.3. CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) , la clasificación de la dureza del agua en mg/l del $CaCO_3$, se expresa en la siguiente tabla:

Tabla N°6. Clasificación del agua según su dureza

| DUREZA (mg/l del $CaCO_3$) | TIPOS DE AGUA |
|--|----------------------|
| 0-60 | Blanda |
| 61-120 | Moderadamente Dura |
| 121-180 | Dura |
| >180 | Muy dura |

Fuente: OMS (2018).

2.2.5. MÉTODOS DE TRATAMIENTO

La "GUÍA DE CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO" de la Organización Mundial de la Salud, plantea los siguientes métodos de tratamiento eficaz:

- **Cloración:** La cloración se puede realizar con el uso del gas cloro licuado, solución de hipoclorito de sodio o gránulos de hipoclorito de calcio y generadores de cloro in situ.
- **Filtración:** El material particulado puede ser removido de las aguas crudas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, a presión o filtros lentos de arena. La filtración lenta de arena es esencialmente un proceso biológico, mientras que los otros son procesos de tratamiento físico. Los filtros rápidos por gravedad, los horizontales y los de presión se puede utilizar para la filtración del agua cruda, sin pretratamiento.
- **Intercambio Iónico:** El intercambio iónico es un proceso en el que se intercambian iones con carga similar entre la fase acuosa y la fase de resina sólida. El ablandamiento del agua se logra mediante el intercambio de cationes. El agua se hace pasar a través de un lecho de resina catiónica en el que los iones de calcio y de magnesio en el agua se sustituyen por iones de sodio.

2.2.6. MÉTODOS DE PREVENCIÓN PARA LA FORMACIÓN DE SARRO

- **Tuberías de Policloruro de vinilo clorado (CPVC):** elaboradas de un material termoplástico cuyos componentes no atraen a los iones metálicos (carbonato de calcio y magnesio), lo que mantiene el interior de la tubería libre de acumulación de estas impurezas. Por lo que estas tuberías son las más idóneas para evitar la formación de sarro. (Solorio, 2021)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. (MINAM, 2011)
- **Calidad del agua:** término usado para describir las características y condición del agua. En zonas rurales, para distribuir agua se debe de realizar un análisis en laboratorio y contar con un tratamiento a medida que lo requiera, considerando como mínimo la dosificación de hipoclorito de sodio. (Bardales, 2022)
- **Centro Poblado del Ámbito Rural:** Según el INEI para ser catalogado como tal no debe de exceder en 2,000 habitantes. (Bardales, 2022)
- **Conexión domiciliaria de agua:** Conjunto de elementos y accesorios desde la red de distribución que forman parte de un sistema de abastecimiento de agua potable hasta la conexión de entrada de agua a la vivienda o local público, con la finalidad de dar un suministro adecuado. (MVCS, 2018)
- **Gestión de la calidad de agua de consumo humano:** Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que localidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento. (MINAM, 2011)
- **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua. (MINAM, 2011)
- **Línea de conducción:** estructuras y elementos que conectan las captaciones con los reservorios, pasando o no por las estaciones de tratamiento. (MVCS, 2018)
- **Padrón de usuarios:** Corresponde a toda la información concerniente a los usuarios que contratan este servicio de agua potable. (Bardales, 2022)

- **Red de distribución:** Conjunto de tuberías principales y ramales distribuidores que permiten abastecer de agua para consumo humano a las viviendas. (MVCS, 2018)
- **Red de distribución:** Sistema de tuberías compuesto por alimentadores y ramales. (IS.010)
- **Reservorio (o depósito):** Infraestructura estanca destinada a la acumulación de agua para consumo humano, comercial, estatal y social. (MVCS, 2018)
- **Sarro:** se origina cuando los minerales como el calcio y el magnesio se disuelven en el agua. (DIGESA)
- **Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano:** Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua. (MINAM, 2011)
- **Tubería:** Componente de sección transversal anular y diámetro interior uniforme, de eje recto cuyos extremos terminan en espiga, campana, rosca o unión flexible. (MVCS, 2018)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

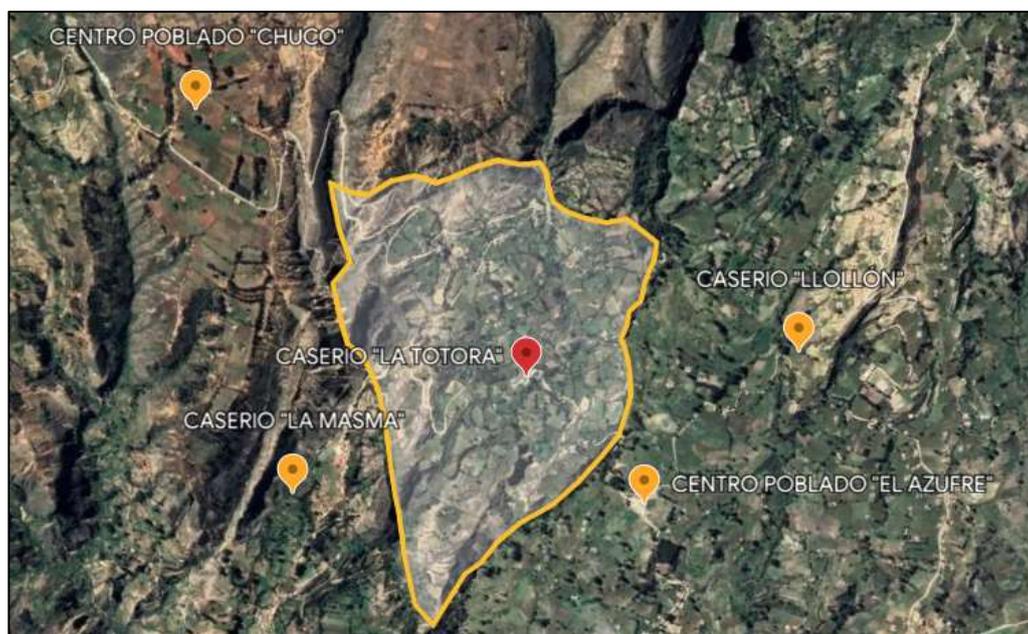
La presente investigación se centró en la red de agua potable en el caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

Acceso desde la ciudad de San Marcos: El caserío La Totorá se encuentra al Sureste de la ciudad de San Marcos, recorreremos por la carretera 3N desde San Marcos 2 km hacia Cajabamba y tomamos en desvío hacia la carretera CA-1591 recorreremos 10 km, con un tiempo de viaje en automóvil de 45 minutos

Tabla N°7. Coordenadas UTM La Totorá

| Coordenadas UTM WGS-84 | |
|-------------------------------|--------------|
| Caserío "La Totorá" | |
| NORTE | 9 186 917.19 |
| ESTE | 820 030.15 |

Figura N°5. Vista satelital del caserío "La Totorá".



Fuente: Google Earth.

Para una mayor referencia, revisar la sección planos.

3.2. ÉPOCA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó en el transcurso de los meses de febrero a mayo del año 2023, se detalla a continuación las actividades que fueron realizadas:

- Febrero 2023: se recopiló la información bibliográfica y se seleccionó la metodología utilizada en esta investigación.
- Marzo 2023: se elaboró las fichas que se llenaran en campo.
- Marzo 2023: se solicitó el permiso a la comunidad para tener acceso a la red de agua potable con la finalidad de poder realizar los respectivos estudios.
- Del 20 al 24 de marzo del 2023: se realizó el levantamiento topográfico de la red de agua potable para determinar coordenadas y cotas de los puntos a analizar.
- Del 27 al 29 de marzo del 2023: se realizó los ensayos para medir caudal y presión en los grifos de cada casa perteneciente a la red de agua potable y se actualizó el padrón de usuarios según esta visita. Se recogió muestra de agua para realizar el ensayo correspondiente a la determinación del sarro.
- Del 01 al 15 de abril del 2023: se realizó el modelamiento en WaterCAD de la red de agua potable, se elaboró los planos correspondientes al plano topográfico. Se realizó el ensayo en un Laboratorio de agua para determinar la cantidad de sarro.
- Del 16 al 30 de abril del 2023: se realizó el procesamiento de datos y discusión de los mismos para finalmente proceder a la redacción de esta investigación.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por el tipo de la investigación realizada, el presente estudio reúne las condiciones de una investigación **APLICADA**, ya que se utilizó técnicas y metodologías para determinar valores de Caudal y Presión.

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Por el nivel de investigación, esta investigación cumple con las características de un nivel **DESCRIPTIVO** (Describir o estimar parámetros), porque se realizó ensayos para la medición de los parámetros de diseño, los cuales son el caudal y la presión.

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Por el diseño de investigación, este estudio tiene las cualidades para ser una investigación **NO EXPERIMENTAL**, ya que no hubo manipulación de ninguna variable solo se obtuvo las medidas de caudal y presión según lo que se encuentre en campo.

3.6. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio se encuentra constituida por todas las redes de agua potable que tienen el problema de la acumulación de sarro en las paredes de las tuberías que conforman su sistema de agua potable, ubicadas en el distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

3.7. MUESTRA

La muestra de estudio, es la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

3.8. UNIDAD DE ANÁLISIS

La tubería de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para esta investigación fue necesario hacer un levantamiento topográfico de la red de agua potable del caserío La Totorá, para obtener las coordenadas y cotas de los puntos en estudio, además se solicitó el padrón de usuarios a la JASS para tener un control.

La toma de medidas de la presión en cada grifo de la red de agua potable del caserío La Totorá, se hizo directamente con el manómetro. Mientras que para la medición del caudal se utilizó el método volumétrico que consiste en tener un recipiente de volumen conocido y se cronometró el tiempo de llenado de este recipiente, teniendo así un volumen y un tiempo conocido por lo que el caudal se obtendrá de forma indirecta con la ecuación (1).

En referencia al ensayo para determinar la concentración de sarro en la red de agua potable del caserío La Totorá, se hizo un muestreo de agua en el reservorio de la red, se tomó muestras inalteradas de agua las cuáles fueron llevadas al laboratorio para su análisis. En cuanto a la determinación del estado actual y funcionamiento de la red de agua potable se realizó una observación cualitativa de la red de agua potable.

A continuación, se presenta un listado de todos los materiales, herramientas y equipos que fueron utilizados en esta investigación.

- Estación Total Leica Modelo TS10 3" R1000 (Certificado de calibración N°23662)
- GPS
- Manómetro AST, Inc/accesorios (Certificado de calibración EP-0001063 (Con incertidumbre de 0.63 m.c.a.)
- Balde de plástico de capacidad de 4.00 Lts
- Cronómetro
- Wincha
- Celular (App cámara)
- Equipo de protección personal

- Fichas de campo (formatos adjuntos en el apéndice C)
- Softwares computacionales (WaterCAD, AutoCAD, Civil 3D, Global Mapper, Google Earth y Microsoft Office)

3.10. PROCEDIMIENTO

3.10.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico de esta red con el fin de obtener con precisión las coordenadas y cotas de las viviendas que se benefician con este sistema, longitudes de las tuberías que pertenecen a la línea de conducción, y además de ubicar las diferentes estructuras hidráulicas que son parte del funcionamiento de esta red de agua potable. Los planos han sido elaborados por el Tesista, los mismos que han sido tomados de referencia para el modelamiento hidráulico en el Software WaterCAD.

En el apéndice B se presenta el panel fotográfico y en la sección planos se adjunta los planos correspondientes al levantamiento topográfico de esta red de agua potable. Y, en el ítem 3.9. los equipos y herramientas utilizados.

3.10.2. PADRÓN DE USUARIOS

Se solicitó al presidente de la JASS del caserío, el señor Santiago Concepción Paredes Vásquez, el padrón de usuarios de la Junta Administradora de Agua Potable, el cual nos sirvió como base para poder organizar las visitas a cada vivienda y realizar los ensayos necesarios.

3.10.3. MEDICIÓN DE PRESIÓN Y CAUDAL INSITU

Para la medición de estos parámetros, fue necesario visitar cada vivienda y con el permiso correspondiente del titular tomar medidas de la presión del agua en su grifo, esto se hizo directamente con el manómetro AST, el cual fue adaptado con

diferentes accesorios para facilitar y asegurar una buena toma de medida, se registró 05 medidas en cada grifo para así obtener un promedio y poder menguar el margen de error del manómetro utilizado.

Mientras que, para la toma de medidas del caudal se utilizó el método convencional o más conocido como el método volumétrico, el cual consiste en tener un recipiente de volumen conocido (en este caso será de 4.00 Lts) y luego se cronometró el tiempo de llenado del recipiente, teniendo así dos valores conocidos, el volumen y el tiempo; por lo que el caudal se obtendrá de forma indirecta con la ecuación (1). Se tomaron de igual manera 05 medidas para promediar y así menguar el error del valor del caudal.

La toma y cálculo de estos parámetros fueron tomados como los valores de presión y caudal actual, los mismos que nos sirvieron para determinar la variación de estos con respecto a los valores obtenidos del modelamiento hidráulico en el Software WaterCAD.

3.10.4. OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LA RED

En las diferentes salidas de campo, se tomó datos del estado actual de las estructuras que forman parte este sistema de agua potable, partiendo desde la captación tipo ladera, pasando por los 02 reservorios, las 05 caja rompe presión y la observación a los diferentes tramos de tubería que conforman esta red, para así poder determinar el estado actual de su estructura, mantenimiento y funcionamiento.

Esta evaluación se desarrolló mediante el llenado de fichas, las cuales fueron elaboradas según la Directiva Sanitaria N°058 – MINSA/DIGESA-V.01, la misma que presenta en sus anexos el Formulario N°02: Evaluación del estado sanitario de la infraestructura de abastecimiento de agua.

Realizada esta observación cualitativa, se concluyó en el estado actual del sistema mediante una breve descripción de cada estructura y de manera general de todo el sistema de agua potable. Además, se tomaron las medidas necesarias en cada estructura para realizar el modelamiento en el WaterCAD.

3.10.5. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA

Se obtuvo una muestra de agua de la captación en un recipiente totalmente impermeable, el cual fue llevado al Laboratorio Regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca para que se determine la concentración de sarro que se encuentra en esta agua. También se recogieron muestras de pedazos de tuberías en las que se pueda apreciar el sarro adherido a lo largo de las paredes de la superficie de las tuberías.

3.10.6. MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED EN EL SOFTWARE WATERCAD

Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico de la red y el reconocimiento de las estructuras hidráulicas, se realizó el modelamiento de la red del sistema de agua potable en el software WaterCAD, obteniendo los parámetros de caudal y presión, considerándose estos valores como los de diseño.

3.10.7. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y PRESIÓN

Se comparó los resultados registrados en campo mediante la toma de medidas de presión y caudal en cada grifo de cada vivienda registrada, con los valores obtenidos para estos mismos parámetros calculados mediante el modelamiento hidráulico de la red de agua potable en el Software WaterCAD.

Para el cálculo de la variación del caudal y presión, se consideró las siguientes ecuaciones:

a) Para la variación del caudal:

$$V_Q = \left(1 - \frac{Q_a}{Q_d}\right) * 100\% \quad (5)$$

Donde:

V_Q = Variación del Caudal.

Q_a = Caudal actual o tomado en campo.

Q_d = Caudal de diseño o del modelamiento.

b) Para la variación de la presión:

$$V_P = \left(1 - \frac{P_a}{P_d}\right) * 100\% \quad (6)$$

Donde:

V_P = Variación de la presión.

P_a = Presión actual o tomada en campo.

P_d = Presión de diseño o del modelamiento.

3.11. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.11.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico del sistema de agua potable, partiendo desde la captación hasta cada vivienda usuaria de este servicio. La geografía del lugar dificultaba para la toma de medidas de algunos puntos, por lo que se ubicó estratégicamente la estación total de manera que pueda tener visualización a los cambios de dirección de la línea de conducción, a las viviendas y demás estructuras hidráulicas. Para tener un mejor alcance de las curvas de nivel de todo el caserío se ha recurrido a la ayuda del Software Global Mapper.

En el apéndice A se presenta las Coordenadas UTM WGS-84 de los puntos más relevantes del sistema de agua potable tomados por la estación total y en la sección planos se adjunta los planos correspondientes.

3.11.2. PADRÓN DE USUARIOS

En el anexo C se presenta el padrón de usuarios proporcionado por la Junta Administradora de Agua Potable caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, del cual se ha podido determinar un total de 44 usuarios beneficiarios de este servicio.

Las numeraciones de estas viviendas registradas presentadas en el anexo C fueron tomadas como referencia para la ubicación en el modelamiento y posteriores cálculos de los parámetros en estudio.

3.11.3. MEDICIÓN DE CAUDAL Y PRESIÓN INSITU

3.11.3.1. MEDICIÓN DEL CAUDAL EN CADA VIVIENDA Y EN LA CAPTACIÓN

Se realizó la toma de cinco (05) medidas del caudal en cada grifo de cada vivienda perteneciente a este sistema de agua potable. Previamente, se conversó con el presidente de la JASS, el Sr. Paredes Vásquez Santiago Concepción para que en los días en los cuáles se realice el estudio no haya interrupciones en el servicio para que no pueda alterar los resultados obtenidos.

Se encontraron 02 viviendas, las cuales ya no estaban habitadas ya sea por la temporada de cosecha o abandonas por la familia, para esto se ha identificado del sistema la vivienda con la altura más parecida, de manera que se pueda utilizar como referencia para obtener el valor de su caudal en este punto.

El caudal en la captación fue de 0.275 L/s, este valor fue tomado en la época de invierno, donde el caudal aumenta considerablemente.

El registro fotográfico de la toma del caudal se presenta en el apéndice B. A continuación, se presenta la Tabla N°8 en la que se hace el registro de las mediciones tomadas en cada punto, además de su cálculo de su caudal (Q) L/s y el promedio de estos.

Tabla N°8. Valores del Caudal (L/s) tomados en campo

| Vivienda | TOMA DE MEDIDAS DE TIEMPO | | | | | | Q_a (L/s) |
|----------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_m | |
| V1 | 19.37 | 19.62 | 20.14 | 20.18 | 19.31 | 19.72 | 0.2028 |
| V2 | 19.52 | 19.71 | 19.90 | 19.63 | 20.17 | 19.79 | 0.2022 |
| V3 | 28.19 | 28.30 | 29.57 | 29.58 | 28.03 | 28.73 | 0.1392 |
| V4 | 30.95 | 31.99 | 32.30 | 31.28 | 32.89 | 31.88 | 0.1255 |
| V5 | 19.08 | 19.17 | 18.64 | 18.84 | 19.23 | 18.99 | 0.2106 |
| V6 | 24.06 | 23.67 | 22.80 | 23.92 | 23.52 | 23.59 | 0.1695 |
| V7 | 28.81 | 30.21 | 29.27 | 28.95 | 29.01 | 29.25 | 0.1368 |
| V8 | 31.45 | 34.10 | 30.41 | 32.85 | 35.12 | 32.79 | 0.1220 |
| V9 | 19.06 | 18.59 | 19.39 | 17.93 | 17.32 | 18.46 | 0.2167 |
| V10 | 32.94 | 32.79 | 34.01 | 33.21 | 33.50 | 33.29 | 0.1202 |
| V11 | 35.22 | 33.64 | 34.74 | 35.10 | 34.75 | 34.69 | 0.1153 |
| V12 | 20.38 | 20.19 | 21.51 | 22.11 | 21.71 | 21.18 | 0.1889 |
| V13 | 33.10 | 33.31 | 32.88 | 36.48 | 35.47 | 34.25 | 0.1168 |
| V14 | 19.50 | 19.04 | 21.32 | 19.19 | 19.09 | 19.63 | 0.2038 |
| V15 | 21.02 | 20.78 | 21.30 | 20.57 | 19.35 | 20.60 | 0.1941 |
| V16 | 20.50 | 20.23 | 19.20 | 18.79 | 19.08 | 19.56 | 0.2045 |
| V17 | 34.79 | 33.46 | 32.81 | 33.35 | 34.16 | 33.71 | 0.1186 |
| V18 | 18.75 | 19.81 | 19.05 | 19.99 | 19.98 | 19.52 | 0.2050 |
| V19 | 24.63 | 23.68 | 24.58 | 24.56 | 23.42 | 24.17 | 0.1655 |
| V20 | 31.73 | 34.47 | 32.89 | 30.03 | 34.75 | 32.77 | 0.1220 |
| V21 | 34.89 | 35.68 | 35.25 | 36.62 | 35.07 | 35.50 | 0.1127 |
| V22 | 21.04 | 22.04 | 22.19 | 20.46 | 21.39 | 21.42 | 0.1867 |

Cap. del recipiente: 4.00 Lts, T_1 en segundos, T_m : tiempo promedio, Q_a : Caudal actual

| Vivienda | TOMA DE MEDIDAS DE TIEMPO | | | | | | Q_a (L/s) |
|----------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| | T_1 | T_2 | T_3 | T_4 | T_5 | T_m | |
| V23 | 41.52 | 42.08 | 41.14 | 45.33 | 39.25 | 41.86 | 0.0955 |
| V24 | 32.91 | 34.63 | 32.28 | 34.72 | 34.85 | 33.88 | 0.1181 |
| V25 | 28.26 | 22.86 | 25.17 | 26.33 | 25.71 | 25.67 | 0.1558 |
| V26 | 29.53 | 28.18 | 29.56 | 28.67 | 28.40 | 28.87 | 0.1386 |
| V27 | 24.25 | 25.15 | 27.48 | 29.24 | 30.15 | 27.25 | 0.1468 |
| V28 | 26.55 | 27.63 | 25.90 | 29.63 | 27.16 | 27.37 | 0.1461 |
| V29 | 29.73 | 29.75 | 29.20 | 26.15 | 26.72 | 28.31 | 0.1413 |
| V30 | 29.48 | 29.86 | 29.37 | 28.44 | 27.23 | 28.88 | 0.1385 |
| V31 | 28.25 | 28.20 | 28.94 | 26.79 | 27.06 | 27.85 | 0.1436 |
| V32 | 25.69 | 27.53 | 26.31 | 28.68 | 28.60 | 27.36 | 0.1462 |
| V33 | 20.19 | 21.82 | 18.57 | 19.16 | 21.12 | 20.17 | 0.1983 |
| V34 | 38.40 | 37.68 | 38.09 | 38.48 | 38.30 | 38.19 | 0.1047 |
| V35 | 34.76 | 33.99 | 34.01 | 34.31 | 34.44 | 34.30 | 0.1166 |
| V36 | 29.75 | 28.20 | 28.45 | 29.30 | 30.45 | 29.23 | 0.1368 |
| V37 | 20.52 | 19.96 | 22.09 | 22.15 | 22.03 | 21.35 | 0.1874 |
| V38 | 21.89 | 20.16 | 21.03 | 21.00 | 22.18 | 21.25 | 0.1882 |
| V39 | 23.09 | 24.30 | 27.34 | 26.22 | 27.05 | 25.60 | 0.1563 |
| V40 | 27.69 | 24.94 | 23.80 | 25.03 | 22.96 | 24.88 | 0.1607 |
| V41 | 29.95 | 29.96 | 33.89 | 30.80 | 33.99 | 31.72 | 0.1261 |
| V42 | 20.88 | 20.96 | 21.21 | 21.82 | 21.88 | 21.35 | 0.1874 |
| V43 | 19.87 | 21.49 | 19.60 | 20.98 | 21.79 | 20.75 | 0.1928 |
| V44 | 22.22 | 19.75 | 20.37 | 21.23 | 20.52 | 20.82 | 0.1921 |

Cap. del recipiente: 4.00 Lts, T_1 en segundos, T_m : tiempo promedio, Q_a : Caudal actual

3.11.3.2. MEDICIÓN DE LA PRESIÓN EN CADA VIVIENDA

Al igual que con el caudal, también se realizó la toma de cinco (05) medidas de la presión en cada grifo de cada vivienda perteneciente a este sistema de agua potable. La toma de medidas del caudal y la presión fueron los mismos días, por lo que las recomendaciones dadas al presidente de la JASS para que no haya interrupciones en el servicio fueron las mismas. Los materiales utilizados para este método se encuentran citados en el ítem 3.9., vale resaltar que el Manómetro AST, fue debidamente calibrado, adjuntado el certificado de calibración N° EP - 0001063 en el anexo B.

El registro fotográfico de la toma de medidas de presión en cada vivienda se adjunta en el apéndice B. A continuación, se presenta la Tabla N°9 en la cual se hace el registro de las mediciones tomadas en cada punto en unidades Bar (10.2 m.c.a.).

Tabla N°9. Valores de la presión tomadas en campo

| VIVIENDA | TOMA DE MEDIDAS DE PRESIÓN - Bar (10.2 m.c.a.) | | | | | | P_a |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_m | m.c.a. |
| V1 | 0.70 | 0.75 | 0.75 | 0.68 | 0.70 | 0.72 | 7.30 |
| V2 | 1.00 | 0.95 | 1.00 | 1.05 | 0.98 | 1.00 | 10.16 |
| V3 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 6.36 |
| V4 | 0.80 | 0.80 | 0.75 | 0.78 | 0.80 | 0.79 | 8.02 |
| V5 | 1.40 | 1.42 | 1.45 | 1.40 | 1.45 | 1.42 | 14.52 |
| V6 | 0.65 | 0.70 | 0.65 | 0.70 | 0.68 | 0.68 | 6.90 |
| V7 | 0.90 | 0.90 | 0.95 | 0.93 | 0.95 | 0.93 | 9.45 |
| V8 | 0.82 | 0.85 | 0.80 | 0.84 | 0.85 | 0.83 | 8.49 |
| V9 | 1.50 | 1.45 | 1.48 | 1.45 | 1.45 | 1.47 | 14.95 |
| V10 | 1.90 | 1.85 | 1.88 | 1.85 | 1.85 | 1.87 | 19.03 |
| V11 | 1.40 | 1.30 | 1.40 | 1.25 | 1.30 | 1.33 | 13.57 |
| V12 | 0.98 | 1.00 | 1.03 | 1.05 | 1.02 | 1.02 | 10.36 |
| V13 | 1.65 | 1.60 | 1.60 | 1.65 | 1.70 | 1.64 | 16.73 |
| V14 | 1.50 | 1.45 | 1.46 | 1.48 | 1.50 | 1.48 | 15.08 |
| V15 | 0.70 | 0.68 | 0.65 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 6.77 |
| V16 | 1.20 | 1.25 | 1.22 | 1.25 | 1.26 | 1.24 | 12.61 |
| V17 | 1.10 | 1.06 | 1.05 | 1.08 | 1.05 | 1.07 | 10.89 |
| V18 | 1.45 | 1.40 | 1.42 | 1.40 | 1.40 | 1.41 | 14.42 |
| V19 | 1.05 | 1.10 | 1.10 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 11.00 |
| V20 | 0.90 | 0.90 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.93 | 9.49 |
| V21 | 0.60 | 0.65 | 0.65 | 0.60 | 0.65 | 0.63 | 6.43 |
| V22 | 3.05 | 3.10 | 3.08 | 3.08 | 3.05 | 3.07 | 31.33 |

| VIVIENDA | TOMA DE MEDIDAS DE PRESIÓN - Bar (10.2 m.c.a.) | | | | | | P_a |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_m | m.c.a. |
| V23 | 0.80 | 0.80 | 0.85 | 0.88 | 0.85 | 0.84 | 8.53 |
| V24 | 0.72 | 0.70 | 0.70 | 0.75 | 0.72 | 0.72 | 7.32 |
| V25 | 1.80 | 1.85 | 1.86 | 1.86 | 1.85 | 1.84 | 18.81 |
| V26 | 0.95 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 9.71 |
| V27 | 1.00 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | 0.85 | 0.88 | 8.98 |
| V28 | 2.10 | 2.60 | 2.05 | 2.08 | 2.05 | 2.18 | 22.20 |
| V29 | 0.50 | 0.45 | 0.50 | 0.46 | 0.45 | 0.47 | 4.81 |
| V30 | 1.00 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 10.61 |
| V31 | 1.40 | 1.45 | 1.42 | 1.40 | 1.40 | 1.41 | 14.42 |
| V32 | 2.00 | 1.98 | 2.05 | 2.00 | 1.95 | 2.00 | 20.36 |
| V33 | 0.62 | 0.70 | 0.70 | 0.65 | 0.70 | 0.67 | 6.87 |
| V34 | 1.30 | 1.30 | 1.34 | 1.35 | 1.30 | 1.32 | 13.44 |
| V35 | 0.90 | 0.85 | 0.92 | 0.90 | 0.85 | 0.88 | 9.02 |
| V36 | 0.70 | 0.80 | 0.70 | 0.65 | 0.75 | 0.72 | 7.34 |
| V37 | 1.05 | 0.98 | 1.00 | 1.05 | 1.00 | 1.02 | 10.36 |
| V38 | 0.95 | 0.98 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 10.02 |
| V39 | 1.50 | 1.45 | 1.46 | 1.45 | 1.45 | 1.46 | 14.91 |
| V40 | 1.00 | 1.05 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 10.59 |
| V41 | 0.50 | 0.55 | 0.56 | 0.55 | 0.55 | 0.54 | 5.53 |
| V42 | 0.90 | 0.85 | 0.86 | 0.85 | 0.88 | 0.87 | 8.85 |
| V43 | 0.50 | 0.55 | 0.55 | 0.50 | 0.50 | 0.52 | 5.30 |
| V44 | 3.20 | 3.10 | 3.25 | 3.10 | 3.20 | 3.17 | 32.33 |

3.11.4. OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LA RED

3.11.4.1. PRESENCIA DE SARRO EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE

A lo largo del recorrido por el sistema de agua potable se capturó notables imágenes las cuáles muestran la alta cantidad de sarro en los accesorios y a lo largo de las paredes de las tuberías de la línea de conducción. La presencia del sarro en los diferentes elementos del sistema de agua potable trae consigo la reducción del área de flujo del agua y también aumenta la rugosidad de la tubería, lo que lleva a reducir la presión y el caudal; parámetros evaluados en esta investigación. (ver apéndice C)

3.11.4.2. ESTADO ACTUAL DE LAS ESTRUCTURAS

Este sistema de agua potable fue creado el 16 de marzo del 2006 según Resolución Administrativa N°442-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC (ver anexo C), teniendo una antigüedad de 17 años, lo cual indica que aún está dentro de su periodo de diseño.

Esta red de agua potable al ser de zona rural no cuenta con los estudios previos ni de diseño, por lo que no se tiene una memoria de cálculo. Además, su construcción fue realizada por los pobladores beneficiarios por lo que no se ha tenido en cuenta las consideraciones necesarias para su ejecución.

A continuación, se describirá brevemente las estructuras encontradas para este sistema de agua potable, para mayor detalle ver la ficha N°01 en el apéndice C.

a) CAPTACIÓN "LA TOTORILLA"

En la Captación "La Totorilla" se puede observar que no cuenta con un cerco perimétrico que limite el acceso a esa estructura, no se cuenta con tuberías de rebose ni de limpieza, por lo que se deduce que no se puede realizar mantenimiento. En las inmediaciones se observó presencia de cultivos, malezas.

b) RESERVORIO N° 1

El reservorio N°1 con una capacidad de 24.7 m^3 , cuenta con un cerco perimétrico precario, cuando se inspeccionó la caja de válvulas se encontró la llave principal en deterioro por lo que se procedió a cambiarlo con el presidente de la JASS para poder realizar las respectivas mediciones y también la llave de la tubería de limpieza no se encontraba en funcionamiento. Se observó también que tanto la salida de la tubería de rebose, como la de limpieza no tienen protección por donde podrían ingresar agentes exógenos al reservorio.

Adicional a esto, se evidenció una fisura vertical que recorre toda la pared del reservorio ocasionando pérdidas de agua gradual. (ver apéndice C)

c) RESERVORIO N° 2

El reservorio N°2 con una capacidad de 15.25 m^3 funciona directamente con la alimentación del reservorio N°1 con una tubería de $1\frac{1}{2}$ " , no cuenta con mantenimiento y el cerco perimétrico no está cerrado en su totalidad. En la tubería de salida de conducción se aprecia una mala unión, además presenta una curvatura no adecuada para el funcionamiento ya que ocasiona muchas pérdidas de presión. (ver apéndice C)

d) CÁMARAS ROMPE PRESIÓN

Esta red de agua potable cuenta con 05 cámaras rompe presión, ninguna de ellas cuenta con cerco perimétrico y tampoco están funcionando correctamente, ya que ha sido retirada la boya ocasionando que la cámara se llene y genere desperdicios de agua por el tubo de rebose, que esto a su vez genera que casas aguas arriba tengan problemas con el adecuado suministro. (ver apéndice C)

e) LÍNEA DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción en muchos tramos la tubería no se encuentra enterrada adecuadamente, en estos tramos se pudo evidenciar que la unión espiga – campana están en sentido contrario al flujo del agua, siendo este punto propenso a la acumulación de sarro. En otros tramos de esta línea de conducción se apreció fugas de agua y codos de 90° innecesarios generando muchas pérdidas de energía. (ver apéndice C)

f) PASES AÉREOS

Cuenta con 03 pases aéreos los cuales presentan una excesiva catenaria y no tienen tensores para corregir dicha forma, convirtiéndose la parte inferior de la catenaria en un depósito de sarro y materia. En los pases aéreos la tubería utilizada no es la idónea, en uno de los pases presenta una tubería de F°G° que se une a una tubería de PVC, donde se aprecia fugas de agua. (ver apéndice C)

3.11.5. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA

Se obtuvo la muestra de la captación "La Totorilla" en un recipiente totalmente impermeable, el cual fue llevado al Laboratorio Regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca, para determinar los parámetros mediante los métodos acreditados por el INACAL – DA.

Los resultados proporcionados por el laboratorio son adjuntados en el anexo A de esta investigación.

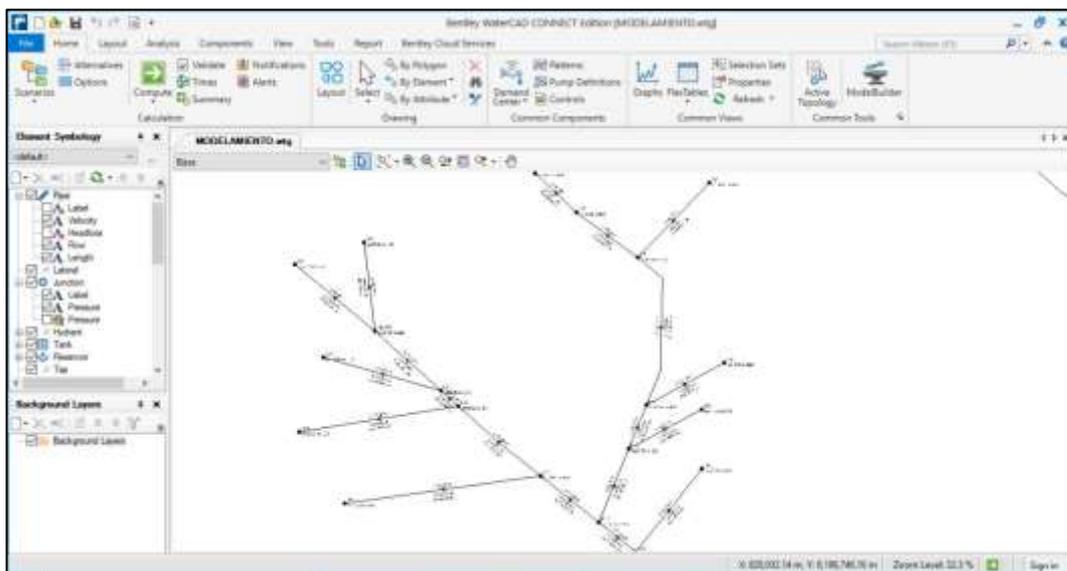
3.12. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.12.1. MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE LA RED EN EL SOFTWARE WATERCAD

Se realizó el modelamiento hidráulico de la red en el software WaterCAD, gracias a las coordenadas UTM y cotas obtenidas del levantamiento topográfico, además de los datos registrados en campo de las estructuras hidráulicas que forman parte de este sistema (alturas de llenado, secciones).

Este modelamiento nos ayuda a calcular los valores de los parámetros de caudal y presión, los cuales serán tomados como valores de diseño para poder ser comparados con los valores medidos en campo, y así finalmente hallar la variación debido a la presencia de sarro.

Figura N°6. Modelamiento de la red en el Software WaterCAD



Fuente: Modelamiento en WaterCAD.

El plano del modelamiento de WaterCAD se adjunta en la sección planos. A continuación, en la Tabla N°10 se presenta un resumen de las características de las tuberías de la red (longitud, diámetro, material).

Tabla N°10. Resumen de las longitudes de las tuberías de la red.

| NUDO | | LONGITUD | DIÁMETRO | MATERIAL |
|---------|-------|----------|----------|----------|
| INICIAL | FINAL | (m) | (Pulg) | |
| N01 | V01 | 26.17 | 1/2" | PVC |
| N02 | V02 | 33.08 | 1/2" | PVC |
| N03 | V03 | 92.73 | 1/2" | PVC |
| N04 | V04 | 67.16 | 1/2" | PVC |
| N05 | V05 | 45.04 | 1/2" | PVC |
| N06 | V06 | 60.61 | 1/2" | PVC |
| N07 | V07 | 88.85 | 1/2" | PVC |
| N08 | V08 | 221.87 | 1/2" | PVC |
| N09 | V09 | 28.15 | 1/2" | PVC |
| N10 | V10 | 18.48 | 1/2" | PVC |
| N11 | V11 | 53.83 | 1/2" | PVC |
| N12 | V12 | 32.96 | 1/2" | PVC |
| N13 | V13 | 65.63 | 1/2" | PVC |
| N14 | V14 | 27.88 | 1/2" | PVC |
| N15 | V15 | 70.59 | 1/2" | PVC |
| N16 | V16 | 39.77 | 1/2" | PVC |
| N17 | V17 | 134.77 | 1/2" | PVC |
| N18 | V18 | 39.49 | 1/2" | PVC |
| N19 | V19 | 37.41 | 1/2" | PVC |
| N20 | V20 | 46.87 | 1/2" | PVC |
| N21 | V21 | 34.14 | 1/2" | PVC |
| N22 | V22 | 121.69 | 1/2" | PVC |
| N23 | V23 | 43.77 | 1/2" | PVC |

| NUDO | | LONGITUD | DIÁMETRO | MATERIAL |
|---------|-------|----------|----------|----------|
| INICIAL | FINAL | (m) | (Pig) | |
| N24 | V24 | 72.34 | 1/2" | PVC |
| N25 | V25 | 46.6 | 1/2" | PVC |
| N26 | V26 | 54.22 | 1/2" | PVC |
| N27 | V27 | 25.68 | 1/2" | PVC |
| N28 | V28 | 28.18 | 1/2" | PVC |
| N29 | V29 | 31.06 | 1/2" | PVC |
| N30 | V30 | 36.56 | 1/2" | PVC |
| N31 | V31 | 54.76 | 1/2" | PVC |
| N32 | V32 | 76.83 | 1/2" | PVC |
| N33 | V33 | 47.72 | 1/2" | PVC |
| N34 | V34 | 35.08 | 1/2" | PVC |
| N35 | V35 | 45.73 | 1/2" | PVC |
| N36 | V36 | 57.77 | 1/2" | PVC |
| N37 | V37 | 54.83 | 1/2" | PVC |
| N38 | V38 | 47.96 | 1/2" | PVC |
| N39 | V39 | 56.37 | 1/2" | PVC |
| N40 | V40 | 40.36 | 1/2" | PVC |
| N41 | V41 | 85.9 | 1/2" | PVC |
| N42 | V42 | 64.94 | 1/2" | PVC |
| N43 | V43 | 48.98 | 1/2" | PVC |
| N44 | V44 | 27.44 | 1/2" | PVC |
| N01 | 29.4 | 147.43 | 1" | PVC |
| N23 | N02 | 117.64 | 1" | PVC |
| N04 | N03 | 138.71 | 1" | PVC |

| NUDO | | LONGITUD | DIÁMETRO | MATERIAL |
|---------|-------|----------|----------|----------|
| INICIAL | FINAL | (m) | (Pig) | |
| N08 | N04 | 31.24 | 1" | PVC |
| N30 | N05 | 23.64 | 1" | PVC |
| R1-3 | N07 | 33.56 | 1" | PVC |
| N29 | N08 | 143.58 | 1" | PVC |
| N30 | N09 | 10.07 | 1" | PVC |
| R1-1 | N10 | 50.05 | 1" | PVC |
| CR-4 | N11 | 47.55 | 1" | PVC |
| R1-2 | N12 | 25.02 | 1" | PVC |
| R1-1 | N13 | 55.35 | 1" | PVC |
| N02 | N14 | 29.97 | 1" | PVC |
| R2+R3 | N15 | 145.39 | 1" | PVC |
| N19 | N16 | 21.43 | 1" | PVC |
| N34 | N17 | 72.41 | 1" | PVC |
| R1-2 | N18 | 91.97 | 1" | PVC |
| R1-3 | N19 | 35.81 | 1" | PVC |
| N33 | N21 | 77.94 | 1" | PVC |
| N15 | N22 | 77.01 | 1" | PVC |
| R3-1 | N23 | 25.56 | 1" | PVC |
| N07 | N24 | 48.69 | 1" | PVC |
| R2+R3 | N26 | 113.29 | 1" | PVC |
| N25 | N27 | 34.38 | 1" | PVC |
| N10 | N28 | 29.01 | 1" | PVC |
| R3-1 | N29 | 59.36 | 1" | PVC |
| CR-1 | N31 | 168.42 | 1" | PVC |

| NUDO | | LONGITUD | DIÁMETRO | MATERIAL |
|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| INICIAL | FINAL | (m) | (Pig) | |
| N13 | N32 | 162.06 | 1" | PVC |
| CR-2 | N33 | 21.01 | 1" | PVC |
| N35 | N34 | 28.02 | 1" | PVC |
| N12 | N35 | 18.24 | 1" | PVC |
| N31 | N36 | 31.58 | 1" | PVC |
| N24 | N37 | 10.46 | 1" | PVC |
| N41 | N38 | 136.43 | 1" | PVC |
| N06 | N39 | 75.24 | 1" | PVC |
| N42 | N41 | 39.1 | 1" | PVC |
| N21 | N42 | 107.81 | 1" | PVC |
| CR-5 | N43 | 33.76 | 1" | PVC |
| N28 | N44 | 59.22 | 1" | PVC |
| N37 | N20 | 40.18 | 1" | PVC |
| N18 | CR-2 | 50.23 | 1" | PVC |
| N26 | CR-4 | 143.07 | 1" | PVC |
| N22 | CR-5 | 17.31 | 1" | PVC |
| N43 | R3-1 | 96.17 | 1" | PVC |
| N39 | CR-3 | 167.44 | 1" | PVC |
| CR-3 | R2+R3 | 24.94 | 1" | PVC |
| RESERVORIO 2 | N06 | 41.18 | 1" | PVC |
| RESERVORIO 2 | R1-1 | 284.99 | 1" | PVC |
| CAP | RESERVORIO 1 | 1275.8 | 1 1/2" | PVC |
| RESERVORIO 1 | RESERVORIO 2 | 178.36 | 1 1/2" | PVC |

Fuente: Software WaterCAD.

En la siguiente tabla se presenta los valores calculados por el Software WaterCAD para el caudal y la presión para las 44 viviendas.

Tabla N°11. Valores del Caudal y la presión calculados por el WaterCAD

| VIVIENDA | ELEVACIÓN | CAUDAL (l/s) | PRESIÓN (m.c.a.) |
|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| V01 | 2732.40 | 0.2830 | 26.69 |
| V02 | 2719.58 | 0.4379 | 39.50 |
| V03 | 2740.00 | 0.1770 | 19.11 |
| V04 | 2736.28 | 0.1450 | 22.82 |
| V05 | 2720.28 | 0.3348 | 41.89 |
| V06 | 2860.73 | 0.1915 | 19.59 |
| V07 | 2741.47 | 0.1596 | 30.75 |
| V08 | 2723.39 | 0.2126 | 35.65 |
| V09 | 2716.64 | 0.5014 | 45.53 |
| V10 | 2822.29 | 0.1477 | 57.82 |
| V11 | 2743.26 | 0.1324 | 18.98 |
| V12 | 2788.10 | 0.2349 | 34.85 |
| V13 | 2816.64 | 0.1367 | 63.35 |
| V14 | 2717.19 | 0.5351 | 41.87 |
| V15 | 2781.33 | 0.4041 | 25.33 |
| V16 | 2727.41 | 0.2693 | 44.79 |
| V17 | 2782.12 | 0.1360 | 40.82 |
| V18 | 2772.16 | 0.2732 | 50.70 |
| V19 | 2730.75 | 0.2111 | 41.45 |
| V20 | 2745.00 | 0.3124 | 27.20 |
| V21 | 2757.19 | 0.1363 | 15.21 |

| VIVIENDA | ELEVACIÓN | CAUDAL (l/s) | PRESIÓN (m.c.a.) |
|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| V22 | 2732.01 | 0.3725 | 74.51 |
| V23 | 2735.87 | 0.1062 | 23.24 |
| V24 | 2741.47 | 0.1485 | 30.72 |
| V25 | 2720.57 | 0.3456 | 51.62 |
| V26 | 2781.62 | 0.4167 | 25.05 |
| V27 | 2720.86 | 0.3412 | 51.33 |
| V28 | 2812.32 | 0.3738 | 67.77 |
| V29 | 2741.51 | 0.3101 | 17.61 |
| V30 | 2719.05 | 0.3669 | 43.12 |
| V31 | 2786.23 | 0.3356 | 36.79 |
| V32 | 2818.51 | 0.2980 | 61.44 |
| V33 | 2757.29 | 0.3193 | 15.17 |
| V34 | 2785.71 | 0.1562 | 37.24 |
| V35 | 2786.11 | 0.1689 | 36.84 |
| V36 | 2782.47 | 0.2865 | 40.50 |
| V37 | 2743.25 | 0.2349 | 28.97 |
| V38 | 2734.02 | 0.2612 | 38.20 |
| V39 | 2837.20 | 0.2485 | 43.00 |
| V40 | 2736.30 | 0.2467 | 35.90 |
| V41 | 2754.16 | 0.1596 | 18.17 |
| V42 | 2741.59 | 0.3042 | 30.73 |
| V43 | 2741.00 | 0.3761 | 18.14 |
| V44 | 2801.30 | 0.3275 | 78.77 |

Fuente: Software WaterCAD.

3.12.2. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN

Se realizó el cálculo de la variación del caudal y la presión teniendo en cuenta los valores obtenidos en el software WaterCAD que serán tomados como valores de diseño, y los valores obtenidos en campo considerándose como los valores actuales. A continuación, se referencian las ecuaciones citadas anteriormente en el ítem 3.10.7.

a) Para la variación del caudal:

$$V_Q = \left(1 - \frac{Q_a}{Q_d}\right) * 100\% \quad (5)$$

Donde:

V_Q = Variación del Caudal.

Q_a = Caudal actual o tomado en campo.

Q_d = Caudal de diseño o del modelamiento.

b) Para la variación de la presión:

$$V_P = \left(1 - \frac{P_a}{P_d}\right) * 100\% \quad (6)$$

Donde:

V_P = Variación de la presión.

P_a = Presión actual o tomada en campo.

P_d = Presión de diseño o del modelamiento.

Tabla N°12. Calculo de la variación del caudal (Q)

| VIVIENDA | Q_a (l/s) | Q_a (l/s) | V_Q (%) (Ec. 6) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| V1 | 0.2830 | 0.2028 | 28.34 |
| V2 | 0.4379 | 0.2022 | 53.83 |
| V3 | 0.1770 | 0.1392 | 21.35 |
| V4 | 0.1450 | 0.1255 | 13.47 |
| V5 | 0.3348 | 0.2106 | 37.09 |
| V6 | 0.1915 | 0.1695 | 11.47 |
| V7 | 0.1596 | 0.1368 | 14.32 |
| V8 | 0.2126 | 0.1220 | 42.61 |
| V9 | 0.5014 | 0.2167 | 56.78 |
| V10 | 0.1477 | 0.1202 | 18.65 |
| V11 | 0.1324 | 0.1153 | 12.91 |
| V12 | 0.2349 | 0.1889 | 19.60 |
| V13 | 0.1367 | 0.1168 | 14.56 |
| V14 | 0.5351 | 0.2038 | 61.92 |
| V15 | 0.4041 | 0.1941 | 51.96 |
| V16 | 0.2693 | 0.2045 | 24.06 |
| V17 | 0.1360 | 0.1186 | 12.76 |
| V18 | 0.2732 | 0.2050 | 24.98 |
| V19 | 0.2111 | 0.1655 | 21.62 |
| V20 | 0.3124 | 0.1220 | 60.93 |
| V21 | 0.1363 | 0.1127 | 17.34 |
| V22 | 0.3725 | 0.1867 | 49.88 |

| VIVIENDA | Q_d (l/s) | Q_a (l/s) | V_Q (%) (Ec. 6) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| V23 | 0.1062 | 0.0955 | 10.03 |
| V24 | 0.1485 | 0.1181 | 20.49 |
| V25 | 0.3456 | 0.1558 | 54.91 |
| V26 | 0.4167 | 0.1386 | 66.75 |
| V27 | 0.3412 | 0.1468 | 56.98 |
| V28 | 0.3738 | 0.1461 | 60.91 |
| V29 | 0.3101 | 0.1413 | 54.44 |
| V30 | 0.3669 | 0.1385 | 62.24 |
| V31 | 0.3356 | 0.1436 | 57.20 |
| V32 | 0.2980 | 0.1462 | 50.94 |
| V33 | 0.3193 | 0.1983 | 37.90 |
| V34 | 0.1562 | 0.1047 | 32.95 |
| V35 | 0.1689 | 0.1166 | 30.96 |
| V36 | 0.2865 | 0.1368 | 52.24 |
| V37 | 0.2349 | 0.1874 | 20.24 |
| V38 | 0.2612 | 0.1882 | 27.94 |
| V39 | 0.2485 | 0.1563 | 37.12 |
| V40 | 0.2467 | 0.1607 | 34.84 |
| V41 | 0.1596 | 0.1261 | 20.98 |
| V42 | 0.3042 | 0.1874 | 38.41 |
| V43 | 0.3761 | 0.1928 | 48.73 |
| V44 | 0.3275 | 0.1921 | 41.33 |

Tabla N°13. Cálculo de la variación de la presión (P)

| VIVIENDA | P_d (m.c.a.) | P_a (m.c.a.) | V_p (%) (Ec. 7) |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| V1 | 26.7 | 7.3 | 72.6 |
| V2 | 39.5 | 10.2 | 74.3 |
| V3 | 19.1 | 6.4 | 66.7 |
| V4 | 22.8 | 8.0 | 64.9 |
| V5 | 41.9 | 14.5 | 65.3 |
| V6 | 19.6 | 6.9 | 64.8 |
| V7 | 30.8 | 9.4 | 69.3 |
| V8 | 35.7 | 8.5 | 76.2 |
| V9 | 45.5 | 15.0 | 67.2 |
| V10 | 57.8 | 19.0 | 67.1 |
| V11 | 19.0 | 13.6 | 28.5 |
| V12 | 34.9 | 10.4 | 70.3 |
| V13 | 63.4 | 16.7 | 73.6 |
| V14 | 41.9 | 15.1 | 64.0 |
| V15 | 25.3 | 6.8 | 73.3 |
| V16 | 44.8 | 12.6 | 71.9 |
| V17 | 40.8 | 10.9 | 73.3 |
| V18 | 50.7 | 14.4 | 71.6 |
| V19 | 41.5 | 11.0 | 73.5 |
| V20 | 27.2 | 9.5 | 65.1 |
| V21 | 15.2 | 6.4 | 57.8 |
| V22 | 74.5 | 31.3 | 57.9 |

| VIVIENDA | P_d (m.c.a.) | P_a (m.c.a.) | V_P (%) (Ec. 7) |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| V23 | 23.2 | 8.5 | 63.3 |
| V24 | 30.7 | 7.3 | 76.2 |
| V25 | 51.6 | 18.8 | 63.6 |
| V26 | 25.1 | 9.7 | 61.2 |
| V27 | 51.3 | 9.0 | 82.5 |
| V28 | 67.8 | 22.2 | 67.2 |
| V29 | 17.6 | 4.8 | 72.7 |
| V30 | 43.1 | 10.6 | 75.4 |
| V31 | 36.8 | 14.4 | 60.8 |
| V32 | 61.4 | 20.4 | 66.9 |
| V33 | 15.2 | 6.9 | 54.7 |
| V34 | 37.2 | 13.4 | 63.9 |
| V35 | 36.8 | 9.0 | 75.5 |
| V36 | 40.5 | 7.3 | 81.9 |
| V37 | 29.0 | 10.4 | 64.2 |
| V38 | 38.2 | 10.0 | 73.8 |
| V39 | 43.0 | 14.9 | 65.3 |
| V40 | 35.9 | 10.6 | 70.5 |
| V41 | 18.2 | 5.5 | 69.6 |
| V42 | 30.7 | 8.9 | 71.2 |
| V43 | 18.1 | 5.3 | 70.8 |
| V44 | 78.8 | 32.3 | 59.0 |

Tabla N°14. Valores más relevantes para el caudal (Q)

| | Q_d (l/s) | Q_a (l/s) | V_Q (%) |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|
| Promedio | 0.2699 | 0.1568 | 36.11 |
| Máximo | 0.5351 | 0.2167 | 66.75 |
| Mínimo | 0.1062 | 0.0955 | 10.03 |

Tabla N°15. Valores más relevantes para la presión (P)

| | P_d (m.c.a.) | P_a (m.c.a.) | V_P (%) |
|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Promedio | 37.47 | 11.91 | 67.70 |
| Máximo | 78.77 | 32.33 | 82.51 |
| Mínimo | 15.17 | 4.81 | 28.52 |

3.12.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SARRO EN EL AGUA

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del estudio de laboratorio, el cual nos determina la concentración de sarro o dureza total, hierro en el agua.

Tabla N°16. Cantidad de sarro en el agua (Estudio de laboratorio)

| PARÁMETRO | UND. | RESULTADO | ECA CATEGORIA A1 |
|--------------------------------------|------|-----------|------------------|
| Dureza Total (Dt), CaCO_3 | mg/L | 184.5 | 500 |
| Alcalinidad a los CO_3^{2-} | mg/L | 214.5 | 150 |
| pH A 25°C | pH | 8.03 | 6.5 – 8.5 |
| Sólidos totales | mg/L | 403 | 1000 |

Fuente: Ensayo de laboratorio (anexo A).

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. VARIACIÓN DEL CAUDAL

Como se puede apreciar en la Tabla N°14 la variación promedio del caudal debido a la presencia de sarro en las tuberías es del 36.11% desfavorable, o sea tienen una menor dotación de la requerida, ya que el caudal de diseño requerido promedio es de 0.2699 l/s, pero al tomar medidas en campo se obtiene un caudal promedio de 0.1568 l/s siendo este menor. Esto sucede porque el sarro va creando una capa en las paredes de las tuberías disminuyendo el diámetro interior y aumentando la rugosidad, lo que genera que los caudales disminuyan.

4.2. VARIACIÓN DE LA PRESIÓN

En la Tabla N°15 se puede observar que la variación promedio es 67.70% desfavorable, ya que la presión promedio de diseño es 37.47 m.c.a y la presión promedio tomada en campo es de 11.91 m.c.a. La presión tomada en campo ha caído considerablemente debido a la acumulación de sarro en las paredes de la tubería a lo largo de la red, aumentando la rugosidad y disminuyendo los diámetros (aumento de velocidad), lo que ocasiona mayores pérdidas de carga. Otras causas son los dobleces innecesarios y codos de 90° en las tuberías de la línea de conducción.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Habiendo finalizado con el estudio de la red de agua potable del caserío La Totorá, podemos contrastar nuestra hipótesis: "Debido a la presencia de sarro en las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, el caudal y la presión presentan una variación desfavorable", con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis; ya que, los parámetros de caudal y presión presentan una variación desfavorable.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Ante la concentración del sarro al 184.5 mg/l en el agua de las tuberías de la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, se determinó que la variación promedio para el caudal es del 36.11% desfavorablemente; y para la presión el valor promedio de la variación es desfavorable al 67.70%.
- La condición del funcionamiento hidráulico de la red de agua potable del caserío La Totorá, es regular, ya que la presión por más que haya disminuido ante la presencia del sarro en las tuberías de esta red sigue dentro de los rangos permisibles. La condición del funcionamiento hidráulico también se ve afectada por la falta de boyas en las cámaras rompe presión, válvulas de purga y válvulas de aire en la línea de conducción; además, en la captación, la estructura no permite dar mantenimiento ya que no cuenta con tuberías de limpieza ni de rebose.
- El estado actual de las estructuras hidráulicas que conforman la red de agua potable del caserío La Totorá; es regular.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda sustituir las tuberías del sistema de red agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca que son de PVC por tuberías de CPVC, ya que estas son elaboradas de un material termoplástico cuyos componentes no atraen a los iones metálicos (carbonato de calcio y magnesio), lo que mantiene el interior de la tubería libre de acumulación de sarro.
- Se recomienda aplicar el método de tratamiento de filtración por gravedad lentos de arena en la captación "La Totorilla".
- Se recomienda a la JASS solicitar capacitaciones a la entidad competente para el mantenimiento y funcionamiento adecuado del sistema de agua potable, para así saber cómo y cada cuánto realizar el mantenimiento; y tener el conocimiento de todas las estructuras y accesorios con las que debe contar toda red de agua potable.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Bardales Valdez, Y. A. (2022).** *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA LOCALIDAD DE JESÚS – CAJAMARC.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional UNC.
2. **Carmona Castillo, K. J. (2018).** *DETERMINACIÓN DE PLOMO Y DUREZA CÁLCICA EN AGUA DE CONSUMO HUMANO DE CAJA DE AGUA – SAN JUAN DE LURIGANCHO. FEBRERO – MARZO 2017.* [Tesis de pregrado]. Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú. Repositorio Institucional.
3. **Chávez Marrufo, J. C. (2021).** *TRATAMIENTO DE LA DUREZA DE LAS AGUAS UTILIZANDO UN FILTRO CON ESPESOR VARIABLE DE ZEOLITA-2019.* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Repositorio Institucional UNC.
4. **Decreto Supremo N°004-2017-MINAM** (7 de junio del 2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano.
5. **Decreto Supremo N°031-2010-SA. (2011).** Reglamento de la calidad del Agua para consumo Humano. Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud (MINSa)
6. **DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental).** Grupo de Estudio Técnico Ambiental para Agua – Parámetros Organolépticos.
7. **Directiva Sanitaria N°058 – MINSa/DIGESA-V.01.** (24 de noviembre del 2014). Directiva Sanitaria para la formulación, aprobación y aplicación del plan de control de calidad (PCC) por los proveedores de agua para consumo humano.

8. **ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). (2017).** Manual de medición de Caudales. Guatemala. 18p.
9. **Jurado J. P., Jara J. S. y Toscano R. T. (2014, 20 de diciembre).** Estudio comparativo de la eficiencia del fosfato en las tuberías galvanizadas y PVC para el ablandamiento del agua subterránea. Revista de investigación Universitaria, 2014, Vol.3 (2): 67-73.
10. **Luengo Scherck, T. (2020).** *EL ARREGLO INSTITUCIONAL DEL SECTOR HÍDRICO Y SU ROL EN LA SUBUTILIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO EN ZUMPANGO DEL RÍO, GUERRERO.* [Tesis de pregrado]. Instituto Mexicano de tecnología del agua, Jiutepec, Morelos, México. Repositorio Institucional IMTA.
11. **MVCS (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento) (2018).** Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.
12. **Norma Técnica IS.010** Instalaciones Sanitarias para edificaciones.
13. **Norma Técnica OS.050** Redes de distribución de agua para consumo humano.
14. **NTP. 339.002.** TUBOS DE POLI (CLORURO DE VINILO) NO PLASTIFICADO (PVC-U) PARA LA CONDUCCIÓN DE FLUIDOS A PRESIÓN. Requisitos y métodos de ensayo.
15. **OMS (Organización Mundial de la Salud). (2018).** Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Ginebra.
16. **Rotoplas Agro. (2021, 21 de setiembre).** ¿Qué es el sarro en el agua y como evitarlo?. *Rotoplas más y mejor agua.* <https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-es-el-sarro-en-el-agua-y-como->

APÉNDICE

APÉNDICE A. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Tabla A1. Coordenadas UTM de los puntos más relevantes de la estación total

| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
|-------|-----------|------------|-----------|
| V01 | 819795.14 | 9187340.63 | 2732.40 |
| N01 | 819809.15 | 9187318.53 | 2735.77 |
| V02 | 820167.96 | 9187056.35 | 2719.58 |
| N02 | 820198.79 | 9187068.33 | 2721.85 |
| V03 | 819858.95 | 9187259.37 | 2740.00 |
| N03 | 819950.23 | 9187275.70 | 2738.86 |
| V04 | 820027.20 | 9187197.98 | 2736.28 |
| N04 | 820082.96 | 9187235.42 | 2743.82 |
| V05 | 820206.97 | 9186993.55 | 2720.28 |
| N05 | 820203.06 | 9186948.68 | 2721.68 |
| V06 | 820791.82 | 9187149.58 | 2860.73 |
| N06 | 820846.74 | 9187123.95 | 2868.10 |
| V07 | 819926.08 | 9186767.65 | 2741.47 |
| N07 | 820014.05 | 9186780.18 | 2740.65 |
| V08 | 819957.67 | 9187075.88 | 2723.39 |
| N08 | 820113.81 | 9187233.51 | 2747.74 |
| V09 | 820157.31 | 9186990.30 | 2716.64 |
| N09 | 820177.88 | 9186971.08 | 2719.30 |
| V10 | 820720.41 | 9186878.35 | 2822.29 |
| N10 | 820730.25 | 9186893.99 | 2825.60 |
| V11 | 820307.74 | 9186924.80 | 2743.26 |
| N11 | 820346.12 | 9186887.06 | 2751.22 |
| V12 | 820506.73 | 9186608.54 | 2788.10 |
| N12 | 820539.65 | 9186610.08 | 2792.90 |
| V13 | 820714.89 | 9186843.91 | 2816.64 |
| N13 | 820780.44 | 9186840.80 | 2837.87 |
| V14 | 820159.90 | 9187026.83 | 2717.19 |
| | | | ... |

| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
|--------------|-------------|--------------|------------------|
| N14 | 820182.49 | 9187043.17 | 2719.13 |
| V15 | 820441.87 | 9187103.11 | 2781.33 |
| N15 | 820475.80 | 9187041.20 | 2786.91 |
| V16 | 820096.55 | 9186831.34 | 2727.41 |
| N16 | 820061.68 | 9186812.21 | 2731.96 |
| V17 | 820410.78 | 9186394.04 | 2782.12 |
| N17 | 820488.82 | 9186503.92 | 2785.97 |
| V18 | 820452.95 | 9186656.28 | 2772.16 |
| N18 | 820456.70 | 9186616.97 | 2780.69 |
| V19 | 820086.50 | 9186810.24 | 2730.75 |
| N19 | 820053.64 | 9186792.35 | 2734.92 |
| V20 | 819903.57 | 9186875.87 | 2745.00 |
| N20 | 819939.51 | 9186845.78 | 2739.19 |
| V21 | 820275.07 | 9186623.99 | 2757.19 |
| N21 | 820309.21 | 9186624.15 | 2759.26 |
| V22 | 820282.53 | 9187067.81 | 2732.01 |
| N22 | 820404.19 | 9187065.07 | 2764.62 |
| V23 | 820278.38 | 9187108.84 | 2735.87 |
| N23 | 820277.35 | 9187152.60 | 2743.08 |
| V24 | 819905.63 | 9186800.04 | 2741.47 |
| N24 | 819977.01 | 9186811.75 | 2739.78 |
| V25 | 820089.91 | 9186912.77 | 2720.57 |
| N25 | 820057.79 | 9186879.00 | 2724.41 |
| V26 | 820469.52 | 9186923.31 | 2781.62 |
| N26 | 820523.57 | 9186927.61 | 2791.50 |
| V27 | 820011.60 | 9186917.19 | 2720.86 |
| N27 | 820030.15 | 9186899.43 | 2723.31 |
| V28 | 820689.12 | 9186867.08 | 2812.32 |
| N28 | 820701.28 | 9186892.50 | 2817.93 |
| V29 | 820236.80 | 9187174.49 | 2741.51 |
| N29 | 820252.48 | 9187201.31 | 2751.87 |
| | | | |

| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
|--------------|-------------|--------------|------------------|
| V30 | 820193.24 | 9187000.10 | 2719.05 |
| N30 | 820185.40 | 9186964.39 | 2720.17 |
| V31 | 820537.51 | 9186675.54 | 2786.23 |
| N31 | 820591.40 | 9186665.79 | 2801.61 |
| V32 | 820696.12 | 9186654.14 | 2818.51 |
| N32 | 820763.65 | 9186690.78 | 2823.95 |
| V33 | 820356.28 | 9186650.58 | 2757.29 |
| N33 | 820385.78 | 9186613.07 | 2768.21 |
| V34 | 820490.85 | 9186567.22 | 2785.71 |
| N34 | 820525.91 | 9186565.91 | 2789.90 |
| V35 | 820488.71 | 9186588.36 | 2786.11 |
| N35 | 820534.23 | 9186592.66 | 2791.79 |
| V36 | 820509.78 | 9186661.71 | 2782.47 |
| N36 | 820565.75 | 9186647.37 | 2797.38 |
| V37 | 819916.51 | 9186833.74 | 2743.25 |
| N37 | 819969.27 | 9186818.78 | 2739.57 |
| V38 | 820086.63 | 9186783.37 | 2734.02 |
| N38 | 820056.81 | 9186745.81 | 2743.10 |
| V39 | 820730.37 | 9187103.79 | 2837.20 |
| N39 | 820783.09 | 9187083.84 | 2846.29 |
| V40 | 819934.77 | 9186885.86 | 2736.30 |
| N40 | 819939.51 | 9186845.78 | 2739.19 |
| V41 | 820084.67 | 9186683.29 | 2754.16 |
| N41 | 820169.31 | 9186668.63 | 2749.51 |
| V42 | 820168.06 | 9186708.51 | 2741.59 |
| N42 | 820206.32 | 9186656.03 | 2750.78 |
| V43 | 820317.33 | 9187088.62 | 2741.00 |
| N43 | 820365.49 | 9187097.54 | 2751.54 |
| V44 | 820625.65 | 9186861.29 | 2801.30 |
| R1-1 | 820780.26 | 9186896.15 | 2842.22 |
| R1-2 | 820547.09 | 9186633.97 | 2794.26 |
| | | | ... |

| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
|--------------|-------------|--------------|------------------|
| R1-3 | 820040.21 | 9186759.15 | 2741.79 |
| R2+R3 | 820611.84 | 9186997.97 | 2805.28 |
| R3-1 | 820298.67 | 9187166.70 | 2750.64 |
| CR-1 | 820744.02 | 9186688.08 | 2823.16 |
| CR-2 | 820406.18 | 9186611.06 | 2772.51 |
| CR-4 | 820393.77 | 9186884.91 | 2762.27 |
| CR-3 | 820636.09 | 9187004.44 | 2806.72 |
| CR-5 | 820386.90 | 9187072.41 | 2759.19 |
| RESERVORIO 1 | 820860.03 | 9187321.02 | 2895.86 |
| RESERVORIO 2 | 820883.81 | 9187146.87 | 2880.23 |
| CAPTACIÓN | 822048.87 | 9187068.79 | 3060.60 |

APÉNDICE B. PANEL FOTOGRÁFICO

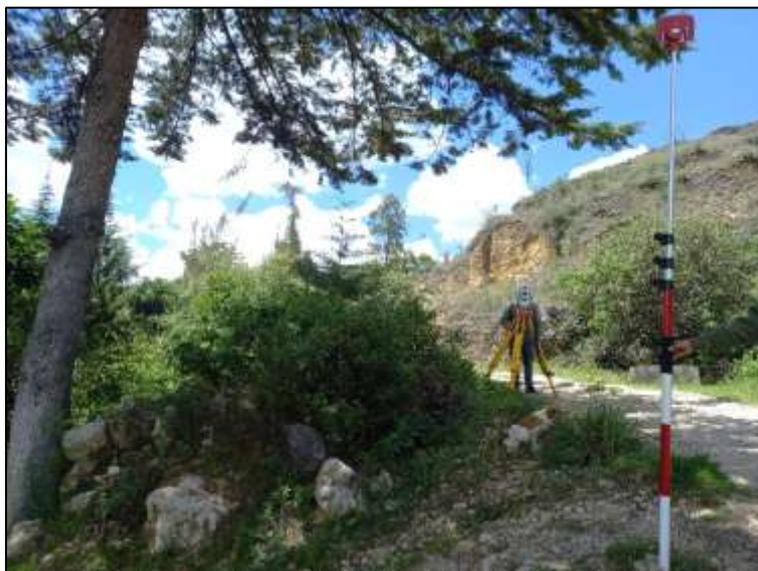
A continuación, se presenta un registro de las diferentes actividades realizadas en campo, como el levantamiento topográfico, toma de medidas de caudal y presión en cada vivienda.

B.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Figura N°1. Lectura de puntos en la línea de conducción.



Figura N°2. Lectura de puntos en cambio de dirección de tubería.



B.2. TOMA DE MEDIDAS DE CAUDAL EN CADA VIVIENDA

Figura N°1. Toma de medidas de caudal en el grifo de la V18.



Figura N°2. Toma de medidas de caudal en el grifo de la V34.



B.3. TOMA DE MEDIDAS DE PRESIÓN EN CADA VIVIENDA

Figura N°1. Toma de medidas de presión en el grifo de la V30.



Figura N°2. Toma de medidas de presión en el grifo de la V14.



APÉNDICE C. ESTADO ACTUAL

C.1. FICHAS DE CAMPO

| FICHA N°1: OBSERVACIÓN CUALITATIVA DE LA RED | | |
|---|--|------------------|
| Tesis: | " Influencia del sarro en la variación del caudal y la presión en la red de agua potable del caserío La Totora, distrito Pedro Gálvez, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca" | |
| Tesista: Mel Danmer Quiroz Sánchez | | |
| Asesor: Ing. Luis Vásquez Ramírez | | |
| Ubicación: Caserío La Totora | | Fecha:23/03/2023 |
| ESTRUCTURA: RESERVORIO N°1 | | |
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | X | |
| ¿Cuenta con tapa sanitaria? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | | X |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | X | |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | | X |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Tiene tuberías de limpieza y rebose? | X | |
| ¿A la salida de la tubería de limpieza y rebose existe protección? | | X |
| ¿Existe caseta de válvulas? | X | |
| ¿Las válvulas están operativas? | | X |
| ¿Cuenta con tubería de ventilación? | | X |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: RESERVORIO N°2 | | |
|---|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | X | |
| ¿Cuenta con tapa sanitaria? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | X | |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | X | |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | | X |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Tiene tuberías de limpieza y rebose? | X | |
| ¿A la salida de la tubería de limpieza y rebose existe protección? | | X |
| ¿Existe caseta de válvulas? | X | |
| ¿Las válvulas están operativas? | X | |
| ¿Cuenta con tubería de ventilación? | | X |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: CÁMARA ROMPE PRESIÓN N°1 | | |
|--|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | | X |
| ¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | X | |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | X | |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | X | |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros? | X | |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |
| ESTRUCTURA: CÁMARA ROMPE PRESIÓN N°2 | | |
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | | X |
| ¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | X | |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | | X |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | | X |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros? | X | |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: CÁMARA ROMPE PRESIÓN N°3 | | |
|--|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | | X |
| ¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | X | |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | X | |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | X | |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros? | X | |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |
| ESTRUCTURA: CÁMARA ROMPE PRESIÓN N°4 | | |
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | | X |
| ¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | X | |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | X | |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | X | |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros? | X | |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: CÁMARA ROMPE PRESIÓN N°5 | | |
|--|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Existe cerco de protección? | | X |
| ¿Las estructuras de tratamiento están libres de inundaciones accidentales? | X | |
| ¿La estructura está en buen estado? (libre de fisuras y fuga de agua) | | X |
| ¿El interior de la estructura está libre de material extraño? | | X |
| ¿Presencia de excrementos y charcos de agua en un radio de 25 metros? | | X |
| ¿Presencia de actividad agrícola o mineral en las inmediaciones? | X | |
| ¿Presencia de residuos sólidos? | | X |
| ¿Cuenta con registro de limpieza y mantenimiento de los filtros? | X | |
| ¿Está pintado en el exterior? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: LÍNEA DE CONDUCCIÓN | | |
|--|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿Presencia de fugas de agua? | X | |
| ¿La línea se encuentra enterrada en toda su extensión? | | X |
| ¿Los cruces aéreos están protegidos y en buen estado? | | X |
| ¿Existen y están operativas las válvulas de aire? | | X |
| ¿Existen y están operativas las válvulas de purga? | | X |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

| ESTRUCTURA: PASE AÉREO N°1 | | |
|---|------------------|-----------|
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿La tubería presenta curvatura por catenaria? | X | |
| ¿El alambre de soporte se encuentra en buen estado? | | X |
| ¿El alambre presenta tensores para corregir catenaria? | | X |
| ¿Los soportes del pase aéreo están libres de deslizamiento? | X | |
| ¿La tubería es la adecuada para estar al aire libre? | X | |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |
| ESTRUCTURA: PASE AÉREO N°2 | | |
| Características | Respuesta | |
| | Si | No |
| ¿La tubería presenta curvatura por catenaria? | X | |
| ¿El alambre de soporte se encuentra en buen estado? | | X |
| ¿El alambre presenta tensores para corregir catenaria? | | X |
| ¿Los soportes del pase aéreo están libres de deslizamiento? | | X |
| ¿La tubería es la adecuada para estar al aire libre? | | X |
| ¿Presenta mantenimiento? | | X |

C.2. FOTOGRAFIAS DEL ESTADO ACTUAL

Figura N°1. Crecimiento de malezas alrededor de la Captación "La Totorilla".



Figura N°2. En el Reservorio N°1 con el presidente de la JASS.



Figura N°3. Interior del reservorio N°1, minerales pegados en las paredes.



Figura N°4. Reservorio 2, midiendo su altura.



Figura N°5. Ampliación de tubería, mala unión.



Figura N°6. Curvatura no adecuada para el funcionamiento.



Figura N°7. CRP 1, no tiene boya, falta de mantenimiento.



Figura N°8. CRP 2, presencia de sarro y accesorios en mal estado.



Figura N°9. Unión espiga - campana en sentido contrario del flujo del agua.



Figura N°10. Codo de 90° innecesarios en la L.C.



Figura N°11. Pase aéreo N°1 presenta catena.



Figura N°12. Pase aéreo N°2 catena.



Figura N°13. Obstrucción de la llave por la acumulación de sarro.



Figura N°14. Adherencia de sarro en la pared interior de la tubería de la L.C.



Figura N°15. Reducción del diámetro de la tubería ante la presencia de sarro.



ANEXOS

ANEXO A. ESTUDIO DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE SARRO

- **Informe del ensayo N° IE 07230512**
- **Laboratorio responsable:** Laboratorio Regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca.

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230512

DATOS DEL CLIENTE

| | | | |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|--|
| Razon Social/Nombre | MEL DANMER QUIROZ SANCHEZ | | |
| Dirección | - | | |
| Persona de contacto | MEL DANMER QUIROZ SANCHEZ | Correo electrónico | mquirozs17_1@unc.edu.pe |

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--|---|---------------------|--------------|
| Fecha del Muestreo | 03.07.23 | Hora de Muestreo | 13:30 |
| Responsable de la toma de muestra | Cliente | Plan de muestreo N° | - |
| Procedimiento de Muestreo | - | | |
| Tipo de Muestreo | Puntual | | |
| Número de puntos de muestreo | 01 | | |
| Ensayos solicitados | Químicos Instrumentales- Físicoquímicos | | |
| Breve descripción del estado de la muestra | Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación | | |
| Referencia de la Muestra: | Tesis: Influencia del sarro en la variación del caudal y la presión en la red de agua potable del caserío La Totorá, distrito Pedro Galvez, provincia de San Marcos, departamento Cajamarca. | | |

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

| | | | | | |
|---------------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------|--------------|
| N° Contrato | SC-780 | Cadena de Custodia | CC - 0512 - 23 | | |
| Fecha y Hora de Recepción | 03.07.23 | 16:15 | Inicio de Ensayo | 03.07.23 | 16:22 |
| Reporte Resultado | 13.07.23 | 08:30 | | | |

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 13 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230512

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales | | | | | |
|----------------------------|--------|--------|-------------------------------|---|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Tesis- Sarro | - | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230512-01 | - | - | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | - | - | - | - | - |
| Descripción | | | Subterránea- Manantial | - | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Caserío La Totora | - | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Metales Totales | | | | | |
| Plata (Ag) | mg/L | 0.0190 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Aluminio (Al) | mg/L | 0.0230 | 0.033 | - | - | - | - | - |
| Arsénico (As) | mg/L | 0.0050 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Boro (B) | mg/L | 0.0260 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Bario (Ba) | mg/L | 0.0040 | 0.007 | - | - | - | - | - |
| Berilio (Be) | mg/L | 0.0030 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Bismuto (Bi) | mg/L | 0.0160 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Calcio (Ca) | mg/L | 0.1240 | 70.95 | - | - | - | - | - |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 0.0020 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Cerio (Ce) | mg/L | 0.0040 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Cobalto (Co) | mg/L | 0.0020 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Cromo (Cr) | mg/L | 0.0030 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Cobre (Cu) | mg/L | 0.0180 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Hierro (Fe) | mg/L | 0.0230 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Potasio (K) | mg/L | 0.0510 | 0.159 | - | - | - | - | - |
| Litio (Li) | mg/L | 0.0050 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Magnesio (Mg) | mg/L | 0.0190 | 1.049 | - | - | - | - | - |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 0.0030 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Molibdeno (Mo) | mg/L | 0.0020 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Sodio (Na) | mg/L | 0.0260 | 0.256 | - | - | - | - | - |
| Niquel (Ni) | mg/L | 0.0060 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Fósforo (P) | mg/L | 0.0240 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0.0040 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Azufre (S) | mg/L | 0.0910 | 0.141 | - | - | - | - | - |
| Antimonio (Sb) | mg/L | 0.0050 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Selenio (Se) | mg/L | 0.0070 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Silicio (Si) | mg/L | 0.1040 | 2.997 | - | - | - | - | - |
| Estaño (Sn) | mg/L | 0.0070 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Estroncio (Sr) | mg/L | 0.0030 | 0.083 | - | - | - | - | - |
| Titanio (Ti) | mg/L | 0.0040 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Talio (Tl) | mg/L | 0.0030 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Uranio (U) | mg/L | 0.0040 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Vanadio (V) | mg/L | 0.0040 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Zinc (Zn) | mg/L | 0.0180 | <LCM | - | - | - | - | - |
| Sílice (SiO ₂) | mg/L | 0.2225 | 6.411 | - | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Cajamarca, 13 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230512

| ENSAYOS | | | Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos | | | | | |
|--|----------------------------|------|--|---|---|---|---|---|
| Código de la Muestra | | | Tesis- Sarro | - | - | - | - | - |
| Código Laboratorio | | | 07230512-01 | - | - | - | - | - |
| Matriz | | | Natural | - | - | - | - | - |
| Descripción | | | Subterránea- Manantial | - | - | - | - | - |
| Localización de la Muestra | | | Caserío La Totorá | - | - | - | - | - |
| Parámetro | Unidad | LCM | Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos | | | | | |
| pH a 25°C | pH | NA | 8.03 | - | - | - | - | - |
| Sólidos Totales | mg/L | 2.5 | 403.0 | - | - | - | - | - |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | 1.04 | 184.5 | - | - | - | - | - |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | mg CaCO ₃ /L | 0.85 | 214.5 | - | - | - | - | - |
| Carbonatos (CO ₃ =) | mg CaCO ₃ /L | 0.85 | <LCM | - | - | - | - | - |

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 13 de Julio de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 07230512

| Ensayo | Unidad | Método de Ensayo Utilizado |
|---|-------------------------|---|
| Metales Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Hg, K, Li, Na, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, SiO ₂ , Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) | mg/L | EPA Method 200.7 Rev. 4.4, 1994. (Validado-Modificado) 2020.Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |
| Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C | pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method |
| Sólidos Totales | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 B, 24 th Ed. 2023: Solids. Total Solids Dried at 103 - 105 °C |
| Dureza Total | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 24 th Ed. 2023: Hardness EDTA Titrimetric Method |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | mg/L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24 th Ed. 2023 : Alkalinity. Titration Method |
| Carbonatos (CO ₃ =) | mg CaCO ₃ /L | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24 th Ed. 2023 : Alkalinity. Titration Method |

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(°) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 13 de Julio de 2023

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

ANEXO B. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

- Certificado de calibración del Manómetro AST EP-0001063
- Certificado de calibración de la Estación Total Marca LEICA Modelo TS10 3"
R1000

CERTIFICADO DE CALIBRACION

EP - 0001063

FECHA DE EMISION 09/03/2023

SOLICITANTE: QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER
RUC: 10748429153
DIRECCION: -

INSTRUMENTO DE MEDICION : MANOMETRO ANALOGO

Marca : AST
Modelo : NO INDICA
Dial : 63MM
N de serie : SIN ESPECIFICAR
Intervala de Indicacion : 100 PSI
Division de Escala : 2 PSI
Clase de exactitud : 2.0%
Diametro de Rosca : 1/4 NPT
Posicion de Trabajo : INFERIOR
Procedencia : CHINA
Identificacion : EP - 0001063
Fecha de Calibracion : 09/03/2023

LUGAR DE CALIBRACION LABORATORIO DE EVALUA PERU SAC

METODO DE CALIBRACION

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro manómetro patrón según procedimiento PC - 004 Procedimiento para la calibración de instrumentos de medición de presión relativa con clase de exactitud igual o mayor a 0,05% f.s Segunda Edición - octubre 2017. DM - INACAL

CONDICIONES AMBIENTALES

| Magnitud | Inicial | Final |
|------------------|-------------|-------------|
| Temperatura | 20,2 °c | 20,4 °c |
| Humedad Relativa | 65,5 % | 64,5% |
| Presión | 1.002,6 hPa | 1.002,8 hPa |

EVALUA PERÚ S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y medición basado a la norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

EVALUA PERÚ S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

EVALUA PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados el presente documento.

CERTIFICADO DE CALIBRACION
EP - 0001063
FECHA DE EMISION 09/03/2023
TRAZABILIDAD

| <i>Patron de Referencia</i> | <i>Patron de Trabajo</i> | <i>Certificado de Calibracion</i> |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Balanza de Precisión | MANOMETRO DIGITAL | |
| Clase de Exactitud 0,005 | 0 BAR -50BAR | LFP - 022 - 2023 |
| DM -INACAL | Clase de Exactitud 0,05% FS | |

| Indicación Manometro a Calibrar (PSI) | Indicación Instrumento Patrón | | Error | | |
|--|----------------------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------------|
| | Ascenso (PSI) | Ascenso (PSI) | De Indicación | | De Histerisis (PSI) |
| | | | Ascenso (PSI) | Descenso (PSI) | |
| 0 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 20 | 20.5 | 20.5 | 0.50 | 0.50 | 0.00 |
| 30 | 30.8 | 30.7 | 0.80 | 0.70 | 0.10 |
| 40 | 40.8 | 40.8 | 0.80 | 0.80 | 0.00 |
| 50 | 50.8 | 50.5 | 0.80 | 0.50 | 0.30 |
| 60 | 61.5 | 61.5 | 1.50 | 1.50 | 0.00 |
| 80 | 81.4 | 80.4 | 1.40 | 0.40 | 1.00 |
| 90 | 91.1 | 91.1 | 1.10 | 1.10 | 0.00 |
| 100 | 100 | 100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| INCERTIDUMBRE DE LA MEDICION | 0.90 PSI |
|-------------------------------------|-----------------|

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Maximo Error de Indicación : | 1.50 PSI |
| Maximo Error de Histéresis : | 1.00 PSI |

El error máximo permitido para un Manometro 100 PSI con clase de exactitud 2.0 es + 2 PSI

Observaciones

No se realizo ningún ajuste al instrumento de medición.

EL DOCUMENTO CARECE DE VALOR SIN FIRMA Y SELLO



Edgaur Saldaña Salas
Gerente Tecnico



REPORTE DE CALIBRACIÓN


OTORGADO A: CHAVEZ CHILON LUIS FELIPE

R.U.C: 10716572728

EQUIPO: Estación Total Marca LEICA Modelo TS10 3" R1000

SERIE: 3304385

FECHA DE EMISION: 2022-11-08

GEOTOP SAC , CERTIFICA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DIN 18723, SEGUN LOS ESTANDARES INTERNACIONALES ESTABLECIDOS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO SEGÚN EL FABRICANTE

Precision del Distanciometro: +/- (2+2 ppm x D) mm

Constante Estadimetrica 100m

Telescopio Imagen directa: 30X

Lectura Minima: 1"/5"

Precision Angular: 3"

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO
PANEL DE CONTROL

 CONDICION FISICAOK
 FUNCIONES DEL TECLADOOK
 MARCAS DEL TECLADOOK

BASE

 CONDICION FISICAOK
 NIVELOK
 TORNILLOSOK

REVISIÓN

 ERROR VERTICAL Y HORIZONTAL OK
 PERPENDICULARIDAD OK
 PLOMADA Y PUNTERO LASER OK

CALIBRACIÓN

 VERTICALOK
 HORIZONTALOK

PRECISIÓN

 ANGULO HORIZONTALOK
 ANGULO VERTICALOK

APARIENCIA VISIBLE

 COLOR OK
 LIMPIEZA OK

PATRON DE MEDICIONES DEL INSTRUMENTO EN 00°00'00"

| ANGULO HZ | 00°00'00" | Der. | 180°00'00" |
|-----------|------------|------|------------|
| ANGULO V | 90°00'00" | 180° | 270°00'00" |
| Arriba | 60°00'00" | 180° | 240°00'00" |
| Abajo | 120°00'00" | 180° | 300°00'00" |

MEDICIONES DE PATRÓN

| | | |
|-----------|-----------|------------|
| ANGULO HZ | 00°00'00" | 180°00'00" |
| ANGULO V | 90°00'00" | 270°00'00" |

RESULTADO V=OK HZ=OK
VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO

| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
|------------|--------|---------|----------|
| VERTICAL | 360 | 00 | 02 |
| HORIZONTAL | 360 | 00 | 01 |

VALOR A CORREGIR

| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
|------------|--------|---------|----------|
| VERTICAL | 00 | 00 | 02 |
| HORIZONTAL | 00 | 00 | 01 |

VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO CALIBRADO

| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
|------------|--------|---------|----------|
| VERTICAL | 360 | 00 | 01 |
| HORIZONTAL | 360 | 00 | 01 |

CALIBRACIÓN DEL DISTANCIOMETRO

| MEDIDA PATRON (m) | MEDIDA INICIAL (m) | ERROR A CORREGIR DE MEDIDA INICIAL A MEDIDA PATRON (m) | MEDIDA FINAL (m) | DESVIACION ESTANDAR (m) |
|-------------------|--------------------|--|------------------|-------------------------|
| 50.003 | 50.001 | 0.002 | 50.002 | 0.001 |
| 150.007 | 150.005 | 0.002 | 150.006 | 0.001 |
| 200.002 | 200.001 | 0.001 | 200.001 | 0.001 |

RANGO DE TOLERANCIA

| | GRADOS | MINUTOS | SEGUNDOS |
|---|--------|---------|----------|
| + | 360 | 00 | 03 |
| - | 359 | 59 | 57 |

CERTIFICAMOS QUE EL EQUIPO EN MENCIÓN, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y CALIBRADO, SEGÚN NORMA DIN 18723.
CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

Lugar: Taller de Servicio Técnico de GEOTOP S.A.C.

Temperatura: Promedio de 20 grados C con variacion de +/- 0.5 grados C. Humedad Relativa de 58%.

REPORTE DE CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado como patrón Equipo Patrón Estación Total LEICA Modelo TS16 P 1" R500 - Serie: 3216022 con certificación SILVER N° 3216022-01132022.
Equipo para medición de distancia: ubase Serie: 209042, Equipo para medición de ángulo: Estación Total LEICA Modelo TC1201+ Serie: 872459

Colimador Marca LEICA con telescopios cuyo retículo es enfocado al infinito. el grosor de sus brazos esta dentro de 1" y consta 4 colimadores: El colimador principal HZ1 consta de 4 retículos en plataforma fija, 2 colimadores verticales V1 y V2 constan de un solo retículo y el segundo colimador HZ2 incluye vista de cámara con distancia de enfoque infinito y una distancia focal de 250mm, apertura efectiva de 50mm y 2° de campo de visión, que es revisado periódicamente con el equipo patrón Estación Total LEICA Modelo TS16 P 1" R500 - Serie: 3216022, con método de lectura directa inversa.

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-11-07
PRÓXIMA CALIBRACIÓN: 2023-05-07

DATOS: ESTE EQUIPO ANTES DE SALIR DE ALMACEN HA SIDO CHEQUEADO, Y SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO, ES DE SU RESPONSABILIDAD EL ADECUADO CUIDADO, ESTA EMPRESA NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR UNA MALA MANIPULACIÓN Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO. A LA FIRMA SE MUESTRA LA CONFORMIDAD.

ENTREGUÉ CONFORME:



JORGE CAMACHO DELGADO
Administración - DNI: 40478229


Osmar Pereira
Jefe de Soporte Técnico

ANEXO C. DOCUMENTOS PROPORCIONADOS POR LA JASS

- Resolución Administrativa N°442-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC
- Padrón de usuarios de la Junta Administradora de agua potable del caserío "La Totorá" - centro poblado El Azufre – Pedro Gálvez – provincia de San Marcos.



MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA CAJAMARCA
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO
DE RIEGO CAJAMARCA

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° 442-2006-GR-CAJIDRA-ATDRC.

Cajamarca, 23 de Noviembre de 2006

VISTO:

El Expediente Administrativo N° 467-2006-ATDRC, de fecha 16 de marzo del 2006, presentado por los señores Severino Briones Quiroz y Concepción Paredes Vásquez, sobre Autorización para realizar estudio y ejecución del Proyecto de Agua Potable del caserío "La Totorá", ubicado en el caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos - Región Cajamarca.

CONSIDERANDO:

Que, los presentes actuados se han tramitado en conformidad con los dispositivos legales vigentes, Decreto Ley N° 17752 - "Ley General de Aguas" y demás normas conexas.

Que, a folios 01 del expediente citado en el visto, obra la Solicitud presentada por los señores Severino Briones Quiroz y Concepción Paredes Vásquez, quienes solicitan Autorización para realizar Estudios y Ejecución del Proyecto de Agua Potable para el caserío La Totorá, ubicado en el caserío La Totorá, distrito, Pedro Gálvez, provincia San Marcos y departamento de Cajamarca; el mismo que para el efecto adjunta: copia del Acta Extraordinaria, donde los usuarios, acuerdan entre otros puntos, realizar la captación del manantial para el Sistema de Agua Potable; obra también, copia del Contrato de Compra - Venta de un Lote de Terreno denominado "La Totorilla", para la captación del manantial ubicado en dicho predio rústico del caserío Lollón, distrito Ichocán, provincia San Marcos, otorgado por los señores María Tirado Burgos, Pedro Higinio Terrones Tirado, María Felicitas Terrones Tirado, Segundo Eulogio Terrones Tirado, a favor de la Comunidad del Caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos; copia de los Análisis Microbiológico y Físico - Químico de las aguas del manantial; Relación de Beneficiarios en un número de 70 familias; y finalmente existe en el expediente, copia del Perfil Técnico del "Sistema de Agua Potable La Totorá", elaborado el presente año 2006.

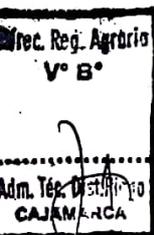
Que, mediante Solicitud presentada por el señor Concepción Paredes Vásquez, registrada como Expediente Administrativo N° 2102-2006-ATDRC, de fecha 09 de noviembre de 2006, se solicita Inspección Ocular de los manantiales que abastecerán al Sistema de Agua Potable La Totorá y así obtener el otorgamiento de Licencia de uso de agua, en beneficio del mismo.

Que, obra también en el expediente, copia del Acta de Inspección Ocular e Informe N° 037-2006-GR-DRAC/ATDRC-EJAE, en mérito a la Notificación Múltiple N° 045-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC, practicado por personal técnico de esta Administración Técnica del Distrito de Riego Cajamarca; del cual se desprende, la existencia de los manantiales denominados: "El Capulí" con un caudal de 0.19 litros por segundo, ubicado en las coordenadas UTM 9187450 N y 0822373 E, a una altitud de 3085 m.s.n.m.; "El Bijuco" con un caudal de 0.09 litros por segundo, ubicado en las coordenadas UTM 9187471 N y



0822307 E, a una altitud de 3062 m.s.n.m.; y "La Pauca", con un caudal de 0.08 litros por segundo, ubicado en las coordenadas UTM 9187125 N y 0821062 E, a una altitud de 2986 m.s.n.m.; manantiales ubicados en el sector La Totorilla, caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos y departamento de Cajamarca. El circulante hídrico en un caudal total de 0.36 litros por segundo, viene siendo utilizado con fines poblacionales en beneficio de 70 familias del caserío la Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos y departamento de Cajamarca.

Que, los Artículos 1º, 8º, 9º, 14º, 20º Incisos a) y d), 27º, 28º, y 40º, del Decreto Ley Nº 17752 - "Ley General de Aguas", y Artículo 88º del Decreto Supremo Nº 261-69-AP - Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, establecen que las aguas sin excepción alguna, son de propiedad del Estado, pudiendo su uso otorgarse en armonía con el interés social y el desarrollo del país; debiendo toda persona, incluyendo las Entidades del Sector Público Nacional y de los Gobiernos Locales solicitar permiso, autorización o licencia, para utilizar las aguas; declarando de necesidad y utilidad pública conservar, preservar e incrementar los recursos hídricos; no pudiendo variar su régimen o su naturaleza sin la correspondiente autorización; todo usuario está obligado a, emplear las aguas con eficiencia y economía con el objeto para el que le sean otorgadas y utilizar las aguas sin perjuicio de otros usos; siendo prioritario en el orden de preferencia su concesión en uso cuando están destinadas a satisfacer las necesidades primarias y sanitarias de la población como conjunto humano; las licencias tienen carácter indefinido mientras subsista el uso para el cual han sido destinadas las aguas otorgadas, quedando sujetas al carácter aleatorio que tienen todos los usos conforme se definen en las disposiciones vigentes. En todos los casos se concederá licencia sólo para usar los volúmenes de agua necesarios para el servicio público a que están destinados.



Por estas consideraciones, estando a lo informado por el encargado de la inspección ocular y en atribuciones conferidas por el Artículo Nº 133º del Decreto Ley Nº 17752 - Ley General de Aguas, modificado por el Artículo 1º del Decreto Legislativo Nº 106, Artículos 54º y 58º del Decreto Legislativo Nº 653 - Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario, y Artículo 120º inciso "d" del Decreto Supremo Nº 048-91-AG, modificado por Decreto Supremo Nº 061-2002-AG.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Otorgar, a la Junta Administradora de Agua Potable "La Totorá"; bajo la modalidad de LICENCIA, el Uso de las Aguas de los Manantiales denominados "EL CAPULI" en un caudal de 0.19 litros por segundo; "EL BIJUCO" en un caudal de 0.09 litros por segundo; y "LA PAUCA" en un caudal de 0.08 litros por segundo; haciendo un caudal total de hasta 0.36 litro por segundo; con fines Poblacionales; en beneficio de 70 familias del caserío La Totorá, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos - Región Cajamarca; sin perjuicio a terceros y con sujeción a los considerandos precedentes.

ARTÍCULO SEGUNDO.- La presente Licencia de Uso de Agua, queda sujeta a lo dispuesto en la Ley General de Aguas, D.L. 17752, así como al pago de la Tarifa de Agua con Fines No Agrarios, que anualmente fija el Ministerio de Agricultura, y a lo dispuesto en el Artículo 116º, inciso b), de la citada Ley.

ARTÍCULO TERCERO.- Inscribese la presente Licencia en el padrón de licencias con fines no agrarios, de acuerdo a Ley, en la Administración Técnica del Distrito de Riego Cajamarca.

ARTÍCULO CUARTO.- La transgresión a la presente, será causal de sanción administrativa, conforme a lo establecido por Dispositivos Legales Vigentes en Materia de Aguas, sin perjuicio de las acciones legales a que hubiere lugar.

ARTÍCULO QUINTO.- Notificar la presente Resolución de acuerdo a Ley.

REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE,



MINISTERIO DE AGRICULTURA
GOBIERNO REGIONAL
DIRECCION REGIONAL AGRARIA CAJAMARCA
ADMINISTRACION TECNICA DISTRITO DE RIEGO
CAJAMARCA

[Handwritten Signature]
ING° JOSÉ R. ABASOLO TEJADA
ADMINISTRADOR TÉCNICO

C.c.
IRH
DRA.C.
A.A. San Marcos
Expediente
Archivo
JAT/mgd

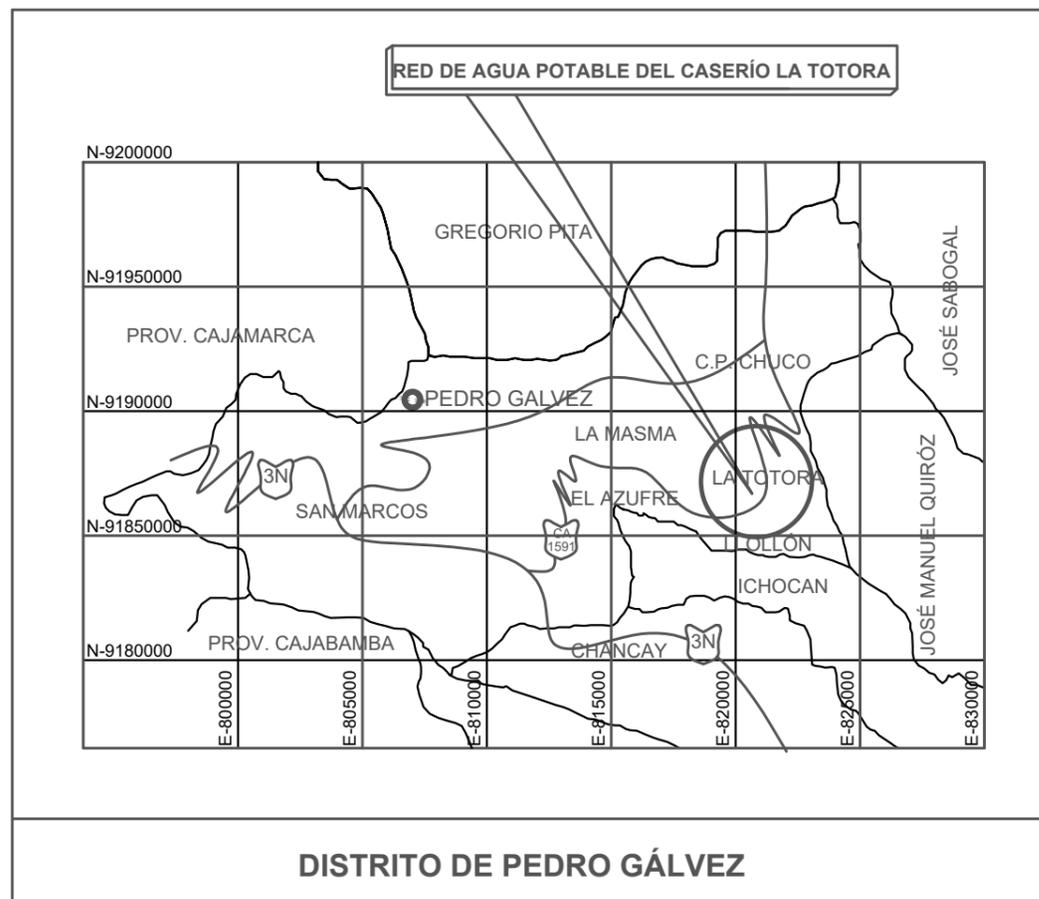
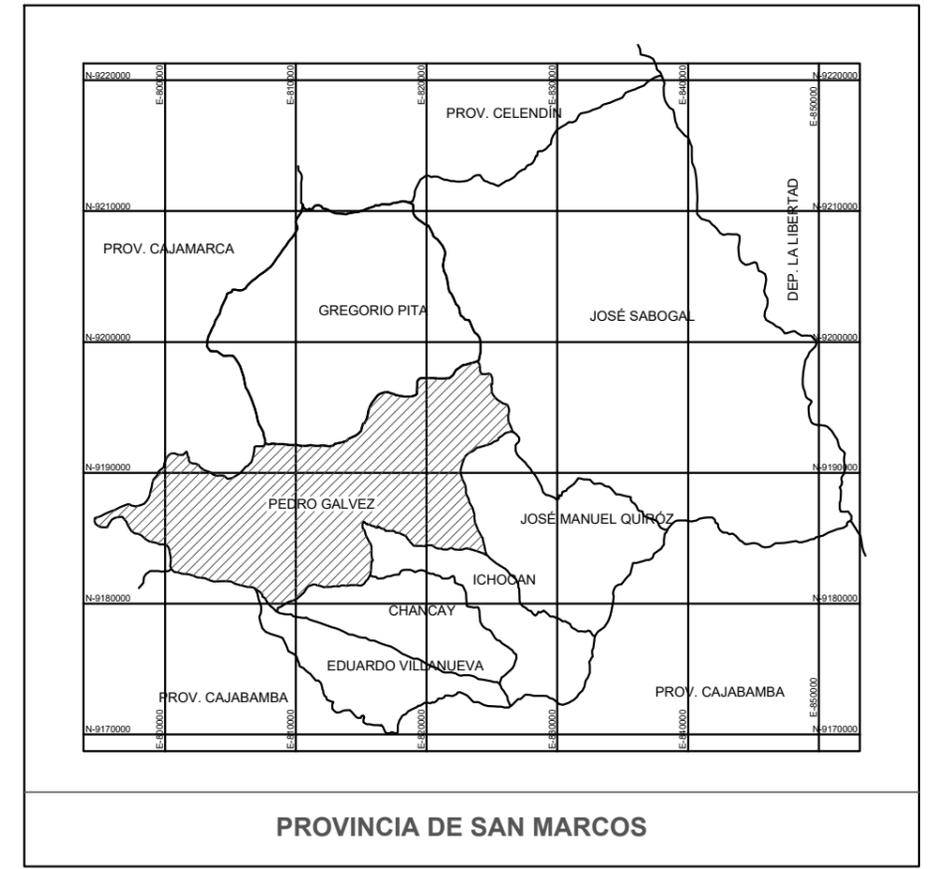
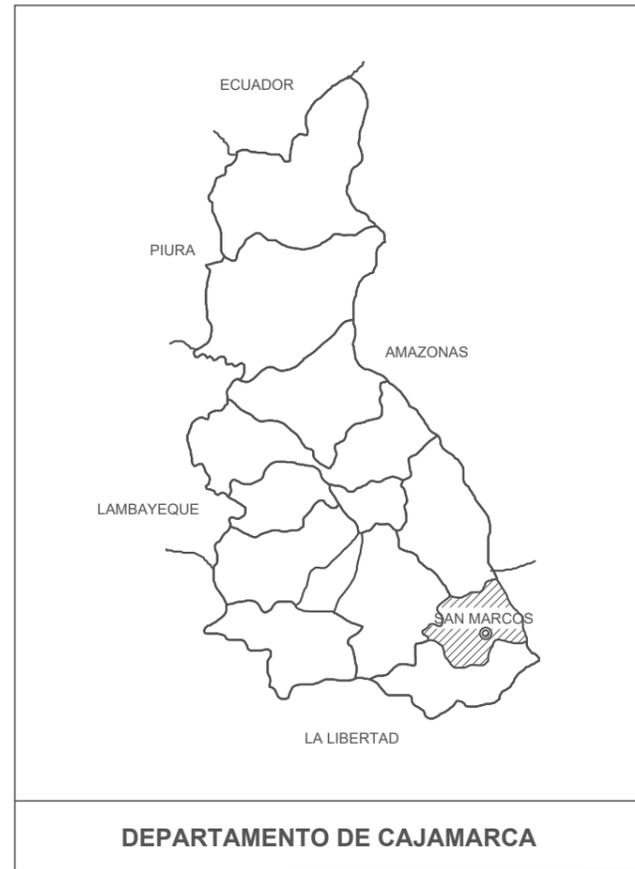
Tabla C1. Padrón de usuarios

| Nº | Apellidos y Nombres | DNI |
|-----------|--------------------------------------|------------|
| 1 | Paredes Vásquez, Santiago Concepción | 27906419 |
| 2 | Vásquez Cotrina. José Ricardo | 27900679 |
| 3 | Vásquez Vera, Manuel Emiliano | 27903752 |
| 4 | Briones Quiroz, Perpetua Georgina | 27900469 |
| 5 | Sánchez Díaz, Juan | 19213788 |
| 6 | Cabrera Castañeda, Manuel | 27907963 |
| 7 | Abanto Abanto, Juan Cruz | 27902570 |
| 8 | Azañero Camacho, Damián | 27916508 |
| 9 | Salas Abanto, Santos Claudio | 27903499 |
| 10 | Chavarry Sánchez, Segundo Julio | 15620269 |
| 11 | Tirado Sánchez, María Luisa | 27929752 |
| 12 | Quiroz Arralucea, Santos Silvano | 27916779 |
| 13 | Quiroz Ríos, Nicolás | 27907440 |
| 14 | Acosta de Vera, María Nonila | 27904838 |
| 15 | Vera Castañeda, Felix Martín | 27904814 |
| 16 | Castañeda Paredes, Deysi Marleni | 45868838 |
| 17 | Castañeda Vera, Segundo Victor | 27904821 |
| 18 | Paredes Pinedo, María Miria | 08239835 |
| 19 | Paredes de Sánchez, María Antonia | 27908116 |
| 20 | Gonzáles Castañeda, María Orfelinda | 80456640 |
| 21 | Arrelucea Paredes, Juan Francisco | 80038695 |
| 22 | Díaz Castañeda, Pura Orfila | 48345680 |
| 23 | Horna Saenz, María Flor | 27904840 |

| Nº | Apellidos y Nombres | DNI |
|-----------|---------------------------------------|------------|
| 24 | Muñoz Tello, María Natividad | 27905154 |
| 25 | Pinedo Abanto, Teodosia Teodolinda | 27904837 |
| 26 | Quiroz Paredes, Manuel Reyes | 27904839 |
| 27 | Paz Cruzado, Libia | 27906499 |
| 28 | Tirado de Cotrina, María Enriqueta | 27906521 |
| 29 | Cotrina Tirado, Juana Marleny | 06806858 |
| 30 | Ruiz Pinedo, José Santos | 27914928 |
| 31 | Cruzado Mendoza, Adan Eleuterio | 27916476 |
| 32 | Vera de Acosta, María Enriqueta | 27903489 |
| 33 | Vigo Saldaña, Fermina Flor | 80036602 |
| 34 | Acosta Vera, Roman Justo | 27908658 |
| 35 | Lezama Ruiz, Olga Teresa | 27904802 |
| 36 | Mendoza Paredes, María Orfelinda | 46263259 |
| 37 | Paredes Dávila, Eduardo Reynaldo | 27929161 |
| 38 | Acosta Arbildo, Flor Margarita | 27906206 |
| 39 | Castañeda Vera, Santos Dionisio | 27908720 |
| 40 | Rios Olórtegui, Walter | |
| 41 | Paredes Cruzado, José de la Cruz | 17805086 |
| 42 | Acosta Castañeda, José de los Ángeles | 27903508 |

PLANOS


- **Plano U-01:** Ubicación red de agua potable del caserío "La Totorá"
- **Plano T-01:** Plano topográfico de la red de agua potable del caserío "La Totorá"
- **Plano T-02:** Plano topográfico de la red de agua potable del caserío "La Totorá"
- **Plano M-01:** Modelamiento en WaterCAD de la red de agua potable del caserío "La Totorá"
- **Plano M-02:** Modelamiento en WaterCAD de la red de agua potable del caserío "La Totorá"



| RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | |
|--|--------------|
| UBICACIÓN | |
| DEPARTAMENTO | Cajamarca |
| PROVINCIA | San Marcos |
| DISTRITO | Pedro Gálvez |
| CENTRO POBLADO | El Azufre |
| CASERÍO | La Totora |
| COORDENADAS UTM GWS-84 | |
| NORTE: | 9 186 917.19 |
| ESTE: | 820 030.15 |




| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | | |
|---|---|----------------------------------|-----------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" | | | |
| PLANO: | UBICACIÓN RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | PLANO N°: | |
| TESISTA: | Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER | | |
| REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: SAN MARCOS | DISTRITO: PEDRO GALVÉZ | FECHA: 2023 |
| | | | U-01 |



| LEYENDA | |
|---------|-----------------------|
| | LÍNEA DE CONDUCCIÓN |
| | LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN |
| | CONEXIÓN DOMICILIARIA |
| | CAPTACIÓN |
| | RESERVORIO |
| | CÁMARA ROMPE PRESIÓN |
| | VIVIENDAS |



| | | | |
|---|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" | | | |
| PLANO: TOPOGRÁFICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | | | PLANO N°: T-01 |
| TESISTA: Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER | | ESCALA: 1/4 000 | |
| REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: SAN MARCOS | DISTRITO: PEDRO GALVÉZ | FECHA: 2023 |




| CORDENADAS UTM-WGS84 | | | |
|----------------------|------------|-------------|-----------|
| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
| V01 | 819795.140 | 9187340.630 | 2732.400 |
| V02 | 820167.960 | 9187056.350 | 2719.580 |
| V03 | 819858.950 | 9187259.370 | 2740.000 |
| V04 | 820027.200 | 9187197.980 | 2736.280 |
| V05 | 820206.970 | 9186993.550 | 2720.280 |
| V06 | 820791.820 | 9187149.580 | 2860.730 |
| V07 | 819926.080 | 9186767.650 | 2741.470 |
| V08 | 819957.670 | 9187075.880 | 2723.390 |
| V09 | 820157.310 | 9186990.300 | 2716.640 |
| V10 | 820720.410 | 9186878.350 | 2822.290 |
| V11 | 820307.740 | 9186924.800 | 2743.260 |
| V12 | 820506.730 | 9186608.540 | 2788.100 |
| V13 | 820714.890 | 9186843.910 | 2816.640 |
| V14 | 820159.900 | 9187026.830 | 2717.190 |
| V15 | 820441.870 | 9187103.110 | 2781.330 |
| V16 | 820096.550 | 9186831.340 | 2727.410 |
| V17 | 820410.780 | 9186394.040 | 2782.120 |
| V18 | 820452.950 | 9186656.280 | 2772.160 |
| V19 | 820086.500 | 9186810.240 | 2730.750 |
| V20 | 819903.570 | 9186875.870 | 2745.000 |
| V21 | 820275.070 | 9186623.990 | 2757.190 |
| V22 | 820282.530 | 9187067.810 | 2732.010 |
| V23 | 820278.380 | 9187108.840 | 2735.870 |
| V24 | 819905.630 | 9186800.040 | 2741.470 |

| CORDENADAS UTM-WGS84 | | | |
|----------------------|------------|-------------|-----------|
| PUNTO | ESTE | NORTE | ELEVACIÓN |
| V25 | 820089.910 | 9186912.770 | 2720.570 |
| V26 | 820469.520 | 9186923.310 | 2781.620 |
| V27 | 820011.600 | 9186917.190 | 2720.860 |
| V28 | 820689.120 | 9186867.080 | 2812.320 |
| V29 | 820236.800 | 9187174.490 | 2741.510 |
| V30 | 820193.240 | 9187000.100 | 2719.050 |
| V31 | 820537.510 | 9186675.540 | 2786.230 |
| V32 | 820696.120 | 9186654.140 | 2818.510 |
| V33 | 820356.280 | 9186650.580 | 2757.290 |
| V34 | 820490.850 | 9186567.220 | 2785.710 |
| V35 | 820488.710 | 9186588.360 | 2786.110 |
| V36 | 820509.780 | 9186661.710 | 2782.470 |
| V37 | 819916.510 | 9186833.740 | 2743.250 |
| V38 | 820086.630 | 9186783.370 | 2734.020 |
| V39 | 820730.370 | 9187103.790 | 2837.200 |
| V40 | 819934.770 | 9186885.860 | 2736.300 |
| V41 | 820084.670 | 9186683.290 | 2754.160 |
| V42 | 820168.060 | 9186708.510 | 2741.590 |
| V43 | 820317.330 | 9187088.620 | 2741.000 |
| V44 | 820625.650 | 9186861.290 | 2801.300 |
| R-1 | 820860.030 | 9187321.020 | 2895.860 |
| R-2 | 820883.810 | 9187146.870 | 2880.23 |
| CAP | 822048.870 | 9187068.790 | 3060.60 |

| LEYENDA | |
|---------|-----------------------|
| | LÍNEA DE CONDUCCIÓN |
| | LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN |
| | CONEXIÓN DOMICILIARIA |
| | CAPTACIÓN |
| | RESERVORIO |
| | CÁMARA ROMPE PRESIÓN |
| | VIVIENDAS |




| | | | |
|---|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" | | | |
| PLANO: TOPOGRÁFICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | | | PLANO N°: T-02 |
| TESISTA: Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER | | ESCALA: 1/4 000 | |
| REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: SAN MARCOS | DISTRITO: PEDRO GALVÉZ | FECHA: 2023 |



| LEYENDA | |
|---------|----------------------|
| P | PRESION EN m.c.a |
| Q | CAUDAL EN L/s |
| Vi | VIVIENDA |
| Ni | NUDOS DE CONEXION |
| | CAPTACIÓN |
| | RESERVORIO |
| | CÁMARA ROMPE PRESIÓN |
| | TUBERÍA |



| | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA | | | |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | | |
| ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" | | | |
| PLANO: MODELAMIENTO EN WATERCAD DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | | PLANO N°: | |
| TESISTA: Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER | | ESCALA: 1/4 000 | |
| REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: SAN MARCOS | DISTRITO: PEDRO GALVÉZ | FECHA: 2023 |
| | | | M-01 |



| PARÁMETROS-WATERCAD | | |
|---------------------|-------------|-----------------|
| PUNTO | CAUDAL(L/s) | PRESIÓN(m.c.a.) |
| V01 | 0.283 | 26.690 |
| V02 | 0.438 | 39.500 |
| V03 | 0.177 | 19.110 |
| V04 | 0.145 | 22.820 |
| V05 | 0.335 | 41.890 |
| V06 | 0.192 | 19.590 |
| V07 | 0.160 | 30.750 |
| V08 | 0.213 | 35.650 |
| V09 | 0.501 | 45.530 |
| V10 | 0.148 | 57.820 |
| V11 | 0.132 | 18.980 |
| V12 | 0.235 | 34.850 |
| V13 | 0.137 | 63.350 |
| V14 | 0.535 | 41.870 |
| V15 | 0.404 | 25.330 |
| V16 | 0.269 | 44.790 |
| V17 | 0.136 | 40.820 |
| V18 | 0.273 | 50.700 |
| V19 | 0.211 | 41.450 |
| V20 | 0.312 | 27.200 |
| V21 | 0.136 | 15.210 |
| V22 | 0.373 | 74.510 |

| PARÁMETROS-WATERCAD | | |
|---------------------|-------------|-----------------|
| PUNTO | CAUDAL(L/s) | PRESIÓN(m.c.a.) |
| V23 | 0.106 | 23.240 |
| V24 | 0.149 | 30.720 |
| V25 | 0.346 | 51.620 |
| V26 | 0.417 | 25.050 |
| V27 | 0.341 | 51.330 |
| V28 | 0.374 | 67.770 |
| V29 | 0.310 | 17.610 |
| V30 | 0.367 | 43.120 |
| V31 | 0.336 | 36.790 |
| V32 | 0.298 | 61.440 |
| V33 | 0.319 | 15.170 |
| V34 | 0.156 | 37.240 |
| V35 | 0.169 | 36.840 |
| V36 | 0.287 | 40.500 |
| V37 | 0.235 | 28.970 |
| V38 | 0.261 | 38.200 |
| V39 | 0.249 | 43.000 |
| V40 | 0.247 | 35.900 |
| V41 | 0.160 | 18.170 |
| V42 | 0.304 | 30.730 |
| V43 | 0.376 | 18.140 |
| V44 | 0.328 | 78.770 |

| LEYENDA | |
|---------|----------------------|
| P | PRESION EN m.c.a |
| Q | CAUDAL EN L/s |
| Vi | VIVIENDA |
| Ni | NUDOS DE CONEXION |
| | CAPTACIÓN |
| | RESERVORIO |
| | CÁMARA ROMPE PRESIÓN |
| | TUBERÍA |



| | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL | | | |
| PROYECTO: "INFLUENCIA DEL SARRO EN LA VARIACIÓN DEL CAUDAL Y LA PRESIÓN EN LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA, DISTRITO PEDRO GÁLVEZ, PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA" | | | |
| PLANO: MODELAMIENTO EN WATERCAD DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO LA TOTORA | | | PLANO N°: |
| TESISTA: Bach. QUIROZ SÁNCHEZ MEL DANMER | | ESCALA: 1/4 000 | |
| REGIÓN: CAJAMARCA | PROVINCIA: SAN MARCOS | DISTRITO: PEDRO GALVÉZ | FECHA: 2023 |
| | | | M-02 |