

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE CAUDAL EN RED DE TUBERÍAS PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CELENDÍN 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL



Autor:

Alberto Vidal Tirado Díaz

Asesor:

Dr. Ing. Sonia Georgina Rubio Herrera

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado primeramente a DIOS por darnos la vida, a mis padres Manuel Tirado y Sonia Díaz, a mis suegros Ermitaño Salazar y Nora Sánchez, a mi adorada esposa Rosa Salazar y a mis queridos hijos Adriana, Alejandra y Paolo; y a todos mis familiares y personas que de una u otra manera contribuyen conmigo para poder terminar mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento especial a mi asesor Ing. Sonia Rubio Herrera y a mis profesores de la Universidad Privada del Norte, por guiarme por los caminos del aprendizaje y de una buena formación profesional y desempeñar de manera correcta esta fascinante carrera profesional como es la Ingeniera civil cumpliendo con las normas y reglamentos con un gran nivel de valores y ética profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Realidad problemática.....	8
1.2 Formulación del problema.....	25
1.3 Objetivos.....	25
1.4 Hipótesis.....	26
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	27
2.1 Tipo de Investigación.....	27
2.2 Diseño de la investigación.....	27
2.3 Operacionalización de Variables.....	30
2.4 Población y muestra.....	31
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	31
2.6 Procedimiento.....	33
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	41
3.1 Determinación del volumen de ingresos al sistema Q_1	41
3.2 Resultados del balance hídrico.....	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	59
4.1 Discusión.....	59
4.2 Conclusiones.....	63
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nomenclatura patrón para el balance Hídrico Según IWA	13
Tabla 2 Tipos de investigación según los diferentes criterios	27
Tabla 3 Variable Independiente: Pérdida de Caudal de Agua.....	30
Tabla 4 Variable dependiente: Distribución de Agua	30
Tabla 5 Caudal de ingreso (m ³ /mensual) Reservorio el Cumbe	41
Tabla 6 Continuidad y Presión de Servicio	42
Tabla 7 Volúmenes facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en los 14 puntos de control	43
Tabla 8 Número de usuarios facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en los 14 puntos de control.....	44
Tabla 9 Consumo facturado en el periodo de enero 2021 a mayo del 2021	45
Tabla 10 Consumo facturado no medido en el periodo de enero 2021 a mayo del 2021	46
Tabla 11 Volumen utilizado en servicio contra incendios y parques y jardines	48
Tabla 12 Volumen de lavado de reservorio en el periodo de enero 2021 a mayo del 2021	49
Tabla 13 Estimación de porcentaje de conexiones clandestinas e indebidas	51
Tabla 14 Estimación de consumo no autorizado	51
Tabla 15 Cálculo de las pérdidas aparentes por subregistro.....	52
Tabla 16 Cálculo de errores en medición cero	53
Tabla 17 Fugas en conexiones y tuberías en la distribución	54
Tabla 18 Fugas en tuberías de distribución o líneas principales	55
Tabla 19 Resumen del Balance Hídrico del barrio Sevilla.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de las pérdidas de caudal en el sistema de distribución de agua.	16
Figura 2 Mapa del distrito de Celendín	28
Figura 3 Sector de estudio Barrio Sevilla.....	29
Figura 4 Sector de estudio barrio SEVILLA	36
Figura 5 Visita a la SEMACEL.....	37
Figura 6 Evolución del ingreso de agua al reservorio el Cumbe de diciembre del 2020 a mayo del 2021	41
Figura 7 Volúmenes facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en el barrio Sevilla.	44
Figura 8 Consumo facturado medido en el barrio Sevilla.....	45
Figura 9 Consumo facturado no medido	47
Figura 10 Volumen del consumo autorizado vs la estimación de las perdidas	50
Figura 11 Volumen del consumo no autorizado en los periodos de enero hasta mayo del 2021.	52
Figura 12 Inexactitud de la micro medición y errores en medición cero	53
Figura 13 Fugas en conexiones y tuberías en la red de distribución	55
Figura 14 Volumen de pérdida de agua aparente Vs volumen de pérdida de agua real.	56
Figura 15 Volumen de agua no facturada.....	57

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar los porcentajes de pérdidas de agua potable en la red de tuberías a través del método de sectorización en el distrito de Celendín. Se utilizó la metodología de la sectorización con el fin de determinar los puntos estratégicos y calcular las pérdidas de agua mediante la toma de datos de los medidores desde el punto de distribución hasta el punto de llegada del agua. Así mismo, se manipulo la metodología del balance hídrico según el IWA el cual nos permitió identificar y calcular las pérdidas técnicas o reales que se generan en este proceso y también permite identificar las pérdidas aparentes o comerciales, las cuales son generadas por conexiones clandestinas, las diferencias entre los consumido y facturado, los elementos que componen el balance hídrico. La investigación concluyo en que el resumen hídrico para el barrio Sevilla en el distrito de Celendín nos evidencia una pérdida de agua de 173187.8 m³ (agua no facturada) que representa el 49.25% del total de agua que ingresa al reservorio el Cumbe, en el periodo de estudio de 5 meses que comprende del mes de enero hasta mayo del 2021.

Palabras clave: Sectorización, reducción de pérdidas, distribución de agua.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

En el mundo, la pérdida de agua o agua no contabilizada en los sistemas de agua potable, es un problema que sigue persistiendo y no ha sido tomado con mucha importancia por los operadores del estado. Conforme a la Agencia Internacional de Energía se apreció que el 42% de toda el agua en el mundo se ha perdido en el proceso de distribución por redes y dicho porcentaje puede variar según el desarrollo de cada país. En los Estados Americanos la pérdida de agua se precisa entre un 10% y 30%, y en América Latina se precisa un 42% de pérdida de agua. Este problema es causado principalmente por las fugas de agua, conexiones clandestinas, mediciones defectuosas, etc. (Calder, 2017 p. 15).

De acuerdo a Ramírez (2018) la pérdida de agua son aquellos volúmenes de agua que se desaprovechan como resultado de problemas en la infraestructura física instalada como: fisuras, roturas y filtraciones; o por problemas externos como instalaciones clandestinas. Así mismo, separa la pérdida de agua en reales (son pérdidas que se generan en el proceso de distribución de la empresa hacia el cliente) y aparentes (son las pérdidas de agua provocadas por los errores en facturación o el uso clandestino de la red de agua).

En nuestro país, la deficiente administración de agua potable por parte de las entidades gubernamentales ha provocado que estas sean administradas por operadores privados en su gran mayoría en las principales ciudades de nuestro país. Sin embargo, la empresa privada no ha podido cubrir la excesiva demanda de agua potable en nuestro país, existe 5.5 millones de peruanos sin acceso al

agua potable, poseyendo una cobertura del 88% en las zonas urbanas y un 62% en las zonas rurales; y este problema se agrava por la deficiente infraestructura física (tuberías muy antiguas, conexiones en mal estado, medidores manipulados, conexiones clandestinas, etc.) temporadas de sequías y la deficiente inversión por parte del estado y las empresas privadas. (Oblitas de Ruiz, 2010).

Por otro lado, las empresas prestadoras de servicios (EPS) de saneamiento en el Perú afrontan grandes problemas económicos y administrativos para garantizar una adecuada calidad y cobertura de agua para la población. La falta de proyectos que permitan optimizar la distribución de agua ha generado un malestar en los usuarios los cuales se han formado una mala imagen de las EPS. En este contexto las municipalidades que tienen a cargo la prestación del servicio han realizado estudios de sectorización del sistema de distribución de agua encontrando grandes beneficios en dividir en sectores independientes con propios pozos tubulares que permiten mejorar el control de los caudales de abastecimientos y presiones del servicio (Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento, 2005).

La sectorización radica en la partición de la red de agua potable en sub partes más pequeñas. Cada sub parte (sector) forma un módulo de repartición de agua restringida y semejante, de tal forma nos facilita la toma de datos de forma más rápida y eficiente, así mismo permite, localizar de forma precisa las fugas y conexiones clandestinas. La ventaja de tener una menor longitud de la red de agua nos permite minimizar las pérdidas de agua, pues el tiempo de recorrido del agua es menor (Fragoso Sandoval et al., 2016).

En el distritito de Celendín el servicio de agua potable está dado por el Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Celendín SEMACEL administrado por la municipalidad de dicho distrito. Se viene presentado una baja continuidad del servicio de agua producto de la pérdida de agua. Esta situación se evidencia en la no continuidad del servicio, transporte y almacenado de agua en bidones y la incomodidad de los pobladores por la falta de agua.

Las causas que generan dicho problema son las fugas de agua provocadas por las grietas, rupturas y filtraciones; volúmenes de agua distribuidos sin facturación, conexiones clandestinas y la falta de un método de sectorización que les permita controlar los diferentes puntos de distribución. El beneficio de reducir las pérdidas de agua se manifiesta directamente en un mayor consumo por parte de la población y, por consiguiente, en mayores ingresos para la entidad y, potencialmente en mejores inversiones en los sistemas de agua potable de la ciudad.

Consecuentemente, este problema social, debería ser estudiado desde el punto de vista de la sectorización de redes de agua potable, con el propósito de obtener zonas de suministros autónomas que nos permitan facilitar la detección de fugas de tuberías y conexiones clandestinas.

Como antecedentes de investigación relacionados a las variables de estudio reducción de pérdidas y sectorización de red de agua potable se puedo encontrar a nivel internacional, nacional y local los siguientes estudios:

Para Molina Arce & Aguilar Pesantes (2008) en su estudio de investigación titulado “Metodología de reducción de pérdidas técnicas en el sistema de distribución de AA.PP., del suburbio oeste de la Ciudad de

Guayaquil”. Los resultados mostraron que la metodología de sectorización hidráulica detecto como principal indicador de pérdida de agua a las fugas y las conexiones clandestinas en puntos específicos del sector de estudio. Así mismo se pudo elaborar estrategias de solución como: el mantenimiento preventivo y correctivo de las fugas localizadas y reducciones continuas y permanentes de las presiones del servicio.

Así mismo, Porras Gómez (2014) en su estudio de investigación titulado “Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable – sector San Carlos – La Merced”. Los resultados arrojaron una disminución de un 40.5% de pérdidas de agua en el sector de San Carlos con la aplicación de la gestión de presiones, se evidencio que los equipos y herramientas para la localización de fugas es muy limitada, la entidad encargada de brindar este servicio tiene un deficiente manejo en la medición a nivel macro y micro.

De Igual forma, Guarnizo Paz & Sánchez Ponce (2019) en su investigación titulada “Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, Departamento la Libertad”. Los resultados muestran que la principal perdida de agua se debe al agua no facturada la cual varía entre 38% y 67%, siendo está ultima el punto más alto alcanzado en el año 2016. Por otro lado, el método de sectorización permitirá reducir el 60% de pérdidas de agua potable en el distrito de Salaverry a través de la detección de instalaciones clandestinas e inactivas, cambio de medidores apropiados, y el mejoramiento de los equipos correladores y geófonos.

De la misma manera, Begazo Salas et al. (2019) en su estudio de investigación titulado “Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema

de abastecimiento de agua potable del sector VI de la ciudad de Tacna – Tacna”. Los resultados arrojaron un índice de pérdidas de 26.27% como agua no facturada y un 73.73% de agua facturada. Por lo tanto, el agua no facturada es considerada como pérdida pues no genera ningún beneficio para la EPS. Dentro de los indicadores que generan la pérdida de agua no facturada podemos mencionar: consumo no facturado, consumo no autorizado, error de la micro medición y en el manejo de datos, fugas y malas conexiones.

En el mismo sentido, Cieza Pérez (2018) en su estudio de investigación titulado “Sistema de control de pérdidas de agua potable para mejorar el servicio de la E.P.S Marañón de la Ciudad de Jaén”. Concluyó que el control de pérdidas fue de 43,8%, es decir que las condiciones y los procesos de producción y distribución de agua son deficientes y necesitan ser mejorados. Entre los cuales podemos mencionar la deficiente gestión del mantenimiento e instalaciones, materiales y equipos; la fuga de agua, pérdida de agua por presión y el robo de conexiones domiciliarias.

La investigación se justifica, ya que la mayoría de las empresas que prestan servicio de agua y saneamiento del país, presentan pérdidas de agua, entendida esta como el agua producida que no se consume, no se registra o no llega al usuario final. Trayendo como consecuencias mayor financiamiento, ineficiencia en los costos operativos y menor satisfacción del consumidor. Esto se refleja en el estudio de Alvarado y Cauna (2019) en su estudio “Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector VI de la ciudad de Tacna – Tacna” en el cual se pudo evidenciar que el 70% del agua se pierde sobre el volumen de ingreso al sistema, las cuales se deben mayormente a la inexactitud de la micro medición y errores en el manejo

de datos, fugas en conexiones, fugas en tuberías y consumo no autorizado, generando grandes pérdidas económicas a la empresa que presta el servicio de agua. Por lo tanto, el estudio de pérdidas de agua nos proporciona un instrumento que nos ayude a optimizar los procedimientos de control de agua, con lo cual se podrá disminuir los gastos y costos de mantenimiento.

En relación al marco conceptual se puede mencionar los siguientes conceptos o definiciones en función a las variables de estudio:

Pérdida de agua en redes de abastecimientos

En el año 2000 la Asociación Internacional de Agua (IWA) estableció una guía internacional para mejorar la automatización del balance hídrico, este método nos orienta en cada proceso de la distribución del agua potable a identificar y calcular las pérdidas técnicas o reales que se generan en este proceso y también permite identificar las pérdidas aparentes o comerciales, las cuales son generadas por conexiones clandestinas, las diferencias entre los consumido y facturado, los elementos que componen el balance hídrico de la IWA se encuentran en la figura 1 (Bertrand, 2015. p 17).

Las pérdidas de agua en los sistemas de distribución ocurren durante todo el proceso, desde la fuente de extracción hasta el punto de medición y consumo.

Tabla 1

Nomenclatura patrón para el balance Hídrico Según IWA

Cálculo Hídrico (Metodología IWA – AWWA)

Consumo autorizado (Q _A)	Consumo autorizado facturada (Q _{AF})	Consumo medido (incluye agua exportada)	Consumo facturado no medido	Agua Facturada (contabilizada)
		Consumo no facturado medido	Consumo no facturado no medido	
Volumen de entrada al sistema (Q)	Pérdidas de agua (Q _P)	Pérdidas aparentes (no físicas) (Q _{PA})	Consumo no autorizado	Agua No Facturada (no contabilizada)
		Pérdidas reales (Físicas) (Q _{PR})	Imprecisiones de medida	
			Pérdidas reales en conducciones de agua bruta y en tareas de mantenimiento	
			Fugas en transporte y/o conducciones de distribución	
		Fugas y desbordamiento en transporte y/o depósito de almacenamiento		
		Fugas en acometidas hasta el punto de medida		

Fuente: Adaptado de la Guía para la reducción de pérdida de agua IWA.

Pérdidas de Agua

Se entiende como pérdida en un sistema de distribución de agua potable cuando el volumen total de agua que es entregada a los consumidores no es facturado, debido a que no es registrada por los medidores domiciliarios (Ramírez, 2011).

Las pérdidas de agua (Q_p) es el caudal de agua que se pierde entre el punto de ingreso al sistema de distribución y el punto de empalme a las instalaciones interiores del predio del cliente.

Según la clasificación de la IWA las pérdidas de caudal en el sistema de distribución se clasifican en pérdidas reales y pérdidas aparentes.

• **Pérdidas Físicas o Reales.** - Las pérdidas físicas o reales son volúmenes de agua perdidos dentro de un determinado periodo a través de todo tipo de fugas, roturas de tubos y reboses. Las pérdidas físicas se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación dentro del sistema y su tamaño y al tiempo durante el cual fugan.

Fuga desde las troncales de transmisión y distribución, puede ocurrir en tuberías (roturas debido a causas foráneas o a corrosión) í uniones (desconexión, empaquetaduras dañadas) y válvulas (falla operativa o de mantenimiento) y usualmente tiene tasas de flujo medianas a altas y tiempos de fuga de cortos a medianos Fuga desde conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente. A veces nos referimos a las conexiones de servicios como los puntos débiles de las redes de suministro de agua porque sus uniones y accesorios exhiben tasas de falla altas. Las fugas en las conexiones de servicio son difíciles de detectar debido a sus tasas de flujo comparativamente bajas y por lo tanto tienen tiempos de fuga largos.

• **Pérdidas Aparentes o Comerciales.** - Las pérdidas aparentes son pérdidas que no se deben a fugas físicas en la infraestructura, sino que están causadas por otros factores. Las pérdidas aparentes se pueden agrupar en las siguientes categorías en base a su origen:

- ✓ inexactitudes de medición debido medidores de flujo incorrectos
- ✓ manejo de datos y errores de contabilidad, así como mala rendición de cuentas de los clientes en los sistemas de facturación

- ✓ consumo no autorizado debido al robo de agua y a las conexiones ilegales o clandestinas.

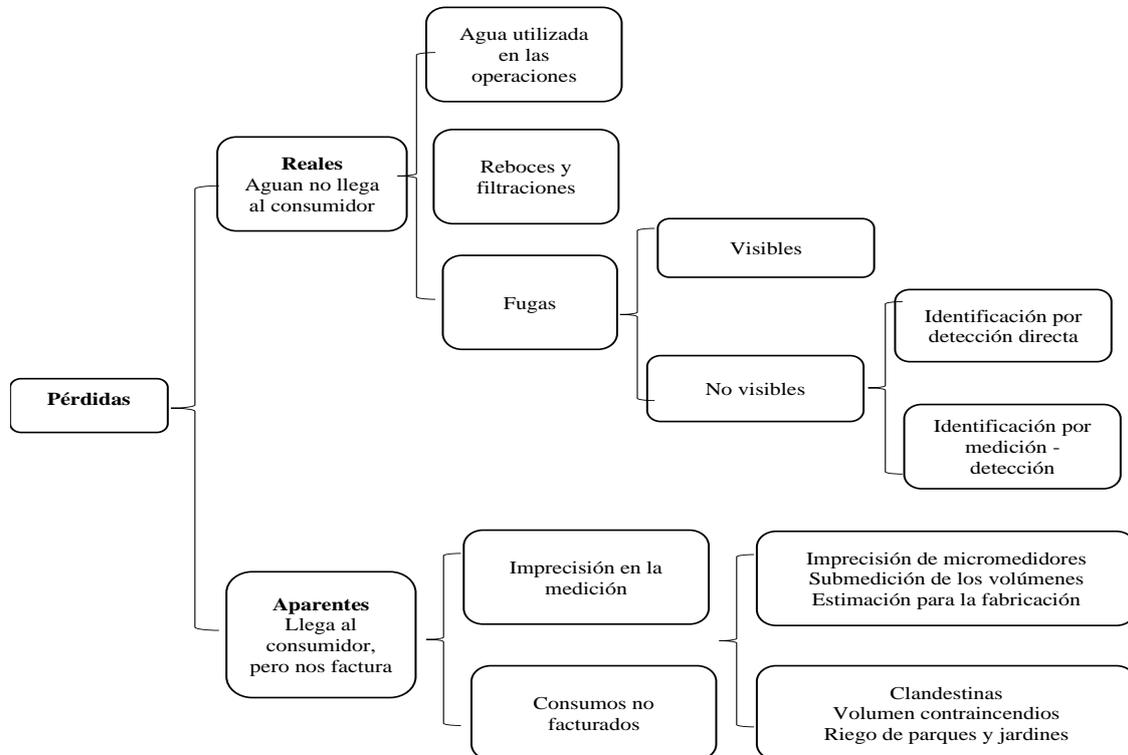


Figura 1 Clasificación de las pérdidas de caudal en el sistema de distribución de agua.

Como se puede evidenciar en la figura 1, se muestra las pérdidas de agua aparentes que llegan al consumidor, pero no se factura debido a la imprecisión en los micromedidores, submedición de los volúmenes y estimación para la fabricación, mientras que los consumos no facturados se deben a instalaciones clandestinas, volúmenes contraincendios y riego de parques y jardines.

Tipos de pérdidas de agua

a) Pérdidas Técnicas

Las pérdidas técnicas o reales corresponden a volúmenes de agua que se pierden en un determinado periodo. Estas pueden ser a través de todo tipo de fugas, estallidos y rebases. A su vez, las fallas están asociadas a la presión de funcionamiento del sistema y se clasifican por su tamaño y ubicación:

- a) **Tamaño:** Pueden ser reportadas o visibles, no reportadas u ocultas y de fondo.
- b) **Ubicación:** Desde los troncales de transmisión y distribución, desde conexiones de servicio y de tanques de almacenamiento.

Las pérdidas producidas en la red de distribución se clasifican en físicas y operacionales, cuya magnitud se obtiene realizando balances de volumen de agua:

- a. **Pérdidas físicas:** Son volúmenes de agua que se pierden debido a fallas en la infraestructura física instalada.
- b. **Pérdidas operacionales:** Son volúmenes de agua que se pierden debido a la operación misma del sistema (rebalses en los estanques y desagües).

También existen los consumos operacionales, que son volúmenes de agua utilizados con el objetivo de cumplir un fin operacional, sin embargo, constituyen una pérdida intrínseca del sistema que puede ser excluida del volumen de pérdidas totales.

Las pérdidas en la red de distribución se deben a varios factores, estos pueden ser:

- a) Presiones internas de la red
 - b) Calidad de los materiales y procesos constructivos
 - c) Calidad del agua y tipo de suelo
 - d) Siniestros que afectan a las tuberías
 - e) Presiones externas
- b) **Fugas**

Las fugas son aberturas en cualquier punto de la red de distribución de las que no se tiene un control. Es frecuente desconocer su ubicación e

incluso la existencia de éstas. Representan aproximadamente el 95% de las pérdidas totales de agua.

Tipos de fugas: Se pueden clasificar como:

- a. **Pérdidas reportadas o “visibles”:** Son de gran caudal y corta duración. El agua aparece rápidamente en la superficie, dependiendo de la presión del agua y del tamaño de la fuga. Las pérdidas reportadas son atendidas en un periodo corto de tiempo. Son fugas fáciles de detectar y se localizan mediante inspecciones simples a la red.
- b. **Pérdidas no reportadas:** Estas fugas tienen un caudal y una duración que depende de los programas de control de fugas de la empresa sanitaria. Tienen caudales mayores a 250 l/hr a 50 mca de presión, pero no aparecen en la superficie por condiciones desfavorables.
- c. **Pérdidas de fondo:** Corresponden a pérdidas menores a 250 l/hr a 50 m.c.a. Son de bajo caudal y larga duración. Los usuarios no dejan de recibir el servicio, ya que aún con fugas la presión es suficiente para abastecer al usuario.

Ejecución paso a paso del balance hídrico:

1. Determinación del volumen de ingreso del sistema Q_I

Se tiene que identificar los conductos de ingreso de agua al sector, para luego calcular el volumen total, utilizando las mediciones tomadas de los medidores de flujo principales (macro medidores).

2. Determinación / estimación del consumo autorizado facturado Q_{AF}

Se tiene que determinar a todos los usuarios inscriptos en los registros de facturación (domésticos, comercios y consumidores industriales, etc.) para determinar con ello el consumo autorizado, también se debe de

identificar a los usuarios que cuentan con micromedidor y los que se les factura por asignación y por promedio.

3. Determinación / estimación del consumo autorizado no facturado

Q_{ANF}

Se tiene que determinar por medio de una estimación apropiada; en primera instancia, todos los usuarios tienen que ser identificados, estos pueden ser viviendas, edificios municipales, parques, servicios de bomberos, reservorios de agua o áreas de barrios marginales. Se debe hacer un estimado del consumo para cada grupo de usuario, en algunos casos, se puede realizar pruebas en una investigación de campo. Finalmente, se tiene que identificarse el volumen de agua utilizado por la empresa prestadora del servicio de agua para propósitos operativos (limpieza de tuberías, lavados, etc.); se debe realizar una estimación calificado en el caso de no contar con valores medidos.

4. Cálculo del consumo autorizado $Q_A = Q_{AF} + Q_{ANF}$

El consumo autorizado Q_A puede calcularse sumando el consumo autorizado facturado Q_{AF} y el consumo autorizado no facturado Q_{AuNF} . Las pérdidas totales de agua Q_P se puede calcular luego de $Q_I - Q_A$.

5. Estimación de las pérdidas aparentes Q_{PA}

Estimar las pérdidas aparentes Q_{PA} es bastante complicado y está sujeta a un alto grado de incertidumbre; se debe desglosar las pérdidas aparentes en sus componentes para lograr un estimado conveniente. En primera instancia, se tiene que estimar el consumo no autorizado, esto se puede realizar ya sea consultando registros anteriores o conduciendo una investigación casa por casa dentro de una zona muestral, luego se debe

estimar las pérdidas debido a la inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos.

6. Cálculo de las pérdidas reales $Q_{PR} = Q_P - Q_{PA}$

Finalmente, las pérdidas reales de agua Q_{PR} se pueden calcular restando las pérdidas aparentes Q_{PA} de las pérdidas de agua generales Q_P .

Sectorización hidráulica

Técnica para el control de las fugas.

La distribución racional de agua en un sistema de distribución de agua es un problema hidráulico bastante complejo. La conducción a presión en conductos cerrados implica una regulación de caudales y presiones para asegurar que llegue a cada usuario las dotaciones de agua dentro de los parámetros establecidos por la Norma OS-050 Redes de Distribución de Agua para Consumo Humano que en su artículo 4.8 señala: "La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m."

Saldarriaga, Naranjo y Rosthstein (2011) en su estudio Metodologías para la Sectorización de redes existentes de agua potable mencionan que la sectorización de una Red de Distribución de Agua Potable (RDAP) se define como la manera en que se divide la RDAP en varios conjuntos de tuberías, determinando algunas características comunes sobre cada conjunto.

La sectorización hidráulica de RDAP se presenta cuando estas divisiones realmente corresponden a fronteras que previenen el paso de agua de una porción a otra y la característica común del conjunto de tuberías es el origen de su alimentación. De esta manera se define como un sector hidráulico a una porción de las redes aislada hidráulicamente de los demás sectores de un

sistema de distribución de agua y los únicos puntos de conexión son: alimentaciones propias del sector (entradas de agua al sector) o alimentaciones a otros sectores (salidas de agua del sector).

Como se menciona, la sectorización de una red de distribución de agua potable es una técnica empleada en el control y localización global de fugas. Dicha técnica consiste en la división de la red en varias subredes más pequeñas, denominados sectores u DHM (Distritos Hidrométricos). Con el empleo de esta herramienta se realiza un balance hídrico de cada uno de los sectores para localizar cuál de ellos presenta mayor volumen fugado siendo así más efectivas las técnicas de búsqueda de fugas.

Una vez dividida la red en sectores hidrométricos, resulta más fácil evaluar los caudales circulantes y por ende el nivel de fugas, sobre todo en períodos nocturnos. Por tanto, la implementación de la sectorización supone la medida más efectiva en lo referente a detección de pérdidas de caudal de agua y su posterior localización de la fuga y reparación en función de la prioridad que se establezca a nivel de cada sector.

La implementación de la sectorización optimiza el control de la presión en cada uno de los sectores hidráulicos que a su vez posibilita disminuir el nivel de fugas y reducir la probabilidad de roturas en las tuberías, ello sin afectar a la presión mínima de servicio.

Resumiendo, la sectorización es una opción estratégica que reduce el área de inspección para la detección y localización de anomalías, como roturas, fugas o deficiencias de presión. Si conjuntamente a esta técnica añadimos la implantación de un sistema de control, se mejora sustancialmente la gestión de la red, optimizando las presiones en cada sector.

Diseño de un sector o distrito hidrométrico (DHM)

Según la Guía para la reducción de pérdidas de agua (p. 149) el diseño de los DHMs requiere un conocimiento profundo del sistema de suministro de agua. Es indispensable la existencia de una red completa actualizada, registro e información topográfica. Por otro lado, se debe disponer de patrones de consumo de agua y datos operativos sobre flujos y presiones.

Para las redes complejas, se puede requerir un modelo hidráulico calibrado para determinar los impactos de sectorización sobre las presiones de servicio y para detectar cuellos de botella potenciales, tubos redundantes y zonas en peligro por estancamiento.

Se puede utilizar la sectorización para sistemas medidos o no medidos, así como para sistemas de suministro continuo e intermitente.

Requisitos para la: implementación de la sectorización

- ✓ Debe existir un registro de red completo actualizado con información topográfica.
- ✓ Debe disponerse de información sobre patrones de consumo de agua y datos operativos sobre flujos y presión.
- ✓ Un sector debe tener preferentemente un ingreso único.
- ✓ Los límites de un sector deben ser establecidos considerando en lo posible límites naturales (ríos, vías principales, etc.).
- ✓ Debe ser posible hermetizar el sector mediante el accionamiento de un número mínimo de válvulas de control.
- ✓ La variación de elevaciones de terreno debe ser mínimas en el sector.

- ✓ Se debe determinar los tipos de consumidores (domésticos, industriales, comerciales o altos consumidores como hospitales, cuarteles, colegios) y sus respectivos requerimientos de suministro de agua.
- ✓ Debe respetarse las regulaciones legales que rigen las presiones mínimas.
- ✓ Asimismo, se debe tener en cuenta ·las restricciones debidas a la topología del terreno, la altura de los edificios y el suministro para los grifos contra incendios.
- ✓ Además, la gerencia de la empresa debe asegurarse de que se garantice la sostenibilidad del proceso de implementación de la sectorización. Esto incluye la necesidad de monitorear y mantener continuamente los sectores u OHM, recolectando y analizando regularmente datos sobre presión y flujo.

Procedimiento de implementación.

Durante el planeamiento -de la sectorización, es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- **Consideraciones económicas.** - Se debe tomar en cuenta las restricciones económicas antes de comenzar con el diseño de la sectorización. La instalación de un alto número de válvulas significa altos costos de capital y mantenimiento. Por otro lado, los OHM pequeños conducirán a mejores resultados durante el proceso de detección de fugas.
- **Consideraciones físicas.** - Para la selección de sectores, se debe utilizar un plano que muestren características topográficas y del sistema, como diámetros de tubos, líneas de contorno, límites naturales y topografía de la ciudad. El buen conocimiento de la estructura del sistema es

necesario para seleccionar los sectores. Si es posible se debe elegir límites naturales y físicos. Se debe tomar en cuenta las zonas de presión existentes y las válvulas cerradas en relación a las zonas de presión durante el proceso de sectorización.

Si no existen fronteras físicas, se debe elegir áreas donde se tenga que instalar (o cerrar) un número mínimo de válvulas.

La ubicación de las válvulas de aislamiento debe estar plenamente identificada.

- **Selección del tamaño apropiado de DHM.** - Según el material suplementario de la Guía para la reducción de pérdidas de agua, cuando se crea un DHM no es importante crear áreas de igual tamaño, si bien no está normalizado parámetros al respecto, existen recomendaciones como las siguientes:

- La IWA recomienda un tamaño de 500-3000 conexiones de servicio por DHM.
- La DVGW alemana propone elegir una longitud total de tubos de distribución de 4 a 30 km dentro de un DHM idealmente, el DHM debe recibir el suministro por una sola alimentación y medir ese punto de suministro para maximizar la exactitud de las mediciones. Solamente si esto no es posible, se debe utilizar alimentaciones múltiples.

Prueba de hermeticidad de los DHM designados. - Cuando se finalice el diseño de los DHM, se tiene que verificar si es eficiente la separación del área. Si hubiera válvulas del sistema no herméticas y tubos de conexión

desconocidos entre diferentes DHM, esto falsificaría las mediciones. Primero se tiene que verificar la hermeticidad de todas las válvulas.

Después de cerrar las válvulas verificadas, se tiene que realizar una prueba de presión "cero" para asegurar que no hay conexiones desconocidas con otras áreas. La prueba se realiza de la manera siguiente:

- Se debe ejecutar la prueba durante las horas de la noche en un período de bajo consumo.
- Se tiene que informar a los clientes sobre la prueba, ya que el nivel de presión caerá significativamente.
- Se tiene que instalar registradores o medidores de presión en lugares clave en todo el DHM.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo reducir las pérdidas de agua potable en la red de tuberías utilizando el método de sectorización en el distrito de Celendín?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Identificar los porcentajes de pérdidas de agua potable en la red de tuberías a través del método de sectorización en el distrito de Celendín.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los porcentajes de pérdidas de agua potable en la red de tuberías a través del método de sectorización en el distrito de Celendín.

- Reducir las pérdidas de caudal en la red de tuberías mediante la sectorización para mejor la distribución de agua potable en el distrito de Celendín.
- Proponer acciones que nos ayuden a reducir la pérdida de caudal en la red de tuberías en el distrito de Celendín.

1.4 Hipótesis

Si se reduce las pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización, se mejorará la distribución de agua potable en el distrito de Celendín.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1 Tipo de Investigación

Hernández Sampieri (2010) menciona los tipos de investigación según los siguientes criterios:

Tabla 2

Tipos de investigación según los diferentes criterios

Tipo de Investigación	
<i>Enfoque</i>	Cuantitativo
<i>Tipo de estudio</i>	Descriptiva
<i>Según su propósito</i>	Aplicada
<i>Según el tiempo</i>	Transversal

2.2 Diseño de la investigación

Es un diseño de investigación de campo, la realización del levantamiento topográfico se recolectará la información de datos, se elaboran los planos mediante la sectorización a fin de determinar los puntos estratégicos y se calculara las pérdidas de agua mediante la toma de datos de los medidores desde el punto de distribución hasta el punto de llegada del agua.

En la figura 2 se puede observar el plano de desarrollo urbano del distrito de Celendín. Así mismo, podemos evidenciar la división de los 25 barrios que componen dicho distrito. Los barrios son los siguientes: Augusto G. Gil., Bellavista, Bello Horizonte, Central, Chacapampa, Chupset, El Carmen, El Cumbe, El Milagro, El Porvenir, El Rosario, El Guayao, Juan Basilio Cortegana, Los Jardines, Mesapata, Pallac, Poyunte, Pumarume, San Cayetano, San Isidro, San Pablo, Santa Rosa, Sevilla, Shuitute y Tupac Amaru.

Así mismo, la zonificación nos permitió elegir la zona de estudio el Barrio Sevilla en base a los siguientes factores:

- Número de usuarios
- Continuidad del servicio
- Presión del servicio
- Existencia de información de las características de la red
- Accesibilidad a la toma de datos de los medidores de las viviendas
- Identificación de los tipos de redes

Zona de estudio Barrio Sevilla

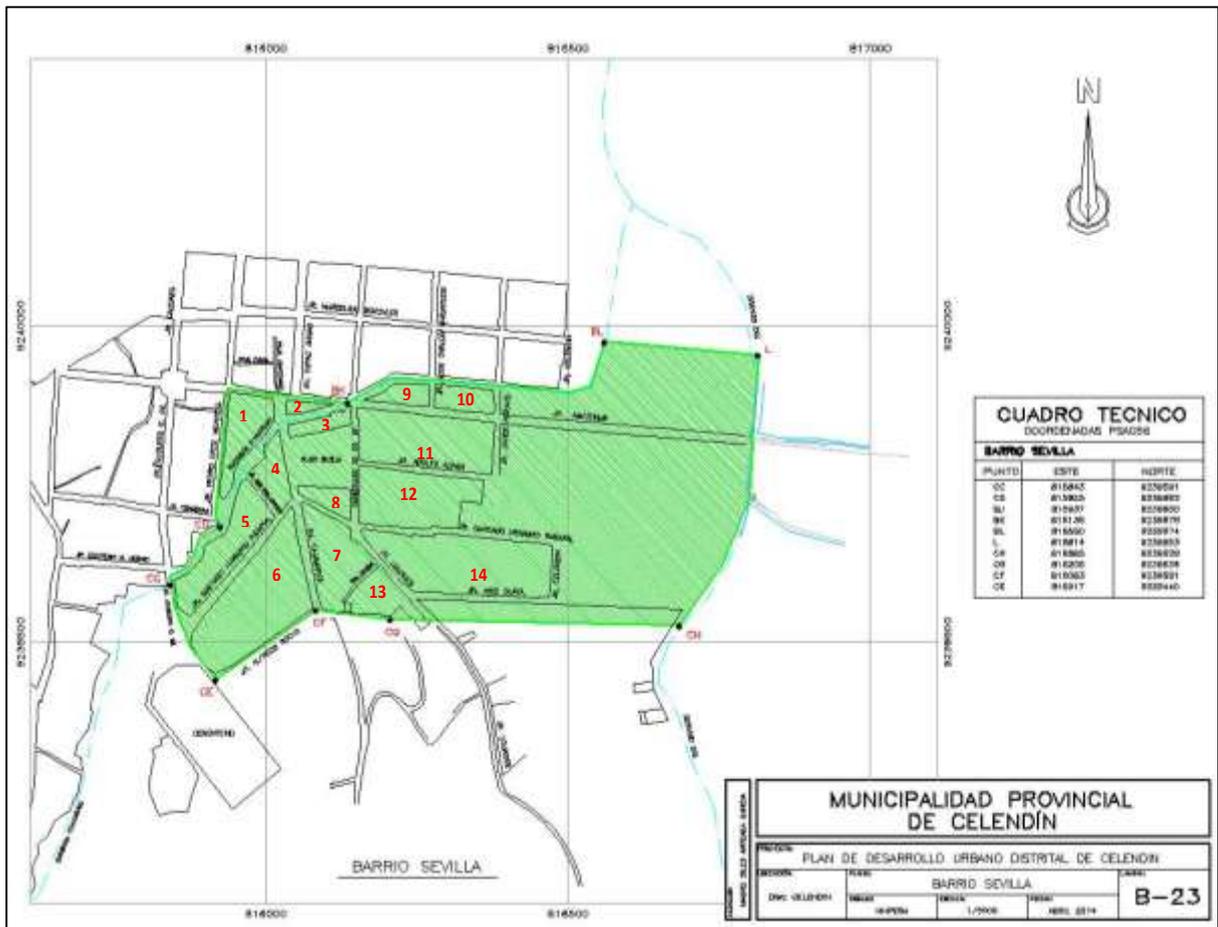


Figura 3 Sector de estudio Barrio Sevilla

2.3 Operacionalización de Variables

Tabla 3

Variable Independiente: Pérdida de Caudal de Agua

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Técnica/Instrumento
Pérdidas de caudal de agua	Diferencia entre el volumen de agua que ingresa al sistema de distribución (Q) y el consumo autorizado (QA) según lo establece la IWA.	Agua Facturada	m ³	Técnica documental, la observación
		Agua no Facturada	m ³	
		Caudal de Ingreso	m ³	Herramientas Data Logger, caudalímetro y lectura de medidores
		Pérdidas técnicas	m ³	
		Porcentaje de índices de pérdidas	Porcentaje (%)	

Tabla 4

Variable dependiente: Distribución de Agua

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Técnica/Instrumento
Distribución de agua	Es la capacidad o el promedio ponderado de horas de servicio de agua potable por la empresa prestador del servicio.	Línea de alimentación	m ³	Técnica / encuesta
		Estructura de tuberías que distribuye el agua	Número de conexiones	Instrumento / Cuestionario Herramientas Data Logger, caudalímetro y lectura de medidores
		Flujo de agua o de abastecimiento	0 y 24 horas	

2.4 Población y muestra

2.4.1 Población

La población para esta investigación está constituida por el Barrio Sevilla perteneciente al distrito de Celendín. (Ver figura 3). La población que constituye el barrio de Sevilla es de 560 habitantes.

2.4.2 Muestra

La muestra está constituida por la red de agua potable del Barrio Sevilla. El cual está constituido por 14 zonas o puntos de control (Ver Anexo 1), y la otra que la muestra es de 228 habitantes.

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1 Técnicas de recolección de datos

a) **Técnica documental:** Se realizó la revisión de literatura sobre metodologías para la reducción de pérdidas de agua en redes de distribución y problemática existente causada por altos índices de agua no facturada en empresas de saneamiento.

Se realizó la revisión de información existente sobre el Servicio de agua potable y alcantarillado Celendín SEMACEL, respecto a su evolución en el indicador de agua no facturada estimando los costos económicos para la empresa, la información relacionada a las fuentes de agua de la SEMACEL, la disponibilidad del recurso hídrico y a la problemática de la restricción del servicio.

b) **La observación:** esta técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre el objeto de investigación que tiene relación con el problema de investigación (Espinoza, 2010 p.108).

c) **Encuesta:** nos permitirá recolectar información de la población acerca de la presión y continuidad con la que perciben el servicio de agua.

También se realizará una entrevista a los trabajadores y operarios del Servicio de agua potable y alcantarillado Celendín SEMACEL, para obtener información acerca del volumen de agua producida, volumen de agua facturada, continuidad, presión, etc.

2.5.2 Instrumentos para la recolección de datos

a) **Cuestionario:** Para Barquisimeto (2015) es un documento en el cual se plantean una serie de preguntas abiertas, cerradas o de intervalo en relación a las variables de estudios calcular.

En relación a nuestro estudio el cuestionario nos permite recoger información de los pobladores del barrio de Sevilla sobre la frecuencia de agua, la presión del agua, horas de abastecimiento, etc. De igual manera se recogerá información de los trabajadores y operarios del Servicio de agua potable y alcantarillado Celendín SEMACEL acerca del flujo agua que sale y llega a la población.

b) **Data Logger:** es un instrumento pequeño que nos ayuda a darle seguimiento y recolección de datos en tiempo real, del voltaje, temperatura y corriente (Quito Ávila, 2005 p. 34).

Para esta investigación el data logger nos ayuda a registrar los datos del volumen y frecuencias de entrada y salida de agua. De la misma manera permitirá grabar los datos en tiempo real y realizar un monitoreo de la red de agua del barrio Sevilla del distrito de Celendín.

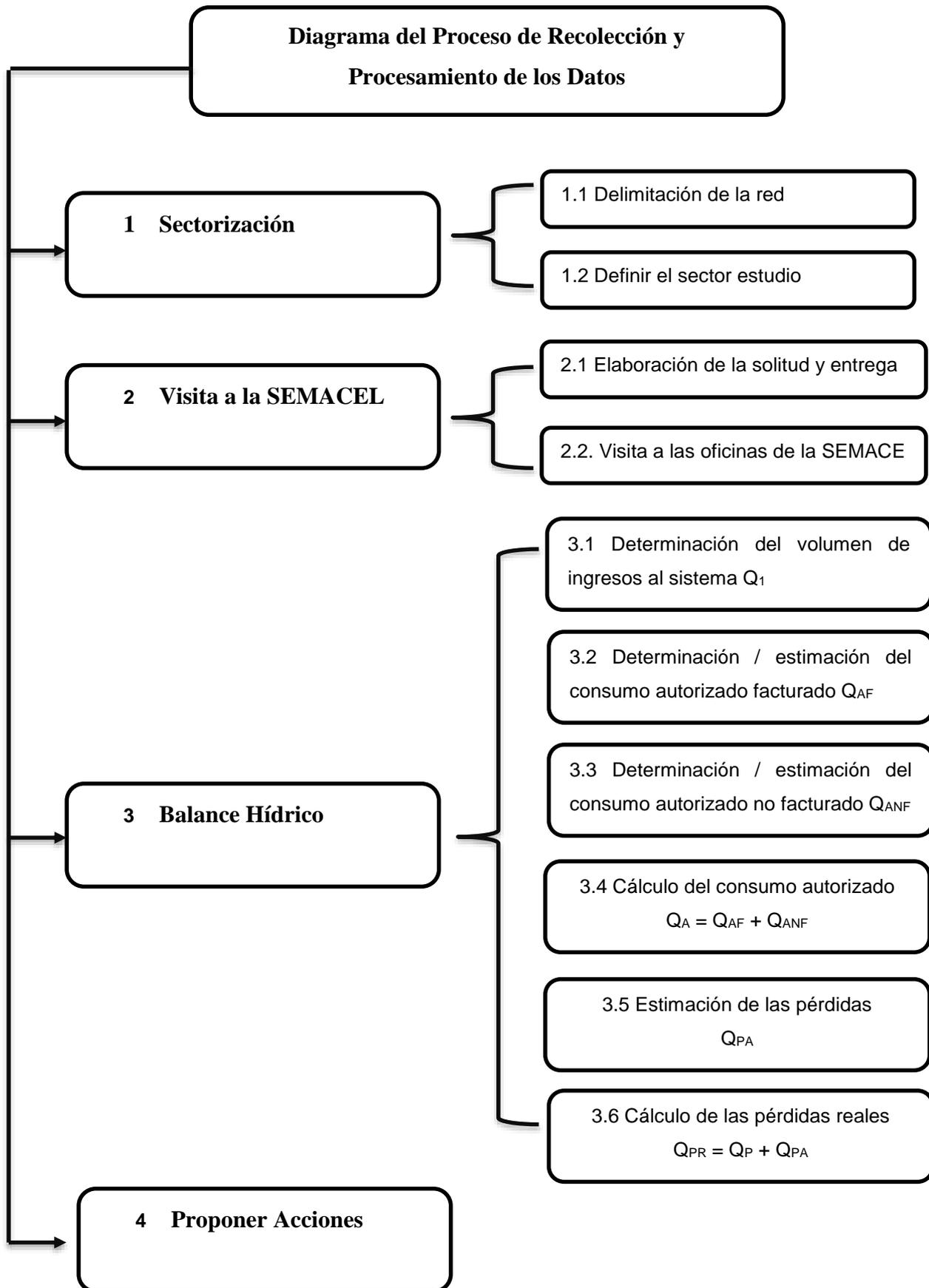
- c) **Equipos fotográficos:** nos permitirán recoger la evidencia en tiempo real de como se recoge la información en el barrio Sevilla del distrito de Celendín.
- d) **Auto CAD:** este programa nos permitirá ordenar, crear, y dividir el plano del distrito de Celendín en barrios. Así mismo, identificaremos el barrio en estudio el cual se representará de forma gráfica.

2.6 Procedimiento

Para el análisis del balance hídrico del sistema de agua potable del barrio Sevilla se tendrá en cuenta los pasos propuestos por la Asociación de Agua (IWA).

Cálculo Hídrico (Metodología IWA – AWWA)					
		Consumo autorizado facturada (Q _{AF})	Consumo medido	Consumo facturado no medido	Agua Facturada (contabilizada)
	Consumo autorizado (Q _A)	Consumo autorizado no facturado (Q _{AUNF})	Consumo no facturado no medido	Consumo no facturado no medido	
Volumen de entrada al sistema (Q)		Pérdidas aparentes (no físicas) (Q _{PA})	Consumo no autorizado	Imprecisiones de medida	
	Pérdidas de agua (Q _P)	Pérdidas reales (Físicas) (Q _{PR})	Pérdidas reales en conducciones de agua bruta y en tareas de mantenimiento	Fugas en conexiones	Agua No Facturada (no contabilizada)
			Fugas en tuberías		

Fuente: Adaptado de la Guía para la reducción de pérdidas de agua



2.6.1 Ejecución del proceso paso a paso:

1. Sectorización

Conforme a los aspectos estudiados en el marco teórico, y el estudio y análisis de la metodología de sectorización en las redes de distribución de agua potable en la Ciudad de Cajamarca nos permitió sectorizar en 25 barrios (ver figura 2). De la misma manera, se hizo la delimitación de la zona a través de planos de distribución de red y se realizó el trabajo de campo identificando y localizando los medidores y las condiciones de servicios.

Por lo tanto, en base al estudio de sectorización se escogió el barrio de Sevilla.

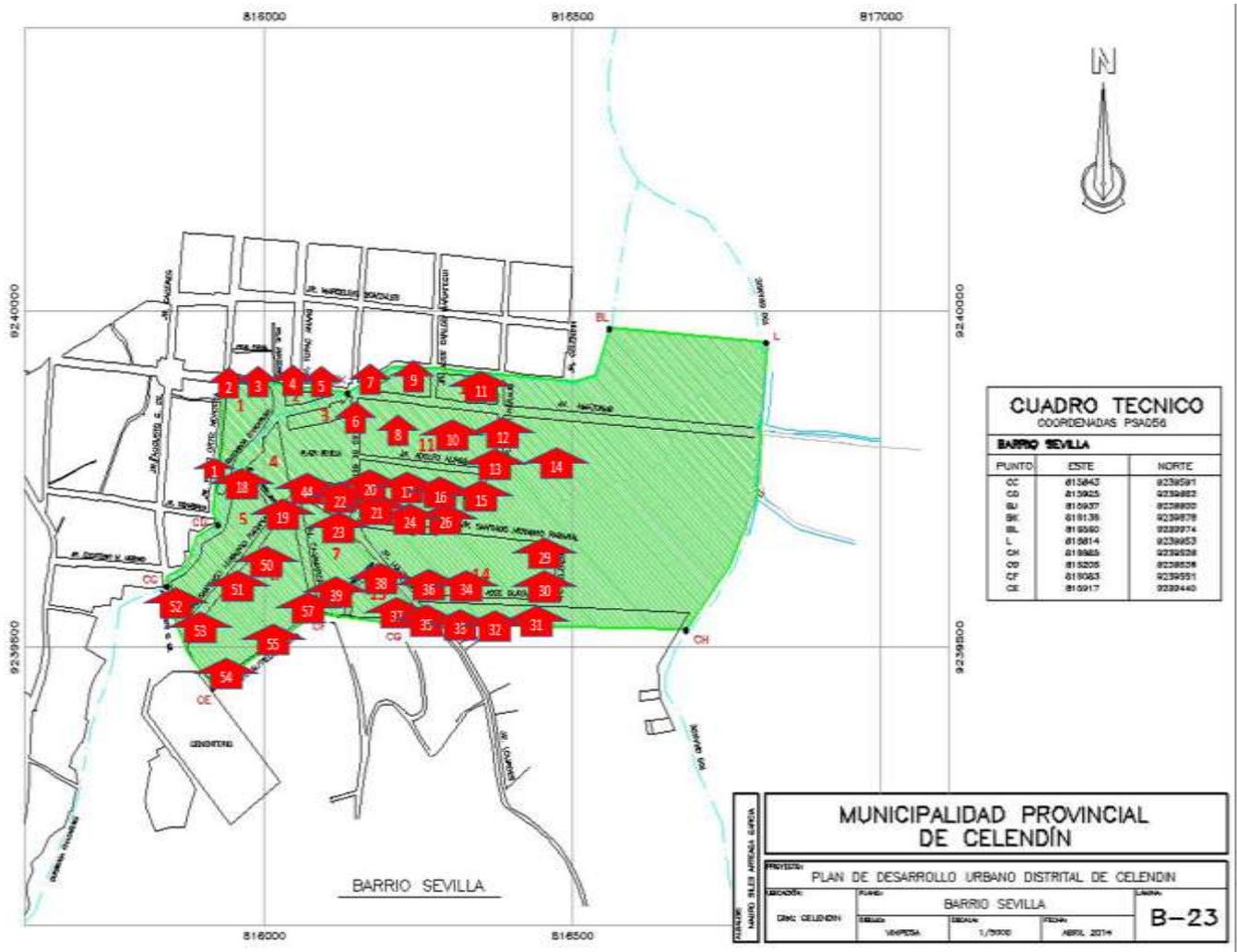
1.1 Delimitación y definición del sector de estudio

Esta etapa consistió en delimitar la red del barrio de Sevilla en función al número de medidores, la presión, roturas, fugas y continuidad de agua en cada punto de control. En tal sentido, el barrio de Sevilla se dividió en 14 puntos de control:

- PC1: Jirón Ortiz Montoya C/1 y Av. Amazonas C/2.
- PC2: Av. Cajamarca C/1 y Av. Amazonas C/3.
- PC3: Av. Cajamarca C/1 y Comisaria PNP.
- PC4: Jirón Santiago H. Rabanal C/1 y Av. Cajamarca C/1.
- PC5: Jirón Ortiz C/1 y Jirón Santiago H. Rabanal C/1.
- PC6: Jr. Alfredo rocha c/1 y Av. Cajamarca C/2
- PC7: Av. Cajamarca c/4 y Pje. Lourdes
- PC8: jr. Santiago H. rabanal c/3 y jr. 30 de setiembre c/1
- PC9: av. amazonas c/4 y jr. 30 de setiembre c/2
- PC10: jr. José Carlos Mariátegui c/1 y Av. Amazonas c/5

- PC11: Jr. 30 de setiembre c/2 y Jr. Adolfo aliaga c/2
- PC12: Jr. Adolfo aliaga c/1 y Jr. Javier Heraud c/1
- PC13: jr. Lourdes c/1 y pasaje Lourdes
- PC14: jr. Lourdes c/1 y Jr. Santiago h. rabanal c/3

Figura 4 Sector de estudio barrio SEVILLA (identificación de casas y jirones)



2. Visita a la SEMACEL

2.1 Elaboración de la solicitud y entrega

La investigación se puso en marcha efectuando una solicitud para que nos brinden la información necesaria y el apoyo para la realización del estudio. En tal sentido, se dirigió dicho documento al Ingeniero Luis Carlos Briones Velásquez. Dicho documento fue presentado en el área de recepción de dicha institución (Ver anexo 3).

2.2 Visita a las oficinas de la SEMACEL

La visita a la SEMACEL se realizó el día 24 de mayo a las 10 am, donde fuimos recibidos por el encardo, el cual nos brindó la siguiente información:

- Plano de lotización de la ciudad de Celendín.
- Datos sobre el caudal de entrega y salida de agua en el reservorio.



Figura 5 Visita a la SEMACEL

3. Balance Hídrico

En este punto se evalúa la distribución de agua comparando entre las entradas y las pérdidas de agua en el sector de Sevilla en un periodo determinado. Para lo cual, se tiene en cuenta el consumo autorizado facturado, el consumo autorizado no facturado, las rupturas y fugas en la red de distribución de agua potable.

3.1 Toma de datos

Se tomo los datos sobre la presión del agua en el barrio Sevilla en el distrito de Celendín.



Toma de datos: lectura de medidores del barrio Sevilla en el distrito de
Celendín.



Toma de datos: Entrada de agua al reservorio el Cumbe en el distrito de
Celendín



Toma de datos: Fuga de agua, ruptura de tubo interior en el barrio
Sevilla



4. Proponer Acciones

En este punto se manifiesta acciones de solución a la pérdida de agua en base a los datos obtenidos en relación a nuestros objetivos de investigación.

2.7 Aspectos Éticos

La investigación cumple con las directrices para la redacción de referencias bibliográficas y de citas de las normas APA propuesta por la Asociación American de Psicología (*American Psychological Association*) las cuales son propuestas en la guía de investigación propuesta por nuestra casa de estudios. De la misma manera, todos los datos recogidos en campo y los brindados por la SEMACEL son verdaderos como se puede evidenciar en el anexo3 y en los 4, 5 y 6.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Determinación del volumen de ingresos al sistema Q₁

Para la estimación del volumen de ingreso de agua al reservorio el Cumbe se tomó como referencia las mediciones de los meses de diciembre 2020 a mayo del 2021, el cual abastece al barrio Sevilla, dicha información fue proporcionada por la SEMACEL del distrito de Celendín.

Tabla 5

Caudal de ingreso (m³/mensual) Reservorio el Cumbe

Ingreso Proveniente del Reservorio el Cumbe	Caudal Promedio del mes (L/S)	Volumen por mes (L)	Volumen por mes (M3)
Diciembre	23.8	58945983.0	58946.0
Enero	24.2	58104754.0	58104.8
Febrero	25.6	57976024.0	57976.0
Marzo	25.79	58409488.0	58409.5
Abril	24.9	58612805.6	58612.8
Mayo	26-76	59598505.9	59598.5
TOTAL	124.29	351647560	351647.6

Fuente: SEMACEL

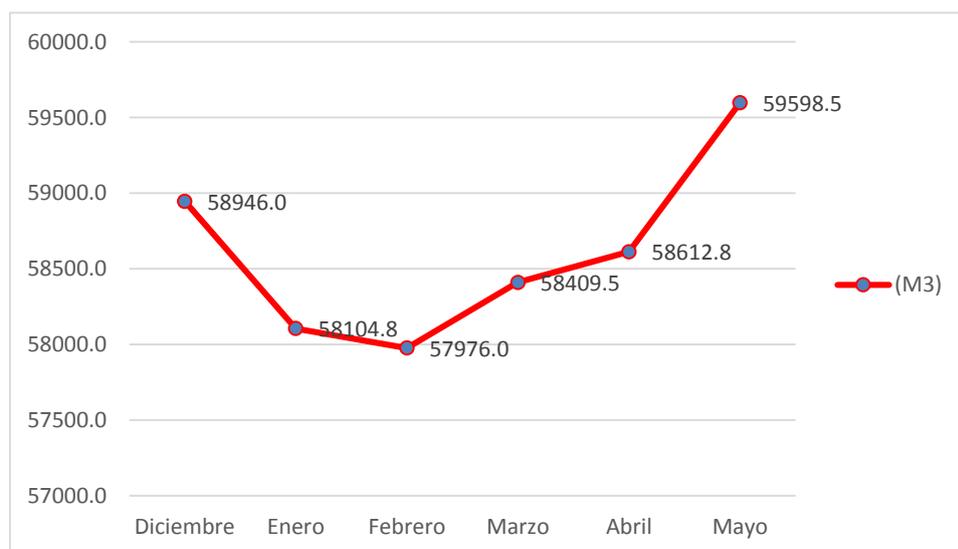


Figura 6 Evolución del ingreso de agua al reservorio el Cumbe de diciembre del 2020 a mayo del 2021

Según los datos obtenidos en la tabla 5 y figura 6 se puede evidenciar que el volumen de agua disminuyó en 970 m³ entre los meses de diciembre del 2020 hasta el febrero del 2021, así mismo, desde ese mismo mes se aprecia un aumento del volumen en 1622.5 m³ desde el mismo mes hasta el mes de mayo del 2021.

3.2 Resultados del balance hídrico

3.2.1 Continuidad y Presión de servicio

El barrio Sevilla cuenta con 14 puntos de control en las cuales se tomaron los datos de la continuidad del agua la presión de esta. Dicho barrio se abastece del reservorio del Cumbe. La continuidad de agua promedio es de 8.1 horas al día y el promedio de presión en m.c.a es de 21.9. Los datos se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6

Continuidad y Presión de Servicio

Puntos de Control	Continuidad Horas/día	Presión m.c.a
Punto de Control 1	10	20
Punto de Control 2	8	18
Punto de Control 3	6	25
Punto de Control 4	10	20
Punto de Control 5	8	27
Punto de Control 6	10	19
Punto de Control 7	7	25
Punto de Control 8	8	26
Punto de Control 9	7	24
Punto de Control 10	6	25
Punto de Control 11	10	19
Punto de Control 12	6	25
Punto de Control 13	8	17
Punto de Control 14	10	19

Fuente: SEMACEL – 2020

3.2.2 Consumo Autorizado (Q_A)

En este punto se estima el volumen de agua consumido por los usuarios del servicio de agua. La estimación de consumo autorizado se realiza en base al consumo facturado y no facturado los cuales se muestran a continuación:

3.2.2.1 Determinación / estimación del consumo autorizado facturado Q_{AF}

Los datos obtenidos del consumo autorizado facturado mensual, se consiguió de la base de datos de la SEMACEL, dichos datos corresponden al mes de enero hasta el mes de mayo del 2021.

Tabla 7

Volúmenes facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en los 14 puntos de control

	Con Medidor				Por Promedio (m3)	Sin medidor (por volumen asignado) (m3)	Volumen Total (m3)
	Lecturas de medidores			Total (m3)			
Mensual (m3)	Trimestral (m3)	Mayor o Igual a 5 meses (m3)	Total (m3)				
3,030	9090	15150	27,270	5454.0	1,032	6486.0	
3,302	9906	16510	29,718	5943.6	1,123	7066.6	
3,201	9603	16005	28,809	5761.8	1,132	6893.8	
3,243	9729	16215	29,187	5837.4	1,129	6966.4	
3,220	9660	16100	28,980	5796.0	1,287	7083.0	
15,996	47,988	79,980	143,964	28,793	5,703	34,496	

Fuente: SEMACEL

Tabla 8

Número de usuarios facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en los 14 puntos de control

MESES 2021	Con Medidor				Por Promedio	Sin medidor (por volumen asignado) (m3)	Usuarios Activos	Conexiones Totales
	Lecturas de medidores			Total				
	Mensual	Trimestral	Mayor o Igual a 5meses	Total				
Enero	76	228	380	684	136.8	5,304	96.0	96.0
Febrero	72	216	360	648	129.6	5,298	95.0	95.0
Marzo	74	222	370	666	133.2	5,294	94.0	94.0
Abril	74	222	370	666	133.2	5,297	95.0	95.0
Mayo	73	219	365	657	131.4	5,296	96.0	96.0
Total	369	1,107	1,845	3,321	664	26,489	476	476.0

Fuente: SEMACEL

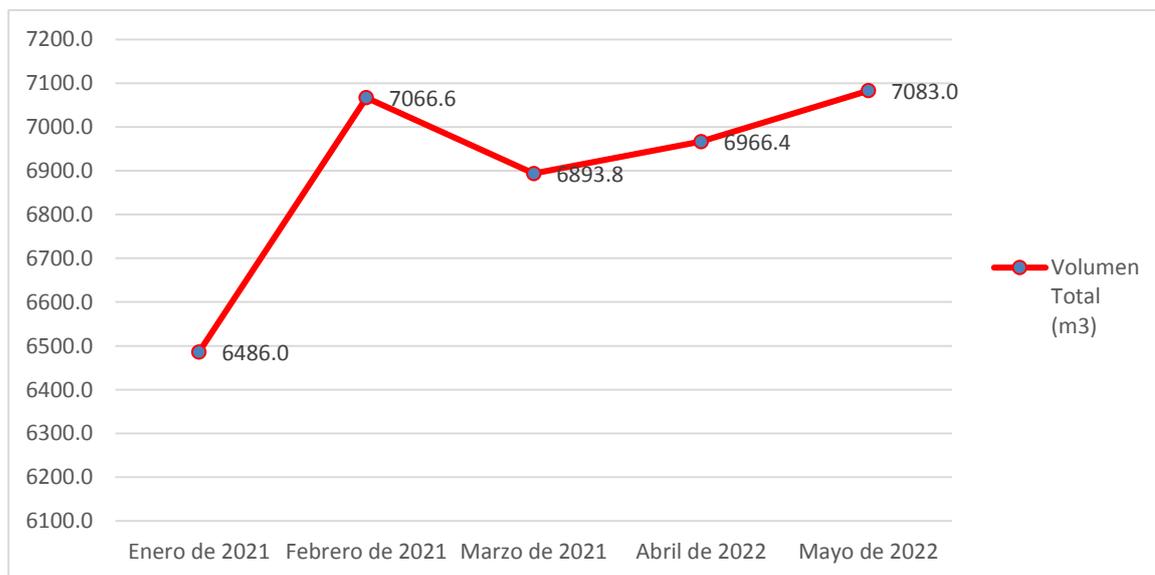


Figura 7 Volúmenes facturados en el periodo de enero 2021 hasta mayo 2021 en el barrio Sevilla.

Los datos obtenidos en la tabla 7 y figura 7, se puede apreciar que volumen facturado ha tenido un incremento de 580.6 m³ entre los meses de enero y febrero; mientras que al mes de marzo hubo una disminución del volumen en

172.8 m³, para luego incrementar el volumen en 189 m³ hasta el mes de mayo del 2021.

a) Consumo Facturado Medido

Está comprendido por la lectura de los medidores de los usuarios de tipos: doméstico, estatal, comercial, industrial y otros.

Los datos se fueron obtenidos por los trabajadores de la empresa SEMACEL de forma manual. La estimación del volumen de agua se realizó por diferencia de lectura.

Tabla 9

Consumo facturado en el periodo de enero 2021 a mayo del 2021

MESES 2021	Con Medidor			Total (m3)
	Mensual (m3)	Trimestral (m3)	Mayor o Igual a 5meses (m3)	
Enero	3,030	9,090	15,150	27,270
Febrero	3,302	9,906	16,510	29,718
Marzo	3,201	9,603	16,005	28,809
Abril	3,243	9,729	16,215	29,187
May	3,220	9,660	16,100	28,980
Total	15,996	47,988	79,980	143,964

Fuente: SEMACEL

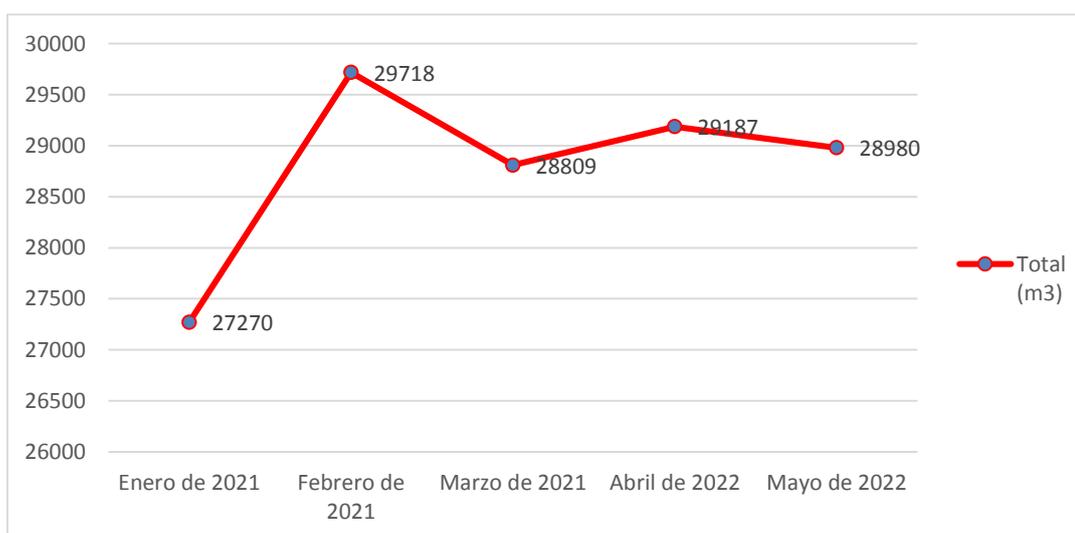


Figura 8 Consumo facturado medido en el barrio Sevilla

Los datos obtenidos en la tabla 9 y figura 8 se puede evidenciar un incremento del volumen de 2448 m³ entre los meses de enero y febrero, para luego disminuir el volumen en 909 m³ en el mes de marzo, luego se evidencia un breve incremento de 378 m³ al mes de abril y luego empieza a disminuir en 207 m³ al mes de mayo del 2021.

b) Consumo facturado no medido

Está comprendido por las conexiones con medidor pero que no se tomó lectura, debido a que se le factura al promedio de consumo semestral hasta cambiar su medidor.

Para el cálculo del volumen de agua se suma el consumo total mensual y se obtiene el balance hídrico.

Tabla 10

Consumo facturado no medido en el periodo de enero 2021 a mayo del 2021

MESES 2021	Por Promedio (m3)	Sin medidor (por volumen asignado) (m3)	Total, consumo facturado no medido (m3)
Enero de 2021	5454.0	1,032	6486
Febrero de 2021	5943.6	1,123	7066.6
Marzo de 2021	5761.8	1,132	6893.8
Abril de 2022	5837.4	1,129	6966.4
Mayo de 2022	5796.0	1,287	7083
Total	28792.8	5703	34495.8

Fuente: SEMACEL



Figura 9 Consumo facturado no medido

Según la tabla 10 y figura 9 se puede evidenciar la evolución del consumo facturado no medido, se aprecia un aumento de 580.6 m^3 entre el mes de enero y febrero, luego se evidencia una disminución del volumen en 172.8 m^3 en el mes de marzo, finalmente se aprecia un aumento del volumen en 189.2 m^3 hasta el mes de mayo del 2021.

c) Consumo Facturado por Asignación

En este caso la SEMACEL le asigna un consumo mensual debido a que no cuenta con medidor.

Para el cálculo se suma el consumo mensual establecido para conseguir el sumo en el periodo del balance hídrico.

❖ Resumen

Consumo Autorizado Facturado (Q_{AF})	178459.8
Consumo Facturado Medido	143964
Consumo Facturado no Medido	34495.8

3.2.3 Determinación / estimación del consumo autorizado no facturado Q_{ANF}

A) Estimación del consumo no facturado medido

Está comprendida por las instituciones cuyo pago esta exonerado, en el barrio Sevilla no se identificó ninguna institución que este exonerada. Por lo tanto, el consumo no facturo medido es de 0 m^3 .

B) Estimación no facturada no medido

Está comprendida por el consumo autorizado de agua que es utilizada por los bomberos o la municipalidad para regar los parques y jardines del distrito de Celendín.

Según la tesis doctoral “Aplicación del método de jerarquías analíticas (AHP) a la gestión de pérdidas de agua en redes de abastecimiento” se evidencio que en la mayoría de distritos en la Sierra se utiliza un promedio de 160.2 m^3 , para ser usados por los bomberos y en el riego de parques y jardines. Por tal sentido, para este estudio se utiliza dicho promedio.

Tabla 11

Volumen utilizado en servicio contra incendios y parques y jardines

MESES 2021	VOLUMEN (m3)
Enero	168.2
Febrero	168.2
Marzo	168.2
Abril	168.2
Mayo	168.2
Total	841.0

Fuente: Municipalidad de Celendín

Tabla 12

*Volumen de lavado de reservorio en el periodo de enero 2021 a mayo del
2021*

Del Consumo de Agua					
Reservorio (m3)	Limpieza (m3)	Sedimentación (m3)	Desinfección (m3)	Enjuague (m3)	Volumen de lavado (m3)
El cumbe	6	30	0,9	4	40.00

C) Limpieza y Mantenimiento de Reservorios

El reservorio el Cumbe es limpiado cada 3 meses de acuerdo a la programación que tiene la Municipalidad distrital de Celendín.

Para la estimación del volumen de agua utilizada para la limpieza y mantenimiento es igual al número de lavados ejecutados en el período contemplado.

Del Lavado					
Reservorio	Fecha	Hora	Duración	Frecuencia	
El cumbe	15/03/2021	08:00 05:00	8 horas	3 meses	

❖ Resumen

Consumo no Facturado no Medido	881.0
Volumen usado en el servicio parques y jardines	841.0
Limpieza y mantenimiento de reservorios	40.00

3.2.4 Cálculo del consumo autorizado $Q_A = Q_{AF} + Q_{ANF}$

La estimación del consumo de agua autorizada es la suma del consumo autorizado facturado (Q_{AF}) y el consumo autorizado no facturado (Q_{ANF}).

$$Q_A = Q_{AF} + Q_{ANF}$$

$$Q_A = 178459.8 \text{ m}^3 + 881.0 \text{ m}^3$$

$$Q_A = 179\ 340.8 \text{ m}^3$$

3.2.5 Estimación de las pérdidas Q_P

La estimación de las pérdidas del volumen de agua es la diferencia entre el volumen de agua que ingresa al reservorio el Cumbe (Q_I), y el consumo autorizado (Q_A). Por lo tanto, se puede expresar de la siguiente forma:

$$Q_P = Q_I - Q_A$$

$$Q_P = 351647.6 \text{ m}^3 - 179340.8 \text{ m}^3$$

$$Q_P = 172\,306.76 \text{ m}^3$$

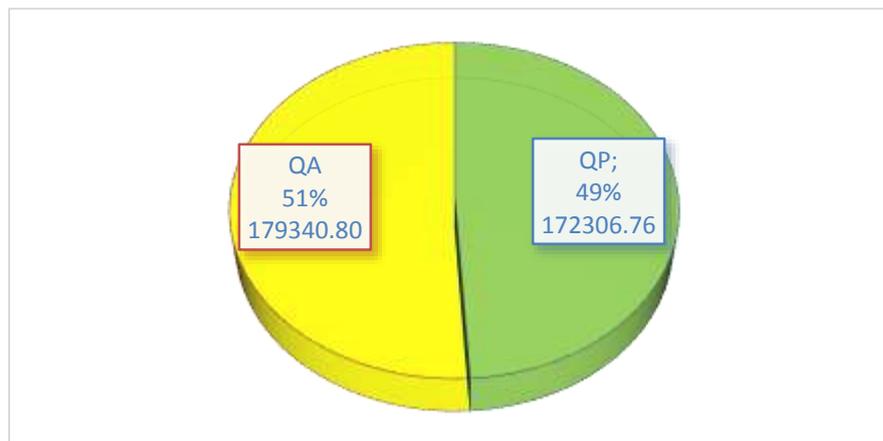


Figura 10 Volumen del consumo autorizado vs la estimación de las pérdidas

Como se puede apreciar en la figura 10 se puede evidenciar que el consumo autorizado es del 51%, mientras que las pérdidas de agua representan el 49%.

3.2.6 Cálculo Aparentes (Q_{PA})

Es aquel volumen de agua que sale del reservorio y llega hasta el usuario final, pero por alguna razón no se midió de manera correcta.

Para la siguiente investigación se consideró como perdidas aparentes el consumo no autorizado y los errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos.

A. Consumo no autorizado

Para la estimación del consumo no autorizado se tomó en cuenta las conexiones clandestinas, las cuales se pudieron identificar en el trabajo de campo que se realizó en la cual se visitó 57 viviendas en los 14 puntos de control del barrio Sevilla.

Tabla 13

Estimación de porcentaje de conexiones clandestinas e indebidas

Estado / Situación	Estudio		%
	Conex. Halladas	Muestra	
Conexiones indebidas	8	57	14.03%

Tabla 14

Estimación de consumo no autorizado

Variable	Cálculo
% Clandestinos	5%
% Reconexiones indebidas	14.03%
Nº Conexiones totales	870
Nº Conexiones inactivas	132
Consumo Promedio Mensual (con medidor) m3/mes	16.68 m3
*Conexiones Clandestinas	42606 m3
**Conexiones Indebidas	4208 m3
Pérdida por consumo no autorizado	46814 m3

*Clandestinos: (% clandestinos) x (Nº conexiones totales) x (consumo promedio mensual) x (Nº de meses estudio)

**Conexiones indebidas = (% reconexiones indebidas) x (Nº conexiones inactivas) x (consumo promedio mensual) x (Nº de meses de estudio).

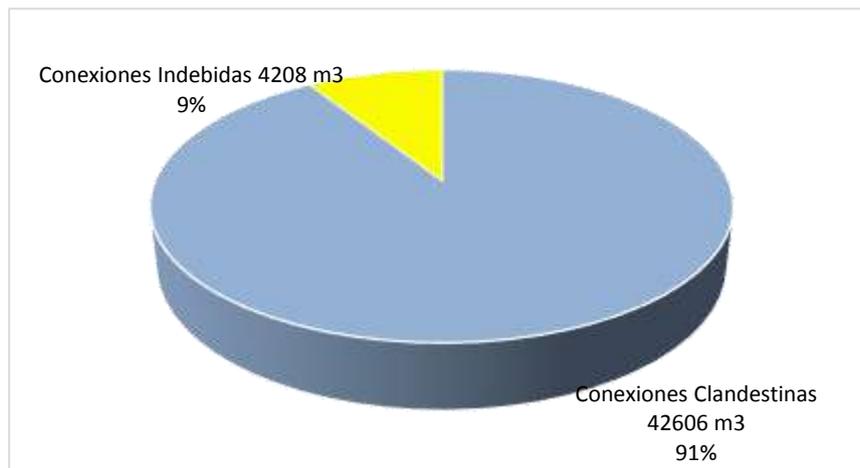


Figura 11 Volumen del consumo no autorizado en los periodos de enero hasta mayo del 2021.

Los resultados obtenidos en la figura se pueden observar que las conexiones clandestinas tienen un volumen de 42606 m³ y las conexiones indebidas tienen un volumen de 4208 m³, los cuales conforman el consumo no autorizado.

B. Errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos

Tabla 15

Cálculo de las pérdidas aparentes por subregistro

MESES 2020	Volumen leído m3	Variable		% Error ponderado	Cálculo	
		Volumen leído total	Conex. Leídas (und)		Sub registro parcial m3	Volumen Sub registro m3
Julio	504678		1463	5%	73.15	
Agosto	498679		1634	5%	81.7	
Septiembre	490923	3202758	1874	10%	187.4	1089.05
Octubre	509402		1645	10%	164.5	
Noviembre	598212		1893	15%	283.95	
Diciembre	600864		1989	15%	298.35	

Fuente: SEMACEL

Tabla 16

Cálculo de errores en medición cero

Estado/Situación	Estudio		% *	Cantidad de conexiones **	Núm. de meses	Cantidad por muestra	Consumo m3 ***
	Conex. Halladas	Muestra					
Registran consumo previo	43	60	72%	208	5	745.33	12432.16
No registran Consumo previo	57	60	95%	199	5	945.25	15766.77
Consumo de conexiones que marcan Cero							28198.93

*% = (conexiones halladas/muestra) x 100

**Cantidad por muestra = (%) x (cantidad de conexiones) x (Núm. de meses)

*** consumo= (cantidad por muestra) x (consumo promedio de medidores existentes)

Consumo promedio = 16.68 m3

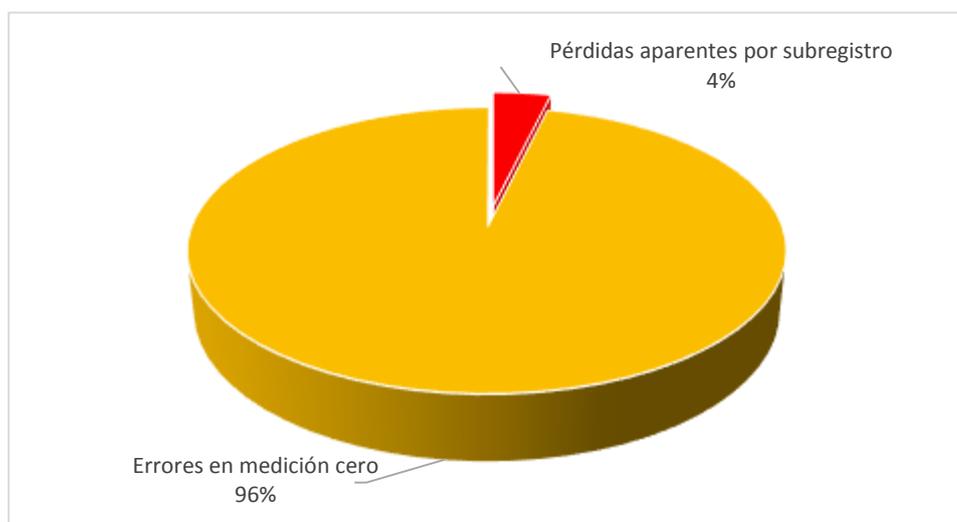


Figura 12 Inexactitud de la micro medición y errores en medición cero

Según los resultados obtenidos en la figura 12 se puede observar que las inexactitudes de la micro medición de una muestra de 60 conexiones, está compuesta en por dos grupos; el primero son las pérdidas aparentes por subregistro representan en 4% del total y el segundo compuesta los errores en medición que representa el 96% del total.

Por lo tanto, el consumo aparente estará dado por la siguiente formula:

$Q_{PA} = \text{Consumo no autorizado} + \text{Errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos}$

$$Q_{PA} = 46814 \text{ m}^3 + 29287.98 \text{ m}^3$$

$$Q_{PA} = 76101.98 \text{ m}^3$$

3.2.7 Cálculo de las pérdidas reales (Q_{PR})

Las pérdidas reales son todas aquellas que se generan en la red distribución hacia los usuarios. Estas pérdidas se visualizan en las rupturas de agua, rebose de depósitos y averías en la red de distribución.

Para la siguiente investigación la estimación de las pérdidas reales se consideró: las fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente (las fugas por desconexión, empaquetaduras dañadas y fallas de las válvulas), y fugas en tuberías de distribución o líneas principales.

Tabla 17

Fugas en conexiones y tuberías en la distribución

Tipo de Fuga	Variable			Cálculo			Consumo m ³
	Núm. Fugas	Muestra	% Error ponderado	Cantidad de Conexiones vistas	Núm. De meses	Cantidad por muestra	
Desconexión	44		73%	79.00	5	289.67	23115.4
Empaquetaduras dañadas	48	60	80%	84.00	5	336.00	26812.8
Falla de Válvulas	54		90%	66.00	5	297.00	23700.6
Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente							73628.8

Fuente: Datos de campo realizado por el investigador.

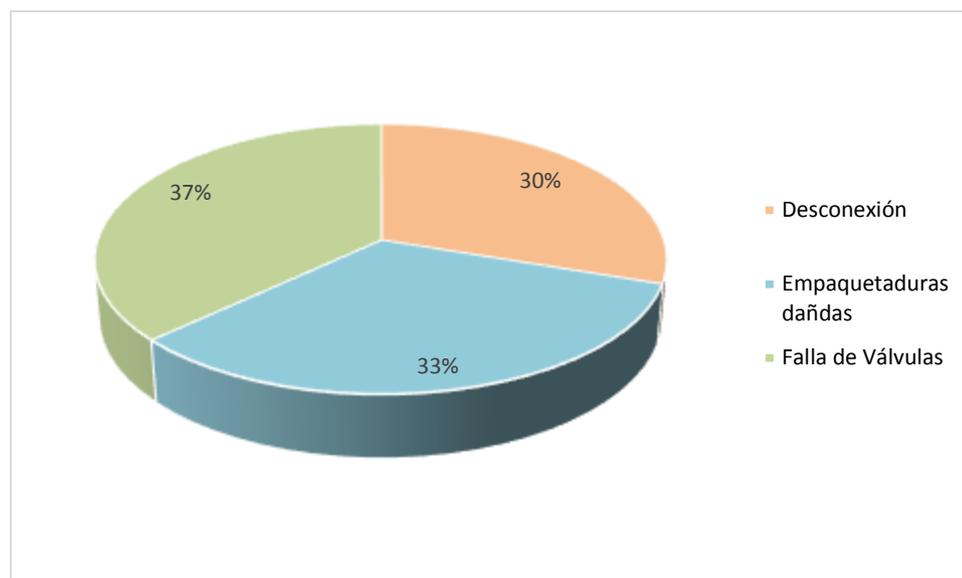


Figura 13 Fugas en conexiones y tuberías en la red de distribución

En la figura 13 se puede observar que el 30% de las fugas se debe a las desconexiones, el 33% representa las fugas por las empaquetaduras dañadas y el 37% se debe a las fallas de las válvulas.

Tabla 18

Fugas en tuberías de distribución o líneas principales

Tipo de Fuga	Variable			Cálculo			Consumo m ³
	Núm. Fugas	Muestra	% Error ponderado	Cantidad de Conexiones	Núm. De meses	Cantidad por muestra	
Fugas en tuberías	58	60	97%	58.00	5	280.33	22575.98
Fugas en tuberías de distribución o líneas principales							22575.98

En conclusión, las pérdidas reales están conformadas por:

$Q_{PR} = (\text{fugas en conexiones del servicio y las fugas en tuberías})$

$$Q_{PR} = 96204.78 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la estimación de la pérdida de agua (Q_P) es igual a las pérdidas aparentes

(Q_{PA}) más las pérdidas reales (Q_{PR}).

$$Q_P = Q_{PA} + Q_{PR}$$

$$Q_P = 76101.98 \text{ m}^3 + 96204.78 \text{ m}^3$$

$$Q_P = 172306.76 \text{ m}^3$$

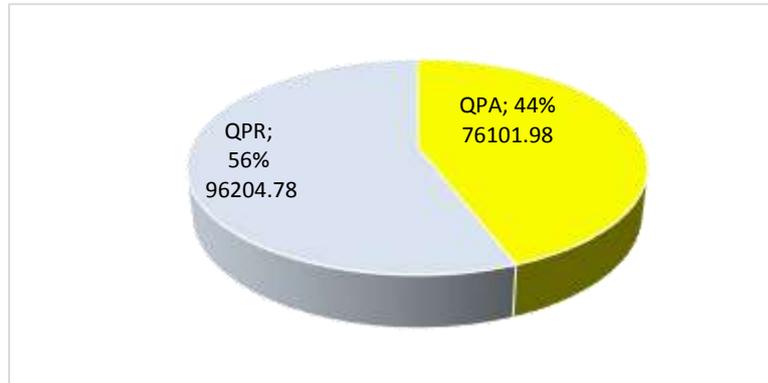


Figura 14 Volumen de pérdida de agua aparente Vs volumen de pérdida de agua real

Según la figura 14 se puede observar que el volumen de pérdidas aparentes es de 76101.98 m³ que representan el 44% de la pérdida de agua, y el volumen de pérdida de agua real es de 96204.78 m³ en cual representa el 56% de las pérdidas de agua en el barrio Sevilla.

3.2.8 Agua no Facturada (ANF)

Está compuesta por el agua producida pero nunca llega a los usuarios, pues se desperdicia a lo largo de la red de distribución. Por consiguiente, el agua no facturada está compuesta por la diferencia entre el volumen de ingreso y el consumo autorizado facturado.

$$ANF = Q_I - Q_{AF}$$

$$ANF = 351647.6 \text{ m}^3 - 178459.8 \text{ m}^3$$

$$ANF = 173187.8 \text{ m}^3$$

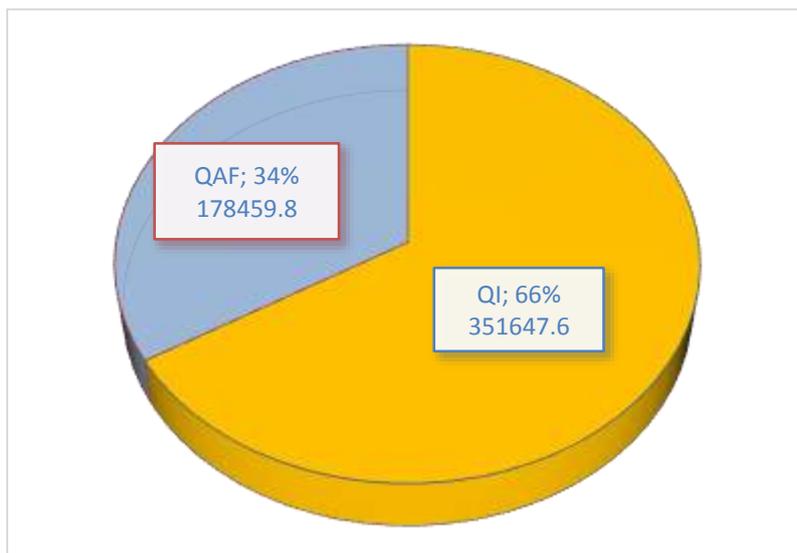


Figura 15 Volumen de agua no facturada

Tabla 19

Resumen del Balance Hídrico del barrio Sevilla

Volumen de entrada al sistema (QI) 351647.6 m ³	Consumo autorizado (Q _A) 179 340.8 m ³ 51%	Consumo autorizado facturada (Q _{AF}) 178459.8 m ³ 99.51%	Consumo facturado medido 143964 m ³ 80.67%	Agua Facturada (contabilizada) 178459.8 m ³ 50.75%
			Consumo facturado no medido 34495.8 m ³ 19.33%	
		Consumo autorizado no facturado (Q _{ANF}) 881.0 m ³ 0.49%	Consumo no facturado medido 0.0 m ³ 0%	
			Consumo no facturado no medido 881.0 m ³ 100%	
	Pérdidas de agua (Q _P) 172306.76 m ³ 49%	Pérdidas aparentes (no físicas) (Q _{PA}) 76101.98 m ³ 44.17%	Consumo no autorizado 46814 m ³ 61.51%	Agua No Facturada (no contabilizada) 173187.8 m ³ 49.25%
			Errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos 29287.98 m ³ 38.49%	
	Pérdidas reales (Físicas) (Q _{PR}) 96204.78 m ³ 76.53%	Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente 73628.8 m ³ 76.53%		

	55.83%	Fugas en tuberías de distribución o líneas principales
		22575.98 m ³
		23.47%

Por consiguiente, el resumen hídrico para el barrio Sevilla en el distrito de Celendín nos evidencia una pérdida de agua de 173187.8 m³ (agua no facturada), en el periodo de estudio de 5 meses que comprende del mes de enero hasta mayo del 2021.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo identificar los porcentajes de pérdidas de agua potable en la red de tuberías a través del método de sectorización en el distrito de Celendín. Los resultados en relación al método de sectorización nos permitieron delimitar las zonas de red con la finalidad de obtener sectores homogéneos con menor longitud y autónomos del resto de la red distribución, así mismo, nos permitió recopilar información estado físico y operacional de la red de distribución en estudio. Así mismo, lo expresa (Conagua, 2006) la sectorización permite formar zonas homogéneas y aisladas dentro de una red de distribución con el propósito de facilitar la operación en la toma de datos. De esta manera, es más sencillo el control de los caudales en cada punto de control. Por otro, lado en este punto se encontraron deficiencias en la recolección de datos de la SEMACEL ya que ellos no tienen un control sobre los flujos de entrada y salida de agua brindándonos datos no muy confiables.

Los resultados en forma global a través del método del Balance Hídrico planteado por la Asociación internacional del Agua (IWA), nos mostró un volumen de 173187.8 m³ de agua no facturada que representa el 49.25% del agua que ingresa al reservorio el Cumbe, este estudio se efectuó entre el mes de enero hasta el mes de mayo del 2021, en el barrio Sevilla en el distrito de Celendín. Los resultados están acordes con la investigación de (Porrás, 2014) en el cual el balance hídrico permitió cuantificar la pérdida en las redes de distribución del sector San Carlos en 346,768 m³ de agua no facturada en el primer año de estudio evidenciando pérdidas económicas para empresa de servicio de agua. En este punto, la dificultad

yace en la adaptación de la metodología del balance hídrico a la realidad de la zona de estudio.

En relación a los índices de pérdidas los resultados encontrados en la investigación son:

El consumo autorizado facturado, representa un 99.51% sobre el volumen de ingreso al reservorio el Cumbe (ver tabla 19), este indicador nos muestra la ganancia percibida por la SEMACEL del distrito de Celendín, mientras que el 0.49% representan el agua que no es tratada, es decir es el consumo autorizado no facturado por la cual la empresa no percibe ningún tipo de remuneración económica, está perdida se debe a la detección de instalaciones deficientes (medidores y tubos) en el reservorio. Los resultados son similares al trabajo de (Guarnizo & Sánchez, 2019) en el cual el agua autorizada facturada, representa el 95% y el otro 5% es consumo no autorizado que se presenta pérdidas para la empresa de servicio. Este problema se debe mayor mente a las deficiencias en los medidores y tuberías antiguas. Finalmente se encontró la limitación por parte de la SEMACEL ya que nos pudo brindar datos sobre el ingreso y los costos para realizar un balance de costos – beneficio que nos permita determinar la situación real de la empresa.

Así mismo, el consumo autorizado no facturado representa el 0.49% sobre el volumen de ingreso a la red (ver tabla 11 y 12), está compuesto por el consumo no facturado medido que tiene un índice de pérdidas de 0%, ya que está representada por el consumo de agua de entidades que están exoneradas del pago (instituciones públicas) donde no se encontró ninguna institución en el barrio Sevilla. Otro de elemento que lo compone es el consumo no facturado no medido, dentro de las

cuales podemos encontrar el agua utilizada por los bomberos, para el riego de parques, jardines y la limpieza de reservorios el cual representa el 100% del agua no autorizada no facturada. Por lo cual, este volumen de agua está considera en el estudio como agua que se pierde y no genere ningún beneficio para la SEMACEL. Los resultados concuerdan con el estudio de (Max & Vigo, 2019) en el cual se demuestro que el consumo autorizado no facturado está compuesto en un 100% por instituciones estatales que están exoneradas del pago en el sector de Buenos Aires – Trujillo. La limitación en este punto fue la escasa información por parte de la SEMACEL en cuanto al volumen que consumen estas instituciones.

Para el consumo no autorizado se halló un índice de 61.51% sobre el volumen de ingreso al reservorio el Cumbe, la cual está compuesta por las conexiones clandestinas y las conexiones indebidas, las cuales fueron detectadas en el trabajo de campo y analizadas a través de la estadística para su eventual representación. En relación a la búsqueda de la información se apoyó en datos brindados por la SEMACEL en la cual se recogió información de las quejas por vecinos y algunas empresas denunciando conexiones clandestinas en el periodo de estudio de enero a mayo del 2021. Sin embargo, el cálculo es medio engorroso por tal motivo se consultó el manual de IWA, la cual expresa “que la primera evaluación para países en desarrollo, en lo que respecta a conexiones clandestinas es igual al 5% del total de conexiones”. Según la (SUNASS, 2017) el gran problema de nuestro país son las conexiones clandestinas que representan un 35,3% y las deficiencias en la infraestructura de la red de distribución.

Por otra parte, en relaciona a los errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos se halló un índice de 38.49% sobre el volumen de ingreso al reservorio el Cumbe, la cual está conformada por las pérdidas aparentes por sub

registros y las pérdidas en conexiones con consumo cero, siendo esta última la que tiene más impacto pues representa el 96% del total de errores de los medidores y la deficiencia del manejo de datos. (Ver figura 12). De la misma manera, al momento de realizar el estudio de campo se encontró casas habitadas en las cuales los medidores tienen un valor facturado Cero, no teniendo idea el porqué de esa facturación con valor cero, así que se supone un error en la toma de datos. Estos resultados concuerdan con el estudio de (Porras, 2014) en el cual se pudo comprobar que las imprecisiones en la toma de datos y manejo superan el 97% por parte de la EPS Selva Central S.A, debido a la falta de equipos y capacitación al personal que labora en dicha institución.

Para concluir, se determinó el índice de pérdida reales (físicas) arrojando un índice de 55.83% sobre el volumen de ingreso al reservorio el Cumbe (ver tabla 19), las cuales están compuestas por las fugas en conexiones de red la cual representan el 76.53% de las pérdidas reales y las fugas en tuberías o distribución o líneas principales el 23.47% de las pérdidas reales

4.2 Conclusiones

- Con el método de sectorización se puede identificar los 25 barrios que conforman el distrito de Celendín, así mismo, nos permitió realizar la zonificación en base a los siguientes factores: números de usuarios, continuidad del servicio, presión del servicio, accesibilidad a la toma de datos de los medidores de las viviendas entre otras. En tal sentido, se escogió el barrio Sevilla, el cual está constituido por 14 zonas o punto de control en la cual se hizo la delimitación a través de los planos de distribución de red, la identificación de los medidores y condiciones de servicios (ver figura 3).
- El balance hídrico del barrio Sevilla en el distrito de Celendín evidencia una pérdida de agua de 173187.8 m³ (agua no facturada), el cual representa el 49.25% del agua que ingresa al reservorio el cumbe (ver tabla 19), en el periodo de estudio de 5 meses que comprende del mes de enero hasta mayo del 2021. Mientras que el agua facturada (contabilizada) representa el 50.75% del agua que ingresa el reservorio (ver tabla 19). Por lo tanto, se puede evidenciar hay una diferencia de entre el agua facturada y el agua no facturada de 5272 m³, evidenciando que no hay un control por parte de la SEMACEL reflejándose en pérdidas económicas para la institución.
- En relación, al cálculo del consumo autorizado (Q_A) se calculó sumando el consumo autorizado facturado (Q_{AF}) 178459.8 m³ y el consumo autorizado no facturado (Q_{ANF}) 881.0 m³, el cual dio como resultado 179340.8 m³ (ver punto 3.2.4). Es decir, es el volumen de agua utilizada por los clientes, por el suministro y por otros usuarios autorizados, que son a su vez el volumen registrado y no registrado.

- En correspondencia, a la estimación de pérdidas del volumen de agua (Q_p) el cálculo se realizó restando el volumen de agua que ingresa al reservorio el cumbe (Q_I) 351647.6 m^3 y el consumo autorizado (Q_A) 179340.8 m^3 , dando como resultado un volumen de pérdidas de 172306.76 m^3 (ver punto 3.2.5). Por lo tanto, se puede evidenciar que la estimación de pérdidas del volumen de agua representa el 49% del agua que ingresa al reservorio el Cumbe (ver figura 10).
- Por otro lado, el agua no facturada (ANF) es de 173187.8 m^3 , el cual es la diferencia entre el volumen de agua que ingresa al reservorio el cumbe 3516467.6 m^3 y el consumo autorizado facturado 178459.8 m^3 . Es decir, representa el agua producida pero que nunca llegó al consumidor, pues se pierde a lo largo de la red de distribución.

REFERENCIAS

- Barquisimeto. (2015). *El Cuestionario como instrumento de Evaluación*.
<https://es.slideshare.net/genesischtg/el-cuestionario-como-instrumento-de-evaluacion-45447897>
- Begazo Salas, R. P., Alvarado Sánchez, N. M., & Cauna Aguilar, H. A. (2019). *Análisis del Índice de Pérdidas para Mejorar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Sector VI de la Ciudad de Tacna – Tacna* [Universidad Privada de Tacna]. <http://localhost:8080/xmlui/handle/UPT/821>
- Bertrand, J. (2015). *Los Principios de la IWA para las ciudades «Water—Wise»*. segunda edición.
https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:sR8rtNkmDkgJ:https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/06/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_screen_SP.pdf+&cd=2&hl=qu&ct=clnk&gl=pe
- Caldes, G. (2017, febrero 8). Las pérdidas de agua, un tema pendiente. Se resuelve con gestión y uso de tecnologías. *Agua*. <https://www.iagua.es/blogs/gabriel-caldes/disminucion-perdidas-agua-no-es-problema-tecnico-es-gestion-y-gobernanza>
- Cieza Pérez, A. (2018). *Sistema de control de pérdidas de agua potable, para mejorar el servicio de la E. P. S. «Marañón», de la ciudad de Jaén* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21580>
- Fragoso Sandoval, L., Ruiz, J. R., & Toxky López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 29-43.

- Guarnizo Paz, M. A., & Sánchez Ponce, A. T. (2019). *Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento la libertad* [Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5897>
- Hernández Sampieri. (2010). *Metodología De La Investigación*. http://jbposgrado.org/material_seminarios/HSAMPIERI/Metodologia%20Sampieri%205a%20edicion.pdf
- Molina Arce, X., & Aguilar Pesantes, A. (2008). *Metodología de reducción de pérdidas técnicas en el sistema de distribución de AA.PP. del suburbio oeste de la ciudad de Guayaquil*. 9.
- Oblitas de Ruiz, L. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: Beneficios potenciales y determinantes de éxito*. 73.
- Porras Gómez, O. H. (2014). *Reducción de pérdidas de caudal en red de tuberías para mejorar distribución de agua potable—Sector San Carlos—La Merced*. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/290/TEMEC_09.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quito Ávila, M. del R. (2005). *Diseño y construcción de un Data Logger Universal con comunicación RS-232 y USB hacia una PC*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11451/1/T2389.pdf>
- Ramírez Cardona, D. (2018). *IANC Análisis de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento*. <http://www.dinamica-de-sistemas.com/revista/1214g.htm>
- Revista del Comité Sectorial de Agua y Saneamiento*. (2005). <http://documents1.worldbank.org/curated/en/199021468265800656/pdf/330700Revista1agua19.pdf>

Anexos

Anexo 1: Vista Satelital de las casas del Barrio Sevilla



Anexo 2: datos de los puntos de Control

Datos Punto de control: Jr. 30 de setiembre:

Nº	CODSEC	SECTOR	CODIGO	NOMBRE	NUM_DI	CUADRA	NUM	ESTADO	CODCAT	MEDIDOR
25	9	30 DE SETIEMBRE	29330	ABANTO CORREA, MARIA INES	27056801	1	C/1	1	64	7113643
26	9	30 DE SETIEMBRE	29360	PASTOR RODRIGUEZ JOSUE DAVID	0	1	C/1	1	64	09019555
27	9	30 DE SETIEMBRE	29380	CACHAY DIAZ JAIME	0	1	C/1.	1	64	09019603
28	9	30 DE SETIEMBRE	29383	VELA ESCOBEDO, JUANA LILI	70092380	1		1	64	FA18009523
29	9	30 DE SETIEMBRE	29384	MUÑOZ CHAVEZ AMPARITO DEL CARMEN	0	1	S/N	1	64	
30	9	30 DE SETIEMBRE	29390	DIAZ SALAZAR DILBERTO	0	1	C/1.	3	64	
31	9	30 DE SETIEMBRE	29400	AGUILAR BUSTAMANTE JOSE NARCISO	0	1	C/1.	1	64	24275954
32	9	30 DE SETIEMBRE	29410	CHAVEZ DIAZ JUANA	0	1	C/1.	3	64	
33	9	30 DE SETIEMBRE	29420	SANCHEZ SILVA JANEHT DEL CARMEN	0	1	C/1.	1	64	08600703
34	9	30 DE SETIEMBRE	29425	PAREDES BUSTAMANTE EMILIANO	0	2	S/N	1	64	0871338
35	9	30 DE SETIEMBRE	29430	GUEVARA VASQUEZ, BELARMINO	0	1	194	1	64	174082
36	9	30 DE SETIEMBRE	29440	ZAMORA ROJAS PEDRO	0	1	C/1.	1	64	
37	9	30 DE SETIEMBRE	29460	CHAVEZ MUÑOZ, SANTOS	0	1	200	1	64	174109
1	9	30 DE SETIEMBRE	29470	ALVAREZ POLO JESUS	0	1	C/1.	1	64	8253595
2	9	30 DE SETIEMBRE	29475	MARIN CHAVEZ AUREA	0	1	C/1.	3	64	

3	9	30 DE SETIEMBRE	29480	IZIQUE SILVA ROSA AYDE	0	1	C/1.	1	64	087011405
4	9	30 DE SETIEMBRE	29490	ALVAREZ POLO, EUGENIO	00000000	1	218	1	64	174134
5	9	30 DE SETIEMBRE	29495	MONZON ALVAREZ EDUAR	0	2	S/N	1	64	116219189
6	9	30 DE SETIEMBRE	29500	GUEVARA TERRONES ALBINA	0	1	194	3	64	
7	9	30 DE SETIEMBRE	29510	GUEVARA TERRONES CELSO	0	1	C/1.	3	64	
8	9	30 DE SETIEMBRE	29520	MARGARITA BAZAN SANCHEZ	00000000	1	224	1	64	146549
9	9	30 DE SETIEMBRE	29550	TEMPLO EL BUEN PASTOR	00000000	1	232	1	64	174141
10	9	30 DE SETIEMBRE	29580	CORTEGANA CHAVEZ, DIGNA	00000000	1	CD1	3	64	174277
11	9	30 DE SETIEMBRE	29610	PABLO TELLO ARIAS	00000000	1	C/1	1	64	149436
12	9	30 DE SETIEMBRE	29640	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	00000000	1	CDA 1	1	22	11111111
13	9	30 DE SETIEMBRE	29650	MERINO CORTEGANA JOSE FEDERICO	0	1	C/1.	3	64	

Datos Punto de control: Jr. Adolfo Aliaga

Nº	CODSEC	SECTOR	CODIGO	NOMBRE	NUM_DI	CUADRA	NUM	ESTADO	CODCAT	MEDIDOR
1		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	10265	GUEVARA DE LOPEZ BERTILA	0	1	C/1.	1	64	9515063
2		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70155	CHAVEZ MARIN SEGUNDO LUIS	027041063	1	S/N	1	64	FA17044511
3		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70160	TATIANA CHAVEZ, CORREA	44894511	1	104 B	1	64	FA 19099939
4		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70170	CHAVEZ MARIN, JOSE	0	1	105	1	64	174127
5		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70190	JOSE PEDRO ZAMORA SILVA	0	1	S/N	1	64	7088420
6		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70200	ZAMORA SAUCEDO JOSE	0	1	S/N	1	64	174640
7		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70215	GUEVARA TERRONES SEGUNDO JULIO	0	1	S/N	1	64	09019568
8		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70225	SILVA ALCANTARA DE CRUZATE, ADELINDA	41384011	1	S/N	1	64	7114117
9		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70230	IZQUIERDO OLANO, ELIAS	0	1	S/N	1	64	175085
10		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70240	GUEVARA RODRIGUEZ, EVELIA	42113773	1	117	1	64	ZENNER 7115192
11		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70260	IZQUIERDO BAZAN, MAXIMO	0	1	S/N	1	64	175204
12		ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70270	EVELIO AGUILAR MACHUCA	0	1	S/N	1	64	201184

13	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70280	MACHUCA DIAZ SEGUNDO FLORENCIO	0	1	S/N	1	64	115931852
14	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70290	LIMAY VERA IRENE	0	1	S/N	1	64	4381645
15	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70300	SILVA ABANTO, ALADINO	0	1	CDA 1	1	64	200874
16	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70305	VILLAR ARAUJO,MAYRA DEL CARMEN	44744877	1	S/N	1	64	FA 18093372
17	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70310	DIAZ BAZAN, JUANA	0	1	C/01	1	64	200927
18	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70320	SANCHEZ ATALAYA. JOSE	0	1	S/N	1	64	94172732
19	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70330	HUARIPATA DIAZ ANANIAS	0	1	C/1.	1	64	17044398
20	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70350	CARMEN SANCHEZ ALVA	0	1	S/N	1	64	157590
21	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70380	HUARIPATA DIAZ ANANIAS	0	1	S/N	1	64	174059
22	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70385	VALDIVIA PEREYRA HORMECINDA	0	1	S/N	1	64	24275943
23	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70388	ROJAS CHAVEZ AMELIA	0	1	C/1	1	64	27264407
24	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70389	CORTEZ AZAÑERO FLOR DE MARIA	0	1	C/1.	1	64	111111111
25	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70390	DIAZ ALIAGA JOSE ABEL	0	1	S/N	1	64	174930
26	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70395	ALEGRIA PEREZ JERSON RUBEN	0	1	01	1	64	8253612
27	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70400	ESCOBAR MEGO JORGE	0	1	S/N	1	64	03877254

28	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70410	JOSE A. MESTANZA MALAVER	00000000	1	200	1	64	146479
29	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70415	SILVA COJAL LENER	00000000	1	S/N	1	64	
30	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70420	RABANAL VALDIVIA WALTER EDWIN	0	1	C/1.	1	64	24293647
31	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70425	RUBIO HORNA, ERMINIA YOLANDA	43036695	1	C/1.	1	64	FA 17067387
32	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70430	MALCA SUAREZ LUCERO	00000000	4		1	64	6930556
33	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70438	BURGA COTRINA,JOSE MANUEL	27055806	1	S/N	1	64	FA 18000357
34	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70440	ELMER CORTEZ ZELADA	00000000	1	S/N	1	64	144438
35	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70441	PORTAL DURAN,GRIMALDO	27043135	3	S/N	1	64	FA18058666
36	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70443	GIL CHAVEZ JUSTINIANO MERCEDES	0	3		1	64	6671250
37	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70444	CUEVA MUÑOZ VICTOR ALADINO	00000000	1	S/N	1	64	6921294
38	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70445	ABANTO RUBIO JUANA MARIA	0	2	C/2.	1	64	111111111
39	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70446	DIAZ RODRIGUEZ NELSON PEPE	00000000	4	C/4.	1	64	6930446
40	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70447	DIAZ CRUZADO KARIN ROSMERY	0	2	C/2	1	64	6671236
41	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70448	IZQUIERDO BAZAN MAXIMO	0	4	C/4.	1	64	
42	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70449	ZELADA CHAVEZ JESUS ELIZABETH	0	4	C/4.	1	65	2013

43	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70450	GUEVARA TERRONES ALVINA	0	1	C/1.	1	64	111111111
44	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70451	RODRIGUEZ RODRIGUEZ PEDRO	00000000	4	C/4	1	64	17044395
45	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70452	SILVA BAZAN ARISTIDES	0	1	C/2	1	64	11111111
46	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70453	VALLE VALDIVIA ILMER	0	1	S/N	3	64	09019549
47	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70454	ZELADA ABANTO CLARIBEL	0	5	S/N	1	64	115931887
48	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70455	IZQUIERDO OLANO MIRIAN DEL CARMEN	0	1	C/1.	1	64	09019567
49	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70456	VELASQUEZ DIAZ, OSCAR	44667973	6	c/6.	1	64	
50	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70458	BURGA COTRINA,JAIME	41011411	1	S/N	1	64	FA 18000211
51	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70465	VELASQUEZ DIAZ JUANA	00000000	1	C/1.	1	64	111111111
52	ADOLFO ALIAGA APAESTEGUI	70467	PEREYRA LOZANO, HEINZ	27080068	7	C/7.	1	64	

Datos Punto de control: Jr. Alfredo Rocha Zegarra

N°	CODSEC	SECTOR	CODIGO	NOMBRE	NUM_DI	CUADRA	NUM	ESTADO	CODCAT	MEDIDOR
1		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	68970	CABRERA VILLANUEVA, MARIANO ALBERTO	00000000	1	S/N	1	64	08701370
2		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86030	CACHAY VELASQUEZ EVA	0	1	S/N	1	64	1111111111
3		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86040	SANCHEZ CHAVEZ PEDRO	0	1	S/N	1	64	24296643
4		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86050	CARMONA BAZAN, VICTOR ENRIQUE	27080526	1	S/N	1	64	FA18008907
5		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86060	ELENA PEREYRA COTRINA	0	1	S/N	1	64	
6		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86075	ACOSTA MARIN MARIA YNOCENTA	0	1	S/N	1	64	24296640
7		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86085	PEREYRA SILVA MARUJA E.	0	1	S/N	1	64	24293618
8		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86088	FAUSTO ABANTO ZELADA	0	1	S/N	1	64	24296654
9		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86090	SALAZAR VELASQUEZ MARTIN ERMITAÑO	0	1	S/N	1	64	24296650
10		ALFREDO ROCHA ZEGARRA	86095	CRUZ QUEVEDO FRANCISCO JAVIER	0	1	S/N	1	64	

Anexo 3: Solicitud para acceder a las instalaciones a la SEMACEL

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

SOLICITO: Autorización para acceder a las instalaciones de SEMACEL y a la información que ellos manejan para realizar trabajo de Investigación (TESIS).

SEÑOR:
Prof. JOSÉ ERMITAÑO MARÍN ROJAS.
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CELENDÍN

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CELENDÍN
18 MAY 2021
7001
16-50
[Firma]

YO, ALBERTO VIDAL TIRADO DIAZ, identificado con DNI N° 44667980 y código de matrícula N00035557, Domiciliado en el Jr. Alfredo Rocha C/1 Barrio Sevilla de la ciudad de Celendin, Bachiller en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Filial Cajamarca de la Universidad Privada del Norte, Ante Ud. Respetuosamente me presento y expongo lo siguiente:

Que siendo requisito indispensable para la realización de mi Trabajo de Investigación (TESIS) el acceso a las instalaciones de SEMACEL y a la información que ellos manejan para realizar la toma de datos y recolección de información necesaria para el desarrollo y finalización de mi TESIS: "REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE CAUDAL EN RED DE TUBERÍAS PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO DE CELENDÍN" y posterior sustentación de la misma, constituyendo además un requisito obligatorio para la obtención del grado académico de Ingeniero Civil.

En tal sentido SOLICITO LA AUTORIZACION para el acceso a las instalaciones de SEMACEL y el acceso a la información que ellos manejan.

Por tanto:
Pido a Usted, Señor Alcalde, se sirva acceder a mi petición por ser de justicia.

Celendin, 18 de Mayo del 2021.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CELENDÍN
ALCALDÍA RECIBIDO
18 MAYO 2021
Exp. N°: 347B Hora: 04:04
Folios: 02 Fines: [Firma]

[Firma]
ALBERTO VIDAL TIRADO DIAZ
DNI N° 44667980

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CELENDÍN
NOMBRE: [Firma]
VISTO PASA A: [Firma]
PARA SU: [Firma]
Fecha: 18 de 05 21
[Firma]

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CELENDÍN
SEMACEL
Registro N°: [Firma] Folio: 02
Fecha: 24/05/2021 Hora: 10:18 am
[Firma]

Anexo 4: Carta de autorización de información de la empresa

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

N [Logo]

Yo, [Nombre], identificado con DNI N° [DNI], en mi calidad de [Cargo], del distrito de [Distrito], de la provincia de [Provincia] Municipalidad Provincial de Celendin con R.U.V. N° [R.U.V.], ubicada en la ciudad de Celendin

Anexo 5: Encuesta a los usuarios Barrio Sevilla

Encuesta a los Usuarios del Barrio Sevilla

La siguiente encuesta tiene como propósito recoger la información de los pobladores del barrio Sevilla sobre la continuidad y presión del agua.

Fecha de aplicación: 24/05/2021

Nombre de la Zona: Barrio Sevilla

1. Usted. Cuenta con el servicio de agua potable
Sí No

2. ¿Cuántas horas al día tiene agua?
6 horas

3. ¿En qué horario del día tiene agua?
06:00 AM - 12:00 PM

4. La presión del agua con la cual llega el agua a su casa es:
d. Rápido
 e. Leve
f. Baja

5. ¿Creé usted que volumen facturado por la SEMACEL es el correcto?
Sí No

6. ¿Creé usted que el medidor factura el aire dentro del sistema de agua?
 No

7. La conexión de agua del sistema de agua hacia su casa tiene fugas
Sí No

CUEVA SAKAZAR LUCINA
JR. LOURDES C/2

Anexo 6: evidencia de la facturación del consumo de agua y tarifas según consumo doméstico, industrial, social y estatal.



Categorías Tarifarias											
Código	Categoría	Gr. Cargo Tipo Mensual	Consumo Máximo (m ³ /d)	Gr. Importe Exceso (m ³)	Tramo I Tipo (m ³)	Tramo I Gr.	Tramo II Tipo (m ³)	Tramo II Gr.	Tramo III Tipo (m ³)	Tramo III Gr.	Gr. Descuento
00	SIN LP	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
01	Cables Pavimentados	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
02	Sin Pavimento	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
03	Finca, Grif. Rest. Km	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
04	Mercado y Tiendas Com	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
09	Doméstico 1	1.25	0	0.00	0	0.25	40	0.46	80	0.66	0.00
15	Comercial 50 1/2	1.25	0	0.00	0	0.51	25	0.71	50	0.91	0.00
16	Comercial 90 3/4	1.25	0	0.00	0	0.51	50	0.71	100	0.91	0.00
17	Comercial 90 1	1.25	0	0.00	0	0.51	100	0.71	200	0.91	0.00
22	Comercial 30 1/2	1.25	0	0.00	0	0.51	15	0.71	30	0.91	0.00
23	Comercial 30 3/4	1.25	0	0.00	0	0.51	30	0.71	60	0.91	0.00
24	Comercial 30 1	1.25	0	0.00	0	0.51	60	0.71	120	0.91	0.00
29	Industrial 100 1/2	1.25	0	0.00	0	0.61	50	0.81	100	1.01	0.00
30	Industrial 100 3/4	1.25	0	0.00	0	0.61	100	0.81	200	1.01	0.00
31	Industrial 100 1	1.25	0	0.00	0	0.61	200	0.81	400	1.01	0.00
36	Industrial 60 1/2	1.25	0	0.00	0	0.61	30	0.81	60	1.01	0.00
37	Industrial 60 3/4	1.25	0	0.00	0	0.61	60	0.81	120	1.01	0.00
38	Industrial 60 1	1.25	0	0.00	0	0.61	120	0.81	240	1.01	0.00
40	Social 3/4	1.25	0	0.00	0	0.11	15	0.31	30	0.51	0.00
43	Estatal 100 1/2	1.25	0	0.00	0	0.11	50	0.31	100	0.51	0.00
44	Estatal 100 3/4	1.25	0	0.00	0	0.11	100	0.31	200	0.51	0.00
45	Estatal 100 1	1.25	0	0.00	0	0.11	200	0.31	400	0.51	0.00
50	Estatal 50 1/2	1.25	0	0.00	0	0.11	25	0.31	50	0.51	0.00
51	Estatal 50 3/4	1.25	0	0.00	0	0.11	50	0.31	100	0.51	0.00
52	Estatal 50 1	1.25	0	0.00	0	0.11	100	0.31	200	0.51	0.00
57	Pública	1.25	0	0.00	0	1.58	0	1.58	0	1.58	0.00
59	Doméstico Rural	1.25	0	0.00	0	0.26	10	0.46	20	0.66	0.00
64	Doméstico 1/2	1.25	0	0.00	0	0.26	10	0.46	20	0.66	0.00
65	Doméstico 3/4	1.25	0	0.00	0	0.26	20	0.46	40	0.66	0.00
66	Social 1/2	1.25	0	0.00	0	0.11	7	0.31	15	0.51	0.00
67	Social 1	1.25	0	0.00	0	0.11	30	0.31	60	0.51	0.00

Anexo 7: toma de datos, presión del volumen de agua en los 14 punto de estudio



Anexo 8: Toma de datos del medidor

