



CARRERA DE POSGRADO DE ESPECIALIZACION EN INGENIERIA SANITARIA

TRABAJO FINAL

Proyecto de control y mejoras de agua no facturada de
la ciudad de San Lorenzo – Radio servido de Aguas
Santafesinas S.A.

Alumno: Ing. Damián Zanassi
Director: Ing. Guillermo Mingolla

Fecha: Diciembre 2023

Índice

1.	Introducción.....	4
2.	Descripción de la empresa de agua y saneamiento y situación actual.....	4
2.1.	Suministro de agua en San Lorenzo.....	5
2.1.1.	Sistema de captación y tratamiento.....	6
2.1.2.	Sistema de abastecimiento.....	6
2.1.3.	Sistema de distribución.....	8
3.	Objetivos.....	10
4.	Recopilación de información bibliográfica: Control de agua no facturada... 	10
4.1.	Definición de ANF.....	10
4.2.	Definición de ANC.....	10
4.3.	Pérdidas aparentes.....	11
4.4.	Pérdidas reales.....	12
4.5.	Consumos conocidos no facturados.....	13
4.6.	Sectorización de redes.....	14
4.7.	Macromedición.....	14
4.8.	Micromedición.....	15
4.9.	Balance de agua.....	15
4.10.	Síntesis.....	16
5.	Relevamiento de estado actual del Distrito San Lorenzo.....	16
5.1.	Parque medido.....	16
5.2.	Catastro comercial.....	18
5.3.	Catastro de redes.....	20
5.4.	Estructuras tarifarias.....	20
5.5.	Volumen de agua producida.....	22
5.6.	Volumen de agua potable entregado a la red.....	23
5.7.	Consumos facturados.....	25
6.	Diagnóstico.....	28
6.1.	Balance hídrico.....	28
6.1.1.	Balance de agua IWA.....	28
6.1.1.1.	Balance hídrico en m ³ /día y m ³ /año.....	37
6.1.1.2.	ILI (Infrastructure Leakage Index).....	38
6.1.1.3.	Pérdida por conexión por día.....	40
6.1.1.4.	Otros indicadores de WB-EasyCalc.....	40
6.2.	Análisis caudales diarios y mínimos nocturnos.....	42
6.3.	Evaluación de diagnóstico.....	48
7.	Plan de reducción de pérdidas reales o físicas.....	48
7.1.	Rapidez y calidad de las reparaciones.....	50
7.2.	Control de presión.....	54
7.3.	Programa de elección, instalación, mantenimiento, recuperación y substitución de la red.....	58
7.4.	Control activo de pérdidas.....	63
7.4.1.	Correlación acústica.....	64
7.4.2.	Correlación multipuntos.....	65
7.4.3.	Localización de fugas con geófonos.....	66
8.	Prácticas para la reducción de Pérdidas aparentes o comerciales.....	68

8.1.	Estudio de usuarios.....	68
8.2.	Medidas para disminuir conexiones ilegales.....	70
8.3.	Verificación de precisión de micromedidores.....	71
8.4.	Lectura de micromedidores.....	74
8.5.	Reducción de pérdidas intradomiciliarias.....	75
9.	Propuesta de reducción del ANF en el Distrito San Lorenzo.....	75
9.1.	Establecimiento de las áreas hidráulica de medición.....	76
9.2.	Planificación y diseño de los aislamientos y mediciones.....	77
9.3.	Implementación de un sector hidráulico de medición.....	78
9.4.	Operación y gestión.....	78
9.5.	Determinación del nivel de fuga en un sector hidráulico medido.....	79
9.6.	Métodos para la percepción de fugas en un sector hidráulico medido.....	80
9.7.	Propuesta de conformación de sectores hidráulicos de medición en la red de distribución de agua potable de la ciudad de San Lorenzo.....	81
10.	Evaluación económica.....	90
10.1.	Valoración de propuestas para mejoras del ANF.....	90
10.1.1.	Obras de expansión de red de agua.....	90
10.1.2.	Reparación de fugas.....	91
10.1.3.	Costos de la implementación de sectores hidráulicos medidos.....	92
10.1.4.	Costos para mejoras del ANF comercial.....	93
10.2.	Estimación de impactos y valoración de pérdidas.....	94
10.3.	Reducción del ANF.....	95
10.3.1.	Pérdidas en conexiones y red distribuidora.....	95
10.3.2.	Submedición en medidores.....	96
10.3.3.	Estimación de reducción de ANF.....	96
10.4.	Retorno de inversiones.....	97
10.5.	Otros usos del volumen recuperado por la reducción del ANF.....	98
11.	Conclusiones.....	99
12.	Bibliografía.....	101

1. Introducción

El trabajo final tiene como objetivo entregar un diagnóstico actual sobre el agua no facturada de la ciudad de San Lorenzo, y el proyecto para abordar el control de las pérdidas reales o físicas de la red que no son visibles.

Este trabajo encuentra su motivación principal en bajar los costos de producción en la potabilización del agua (insumos, energía, etc.), el uso racional del recurso natural (agua superficial y subterráneo) y la posibilidad de crear excedencia para alimentar otras localidades sin la necesidad de mayor producción.

Al presente, localidades como Fray Luis Beltrán, Ricardone y Cooperativa Bouchard aguardan por la finalización de la obra de ampliación de la planta potabilizadora de Granadero Baigorria para ser abastecidas a través de la venta de agua en bloque. El acueducto San Lorenzo tiene previsto las tres derivaciones, pero hasta el momento no existe la excedencia de agua para alimentarlos.

2. Descripción de la empresa de agua y saneamiento y situación actual

Aguas Santafesinas S.A. es una empresa estatal que se constituyó como sociedad anónima el 8 de febrero de 2006 con el objetivo de proveer agua potable y desagües cloacales en quince ciudades de la Provincia de Santa Fe: Rosario, Santa Fe, Rafaela, Villa Gobernador Gálvez, San Lorenzo, Rufino, Cañada de Gómez, Firmat, Casilda, Funes, Capitán Bermúdez, Granadero Baigorria, Gálvez, Esperanza y Reconquista.

Además de las 15 ciudades de su área de servicio, ASSA es proveedor mayorista de agua potable para cooperativas y municipios a través del Sistema de Grandes Acueductos de la provincia.

La empresa se rige por la Ley de Sociedades Comerciales, cuyo mayor accionista es el Estado de la Provincia de Santa Fe con el 51% del capital social, luego le siguen los Municipios que forman parte de la concesión con el 39%, y el 10% restante corresponde a los empleados de la sociedad a través del Programa de Propiedad Participada.

La totalidad de las inversiones que realiza Aguas Santafesinas son asumidas por el Estado provincial. Se trata de obras destinadas a la ampliación de instalaciones y optimización de los servicios de agua potable y desagües cloacales que la empresa estatal presta a dos millones de santafesinos en las quince ciudades mencionadas anteriormente.

Actualmente, la empresa se encuentra presidida por el Ing. Hugo Morzán, secundado por la Dra. Marisa Gallina.

La dependencia de Aguas Santafesinas en San Lorenzo mantiene la estructura que se representa en la Figura N°1, y donde la Jefatura Técnica de Redes será quien ocupe lo referido al presente trabajo final.

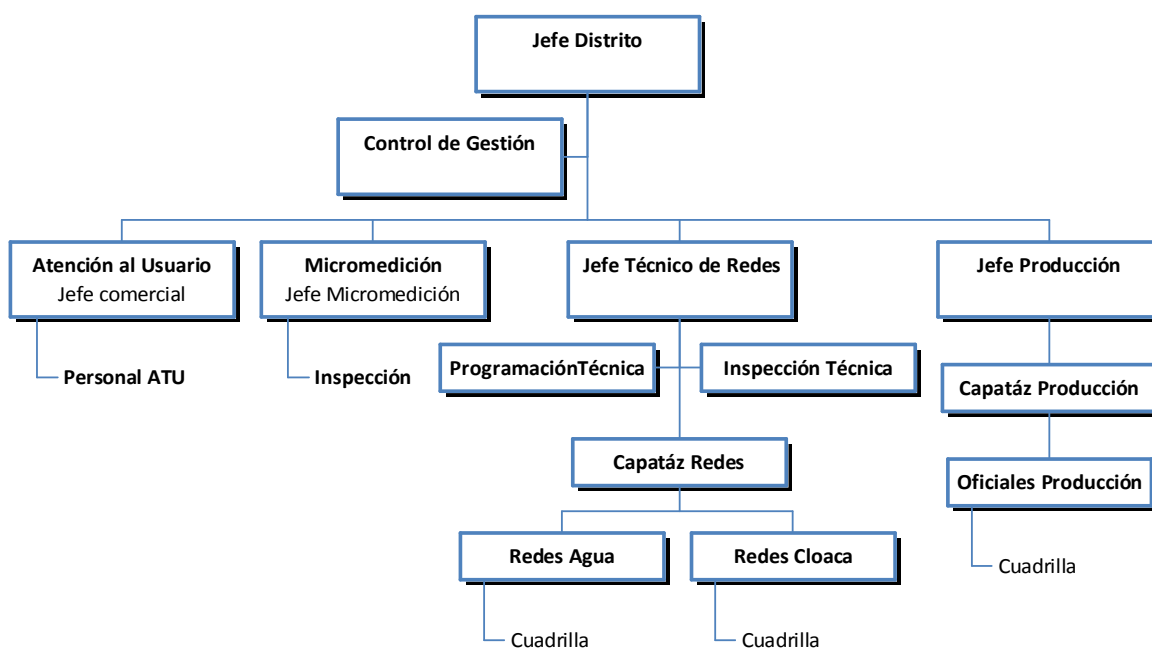


Figura nº 1: Organización estructural Aguas Santafesinas Distrito San Lorenzo.

2.1. Suministro de agua en San Lorenzo

El radio concesionado a Aguas Santafesinas se encuentra delimitado al Este por el Río Paraná, al Norte por el Arroyo San Lorenzo, al Oeste por Autopista Rosario-Santa Fe y al Sur por ruta A012, quedando fuera de éste los barrios Bouchard, Rivadavia y 2 de Abril, ubicados al Sur de la ruta A012 como se presenta en la Figura N°2. La provisión, distribución de agua potable y saneamiento es estos barrios está a cargo de la Cooperativa Bouchard.

A continuación, se expone el área correspondiente al radio servido por Aguas Santafesinas en la ciudad de San Lorenzo:

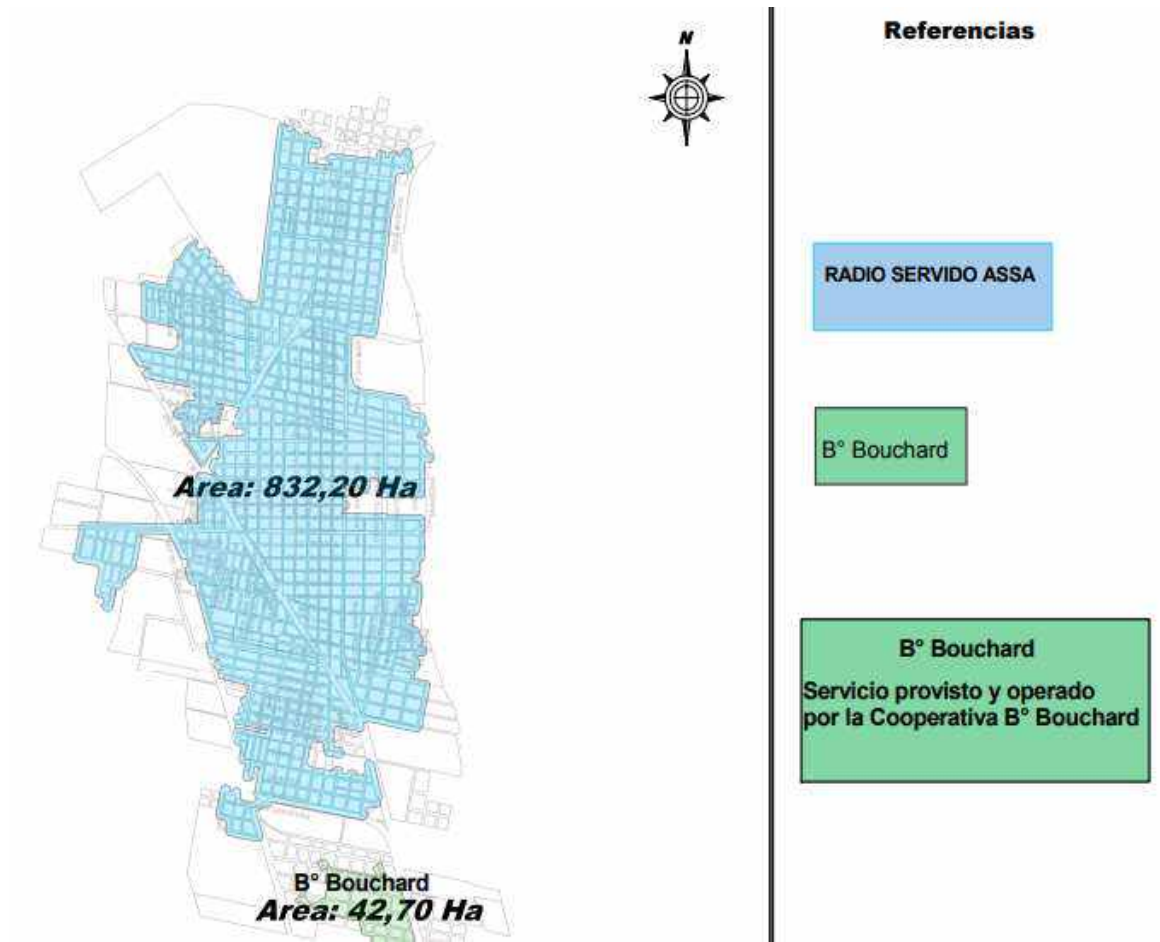


Figura nº 2: Plano San Lorenzo de radio servido servicio por Aguas Santafesinas S.A.

2.1.1. Sistema de captación y tratamiento

La captación para la provisión de agua proviene de dos formas:

- Agua Superficial: agua cruda captada del Río Paraná y potabilizada en la planta ubicada en la localidad de Granadero Baigorria.
- Agua Subterránea: captada a través de una batería de 12 perforaciones emplazadas principalmente en el área Centro-Oeste de la ciudad de San Lorenzo. No recibe tratamiento.

2.1.2. Sistema de abastecimiento

Desde Mayo de 2022, funciona el nuevo sistema conformado por el Acueducto San Lorenzo y el Centro de Distribución de Agua Potable. El agua de origen superficial, potabilizada en la planta ubicada en la localidad de Granadero Baigorria, es impulsada hasta la cisterna del Distrito Capitán Bermúdez, donde, parte se utiliza para el suministro de esa ciudad y la restante, aproximadamente 530 m³/hs, es transportada con destino final en

la cisterna de San Lorenzo. Allí es mezclada con el ingreso de 400 m³/hs de agua subterránea captada de perforaciones.

A continuación, se muestra plano de ubicación del nuevo Centro de Distribución de agua potable:

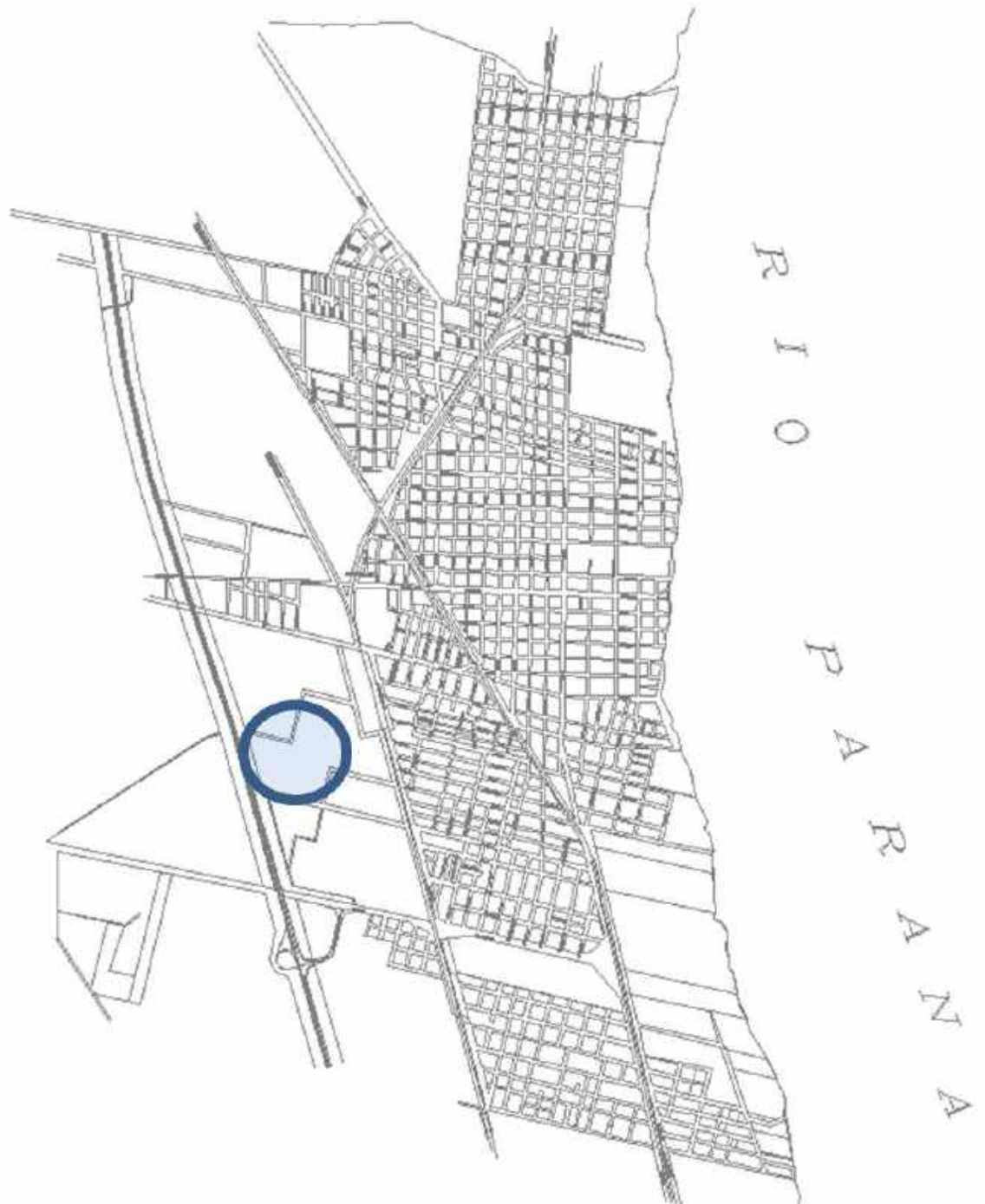


Figura nº 3: Plano ubicación general Centro de Distribución de Aguas Santafesinas S.A.



Figura nº 4: Plano ubicación Centro de Distribución de Aguas Santafesinas S.A.

2.1.3. Sistema de distribución

Completada la mezcla y cloración dentro del nuevo Centro de Distribución, el agua se distribuye a la ciudad por medio de los Acueductos Norte y Sur como se presenta en la Figura N° 5. Ambos, se encuentran vinculados en forma indirecta por la red secundaria de agua, enviándose a la misma alrededor de 850 m³/hs.

Aguas Santafesinas tiene en su radio servido de la ciudad de San Lorenzo, cobertura del sistema de distribución de agua a través de 192 km de red y 14.047 conexiones.

Se estima que la población con acceso al agua potable es de 47.301 habitantes, alcanzando el radio servido de Aguas Santafesinas a cubrir la demanda del 97% de la población (el resto se encuentra fuera del radio servido).

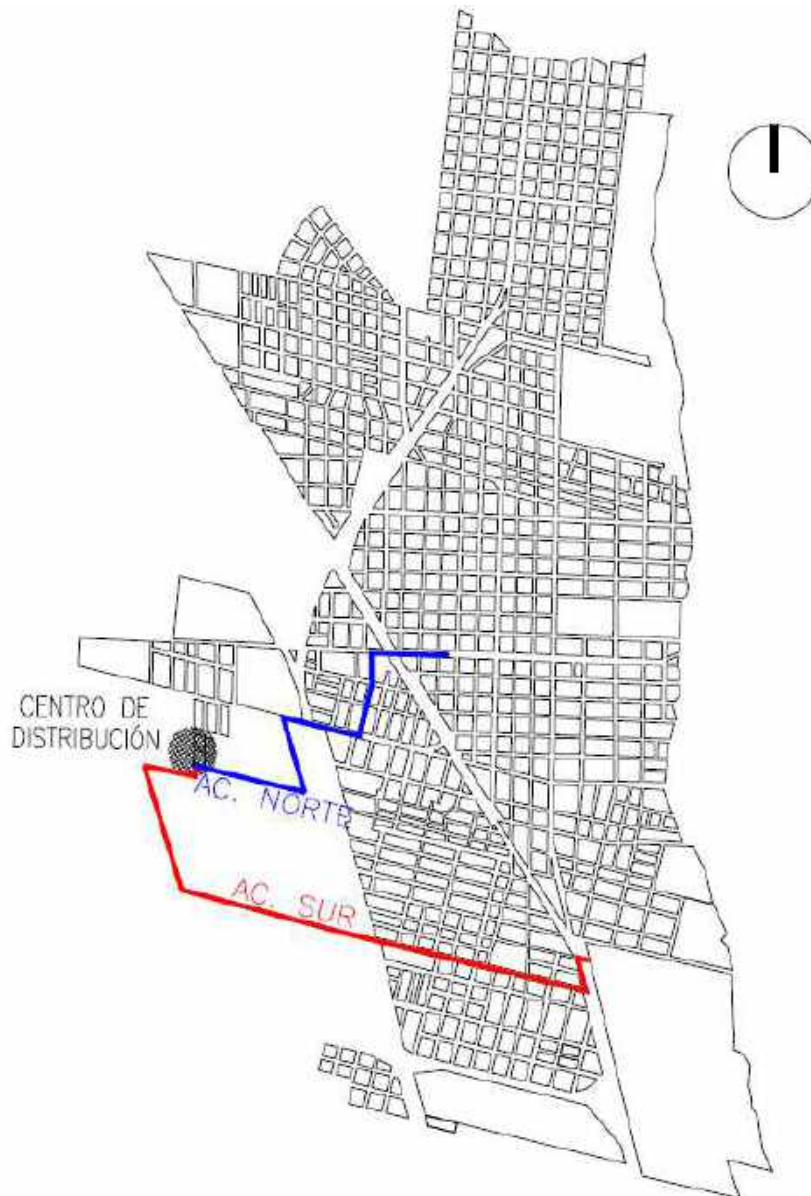


Figura nº 5: Plano ubicación Acueductos Norte y Sur.

La mayor parte de la red de distribución de agua potable, que supera los 60 años de antigüedad, se encuentra en período de obsolescencia. Sus materiales están compuestos principalmente por asbesto cemento, que posee superficie con mayor rugosidad que los materiales utilizados actualmente. Esta situación ha promovido el depósito de minerales como el hierro y manganeso, presentes en el agua subterránea, disminuyendo paulatinamente las secciones de las cañerías. A este inconveniente se suma a las fallas recurrentes en las uniones entre las mismas que, en la mayoría de los casos, las pérdidas de agua que estas generan no son visibles.

3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es la optimización del servicio de abastecimiento de agua de la localidad de San Lorenzo, a través del saneamiento de la red de distribución correspondiente al radio servido concesionado a Aguas Santafesinas S.A., para lograr un mejor aprovechamiento del recurso natural y su uso racional.

De acuerdo a lo reflejado en el párrafo anterior, el tratamiento del tema promueve muchas ventajas, entre ellas la producción y el uso racional del agua, reducción de los insumos de potabilización (los cuales muchas veces están valorados en dólares), baja en el consumo de energía, disminución del deterioro de la infraestructura urbana (veredas y calzadas que se ven destruidas por pérdidas en la red que se descubren cuando el deterioro ya es muy grave), todas cuestiones que hacen a la optimización del funcionamiento de la red de distribución de agua potable.

Asimismo, el proyecto permitirá obtener un monitoreo adecuado y constante, así como determinar patrones del comportamiento del consumo de la ciudad. Esto será posible reduciendo y controlando las pérdidas, recursos que surgen a través de conceptos fundamentales que permiten diseñar soluciones sostenibles.

Se prevé que, reduciendo el volumen de agua que se pierde por deficiencias de la red en el radio servido por Aguas Santafesinas en la localidad de San Lorenzo, se puede abastecer a algunas de las localidades antes indicadas sin necesidad de mayor producción, y ese es uno de los mayores propósitos del presente trabajo.

4. Recopilación de información bibliográfica: Control de agua no facturada

4.1. Definición de ANF

El agua no facturada (ANF), es la diferencia entre el total del agua macromedida a la salida de unidades de producción (plantas o perforaciones) y el volumen de agua facturado que resulta de la suma de volúmenes asignados por superficie de las unidades o puntos de consumo, más los medidos y los micromedidos.

4.2. Definición de ANC

El agua no contabilizada (ANC), es la diferencia entre el total del agua macromedida a la salida de plantas y los volúmenes medidos (en bloque) y los micromedidos.

Ambas definiciones involucran los conceptos de pérdidas aparentes o comerciales y reales o físicas, que a continuación se describen.

4.3. Pérdidas aparentes

Se conoce como pérdidas aparentes o pérdidas comerciales de clientela y de medición, a aquellas que se deben a los consumos reales no registrados tales como usos ilegales, subconteos, errores generados por el sistema de lectura o facturación.

Corresponden a los volúmenes utilizados sin autorización más los volúmenes mal contabilizados. Es decir, son los resultantes de:

- Submedición por envejecimiento de medidores.
- Submedición debida a medidores subcalibrados.
- Submedición debida a un tipo de medidor inadecuado.
- Usuarios sin medidores.
- Medidores no leídos.
- Medidores fuera de servicio.
- Errores de lectura.
- Consumidores no registrados.
- Consumos no registrados o fraudulentos.
- Demoras burocráticas internas de la empresa prestadora del servicio sanitario.

Por lo tanto, será menester en la gestión de disminución de pérdidas aparentes las siguientes tareas:

- Reducir los errores de medición/lectura de micromedidores: mayor control sobre lecturistas y posibilidad de mejoras tecnológicas en los elementos y base de datos. Errores voluntarios e involuntarios de los lecturistas provoca demoras en la información fehaciente, refacturación con movimientos internos (administrativos, inspección, etc.) con sus demoras burocráticas.
- Detección de fraudes: manipulación de medidores y/o “puentes o “bypass” que evitan la capacidad del medidor de registrar consumos.
- Detección de submedición: el medidor no es capaz de registrar todos los consumos, especialmente los de bajo caudal, que al no ser registrados no son facturados, pero sí consumidos.

- Plan de renovación de micromedidores: luego de cierto tiempo, los medidores quedan obsoletos y no funcionan adecuadamente, por lo que deben ser reemplazados por nuevos.
- Mejorar el catastro comercial: fomentar la inspección y cruces de información con el catastro municipal. El catastro de usuario es un sistema muy dinámico, por lo que las actualizaciones deben realizarse con una frecuencia prudente según la cantidad de usuarios.
- Control sobre la macromedición: es el principal problema la ausencia o errores de macromedición en la red. De hecho, Aguas Santafesinas no tiene instalados macromedidores en la red de agua en la ciudad de San Lorenzo.
- Política de detección de pérdidas intradomiciliarias: es importante realizar campañas de detección de estas pérdidas a través de la colaboración de los usuarios. Estas generan, en muchas ocasiones, un consumo que puede no ser registrado por el medidor debido a que el bajo caudal que fluye por él es imperceptible. Dentro de las pérdidas intradomiciliarias más comunes se encuentran grifos que gotean, flotantes de tanques de almacenamiento deteriorados, permeabilidad de paredes de tanques y cisternas, etc.

Estas son iniciativas que deben nacer en la gerencia comercial de toda empresa prestadora de servicio de agua y saneamiento.

En general, las pérdidas aparentes o comerciales son las que producen la recuperación más rápida del ANF y, comúnmente, son las más económicas de solucionar. Sin embargo, en muchos casos pueden no ser un factor determinante debido a que suelen representar un 20% de las pérdidas totales.

Si bien la falta de pago no influye en las pérdidas, actualmente, faltan políticas fuertes de desconexión por incumplimiento en el pago de facturas. A raíz de la pandemia por Covid desarrollada a comienzos del año 2020, se flexibilizaron los cortes y reducciones, dando prioridad a que todos tengan acceso al agua como recurso necesario para la higiene que permita combatir y prevenir la enfermedad. Será desafío de la gerencia, en el corto plazo, gestionar y recuperar la rentabilidad de la producción de agua potable.

4.4. Pérdidas reales

Son pérdidas reales o físicas aquellas que corresponden a las fugas de agua relacionadas con defectos de la red y otras obras de distribución.

Como ejemplo de estas, se pueden enumerar las siguientes:

- Fugas visibles e invisibles en redes.
- Fugas visibles e invisibles en conexiones domiciliarias.
- Fugas visibles e invisibles en derivaciones.
- Desbordes de depósitos/tanques.
- Filtraciones y vaciado de los depósitos.

En general, las fugas provienen del colapso de una cañería maestra primaria/ secundaria y conexiones que, dependiendo de la presión del agua, el tamaño de la fuga y las características del suelo, la misma puede manifestarse en superficie o no.

Existe un grupo de fugas ocultas que pueden alcanzar caudales superiores a 250 lts/hs (caudal estimado en función de las presiones imperantes en la red de San Lorenzo, promediando los 9 m.c.a.) pero que no aparecen en superficie. La presencia de estas puede identificarse analizando las tendencias en el comportamiento del consumo de agua dentro de una zona definida de suministro. Existe una amplia gama de instrumentos acústicos y no acústicos para detectar las fugas ocultas.

Por otro lado, existen las fugas de fondo, que son pérdidas con caudales inferiores a 250 lts/hs, que son muy pequeñas y que en muchas situaciones corresponden a filtraciones o goteos en uniones, llaves domiciliarias, racords, válvulas y accesorios no herméticos. Estas no son detectables por los métodos antes descritos, por lo que se descubren cuando se realiza el reemplazo de un elemento defectuoso.

Un rol fundamental lo protagoniza la presión en la red, pues determina la magnitud de las pérdidas. La presión tiene incidencia directa en el caudal y en la frecuencia de aparición de nuevas fallas.

Será responsabilidad de la Gerencia de Redes dirigir todos los esfuerzos para la disminución de las pérdidas reales a través del control activo de fugas, rapidez y calidad de las reparaciones, y un programa de elección, instalación, mantenimiento, recuperación y sustitución de las redes.

4.5. Consumos conocidos no facturados

Estos consumos refieren a tres grupos:

- Aguas de servicio:
 - Limpieza de depósitos (tanques y cisternas).

- Purga y lavado de redes.
- Purga en las redes de cloaca.
- Gestión de hidrantes.
- Puestos de cloración.
- Exenciones admitidas:
 - Fuentes públicas.
 - Fuentes ornamentales.
 - Otros.
- Comerciales:
 - Descuentos.

4.6. Sectorización de redes

Un Programa de Control de pérdidas reales y aparentes en sistemas de distribución de agua potable, debe ser el resultado de controlar la infraestructura física y comercial de la entidad prestadora del servicio. Para fraccionar geográficamente el problema de controlar la infraestructura y reducir las pérdidas, se conforman unidades operativas (Sectores Hidráulicos) donde se controla el suministro de caudales, las presiones de entrega, la macromedición y la micromedición. La sectorización de la red es una herramienta de control de la infraestructura, que optimiza la operación del sistema, y sirve como estrategia de seguimiento y control de pérdidas a nivel de sectores.

4.7. Macromedición

La macromedición es el proceso mediante el cual se obtienen, procesan, analizan y divulgan los datos de producción, conducción y distribución, relativos a caudales, presiones y niveles de los puntos significativos de acueductos y redes primarias. Esta tiene objetivos operativos y comerciales, de los que se obtiene la información necesaria para lograr reducir el ANF.

Los Macromedidores son diseñados para medir caudales mayores a los que proporcionan el diámetro de los micromedidores. Se utilizan para determinar los caudales entregados por los sistemas de producción a los sistemas de transporte y a los diferentes Sectores Hidráulicos.

Para el caso en estudio, se utilizarán macromedidores electromagnéticos con transmisión de datos a distancia. Las principales características de estos elementos son:

- Baja pérdida de carga debido a la ausencia de partes móviles en contacto con el agua.
- Precisión en las mediciones.
- Funciona para un amplio rango de caudales y son apropiados para grandes y pequeños diámetros de cañerías.
- Resistentes a la abrasión o corrosión.
- Salida de datos en diferentes formatos con fácil transmisión y procesamiento por medios electrónicos.
- Se ve afectado por las vibraciones.
- Requiere mano de obra especializada para su instalación, calibración y mantenimiento.
- Son sensibles a la presencia de campos eléctricos.

4.8. Micromedición

La micromedición se realiza para determinar los volúmenes de agua consumidos por los Usuarios.

Resulta de principal importancia que el Marco de estructura tarifaria motive a la instalación masiva de micromedidores, y posibilite la obtención de datos necesarios para gestionar el ANF.

Los micromedidores constituyen la mejor manera de lograr una utilización racional del agua, además permite la cobranza justa y equitativa del servicio. Sin embargo, este propósito sólo se logra con su correcto funcionamiento, es decir, cuando registran con exactitud los volúmenes que realmente provee la Empresa Prestadora de Servicio

4.9. Balance de agua

El balance de agua permite el seguimiento del consumo autorizado y de las pérdidas de agua en forma más o menos desagregada, siendo utilizado por las empresas del sector como un instrumento de control desde hace décadas. Estos, son muy importantes para elaborar diagnósticos y diseñar planes de acción para la reducción de pérdidas.

La herramienta para realizar el balance de agua que se utilizará en este documento, es la brindada por la Asociación Internacional del Agua (IWA), a través del cual los diversos tipos de pérdidas de agua son categorizados como se representa en la Figura N°6.

Volumen Introducido al Sistema m ³ /año	Consumo Autorizado o m ³ /año	Consumo Autorizado Facturado m ³ /año	Consumo Facturado Medido	Agua comercializada m ³ /Año
			Consumo Facturado No Medido	
		Consumo Autorizado no Facturado m ³ /año	Consumo No Facturado Medido	Agua No comercializada m ³ /Año
			Consumo No Facturado No Medido	
	Pérdidas de Agua m ³ /año	Pérdidas Aparentes m ³ /año	Consumo No Autorizado	
			Errores de Medición	
		Pérdidas Reales m ³ /año	Fugas en la Red	
			Desborde de Reservorios	
Fugas en Conexiones Domiciliarias				

Figura nº 6: Balance de agua IWA

4.10. Síntesis

De lo expresado en los apartados anteriores, se expone el siguiente cuadro que sintetiza las acciones para el análisis y monitoreo del agua no facturada:

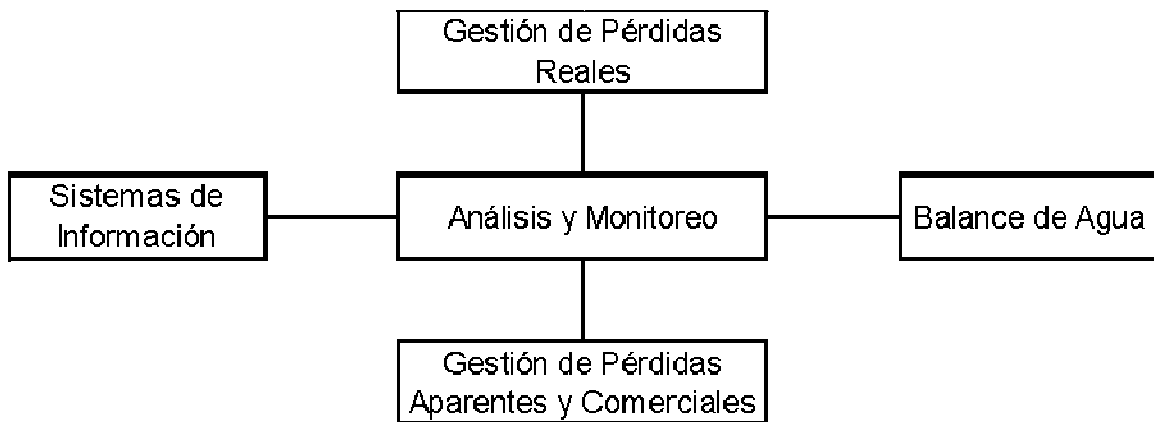


Figura nº 7: Cuadro sintético y analítico de ANF

5. Relevamiento de estado actual del Distrito San Lorenzo

5.1. Parque medido

El parque medido de la ciudad de San Lorenzo, precisamente en el radio servido por Aguas Santafesinas S.A., cuenta con 13.246 medidores sobre un total de 14.047 conexiones. Esto indica que el radio servido se encuentra micromedido en un 94,30% de conexiones medibles. En contrapartida, no es posible conocer con precisión

el funcionamiento del parque medido, ya que la empresa Aguas Santafesinas S.A. no cuenta con banco de medidores.

En el año 2017 se llevó a cabo una instalación masiva de medidores, logrando la cobertura antes mencionada. Lamentablemente, por la coyuntura político-económica de los últimos años, no ha sido posible sostener en el tiempo la renovación continua de estos elementos. Esto es un indicador que presentará variabilidad e incertidumbre al momento de calcular el ANF.

En el control del parque de medidores, es importante obtener el perfil de consumo para determinar la submedición. La ciudad de San Lorenzo no presenta estacionalidad como una ciudad abocada al turismo. Su población es estable y las variables del consumo a lo largo de un año se deben principalmente a las variaciones del clima y temperaturas.

En servicios con estructuras tarifarias catastrales, no micromedidas o en zonas donde no existen medidores, la factura del servicio se estima mediante una fórmula que considera las dimensiones (superficie cubierta en m²) de la propiedad, emplazamiento, y características del terreno, tema que se tratará con más profundidad en el apartado 5.4.

El inconveniente que surge de estimar el consumo domiciliario a través de una tarifa fija, no teniendo en cuenta el volumen de agua consumido real, es que suele generarse un gran derroche de agua. Esto se debe a que los usuarios descuidan el consumo o no dan importancia a las pérdidas intradomiciliarias. En estas condiciones, suelen perder noción del valor del agua, descuidando su consumo y utilización (es común ver que se utilice el agua corriente para lavar las veredas y/o vehículos). Estas condiciones, las facturas dejan de ser equitativas, y pueden llegar a ser más caras en casas grandes con pocos habitantes y bajo consumo, que en casas más pequeñas con familias numerosas y consumos altos.

Asimismo, el caso en estudio, la ciudad de San Lorenzo, solo tiene un 5,70% de usuarios con estimación del consumo de volumen de agua potable. Por lo tanto, a los efectos del presente análisis, esta situación tendrá una baja incidencia en los resultados finales.

En cuanto a soporte de sistema y a los efectos de una mejor gestión del ANF, la empresa dispone de un soporte informático con información relevante sobre el parque medido, que se detallan a continuación:

- Usuario y localización (punto de suministro)
- Número del Micromedidor
- Antigüedad

- Marca
- Modelo
- Diámetro
- Clase (Rango)
- Lecturas históricas

5.2. Catastro comercial

El catastro de usuarios comprende el conjunto de registros y procedimientos que permiten la exacta identificación y localización de los usuarios de los servicios de agua potable y desagüe. Posee toda la información necesaria de los usuarios activos, factibles y potenciales. Este registro contiene datos del usuario y del predio, las características técnicas de las conexiones de agua potable y desagüe, micromedidores, así como datos complementarios de los servicios. Por ello, el catastro se mantiene en una base de datos informática.

La desactualización del catastro de usuarios de agua potable y saneamiento afecta diversos procesos en las entidades prestadoras, sobre todo aquellos vinculados a la situación económica y financiera y la satisfacción del usuario.

Por ejemplo, el uso clandestino y el elevado porcentaje de conexiones informales realizadas por los usuarios no es una consecuencia directa de la desactualización catastral. No obstante, la falta de actualización no permite realizar un adecuado control para detectar a este tipo de usuarios que, con sus acciones, inciden directamente en los niveles de agua no facturada (ANF) y en consecuencia en la situación económica de la empresa.

En la actualidad, el catastro tiene un registro de 16.999 cuentas comerciales. En tanto, 2.953 de estas no tienen conexión de agua, tratándose en su mayoría terrenos baldío y/o propiedades desocupadas que han solicitado su desconexión.

Desde el año 2019 se realizó la migración del catastro comercial del software SISA al SAP por obsolescencia del primero. Como puntos negativos, el nuevo sistema no posee ciertos módulos que permiten llegar a información importante como elaboración de informes, que sí lo hacía su antecesor. Un ejemplo de esto es la imposibilidad de crear un perfil de consumo.

En este sentido, las actualizaciones han permitido ingresar información relevante sobre los usuarios, que a continuación se describe:

- Tipo de Usuario:
 - Residencial

- ✓ Vivienda única
 - ✓ Propiedad Horizontal
- Comercial
 - ✓ Tipo de Comercio
 - ✓ Tipo de Oficina
- Industrial
 - ✓ Tipo de industria
- Educativo/Social
 - ✓ Escuela
 - ✓ Club social y deportivo
- Oficial
 - ✓ Tipo de Oficina/Taller/etc.
- Deportivos/Recreación/Parques
- Características vinculadas al tipo de inmueble.
 - Tamaño
 - Antigüedad
 - Localización
 - Tipo Edificación
 - Nivel socioeconómico

Si bien el catastro comercial cuenta con campos donde hay información del usuario como teléfono y correo electrónico, estos no son de ingreso obligatorio. Por este motivo, esta información no está disponible en todos los usuarios que conforman el radio servido. Por lo tanto, se propone que, al ingresar reclamos técnicos y/o comerciales, el sistema solicite al operador completar los campos de forma obligatoria. Esta información no es solo importante para el área comercial para el seguimiento de facturación, sino también para el área técnica que, en muchas ocasiones, debe tomar contacto con el usuario para coordinar ciertos trabajos.

5.3. Catastro de redes

El catastro de redes se encuentra actualizado, habiendo migrado recientemente toda su información a un sistema más dinámico y completo que su antecesor. Actualmente, se encuentra vigente la WebMap 2.0, disponible en PC y en aplicación de telefonía móvil. Este es un sistema versátil, promoviendo la rápida interacción entre operadores de la red quienes realizan su actualización. Este nuevo software permite al operador introducir cambios (ubicación, diámetros, material, etc) quedando pendiente la tarea de confirmación para quien actualiza la red, promoviendo el feedback que admite regularizar la información sobre las redes sin mayores errores de interpretación.

Durante los avances del presente proyecto final, se han detectado tramos de redes de distribución de agua sin registrar. Por lo tanto, ha sido necesario informarlo al área técnica y comercial para su regularización catastral.

Las redes de la ciudad, no responden a cuadrículas de manual con cañerías primarias perimetrales que abarcar una serie de cañerías secundarias o subsidiarias. Las redes han sufrido muchas modificaciones sin planificación alguna.

Como ejemplo de lo antes expuesto, antiguamente, la única forma de abastecimiento eran perforaciones ubicadas sobre la costa del Río Paraná que impulsaban agua por bombeo directo a la red y en función de ello, se fueron planificando las redes. Años más tarde, esas perforaciones fueron cegadas por la mala calidad del producto entregado y fueron habilitadas nuevas en el extremo Oeste de la ciudad, cercanas a la Autopista Rosario – Santa Fe. Esto provocó un cambio en el sentido de circulación del agua dentro de las cañerías, transformación que no acompañó la red. Asimismo, la Municipalidad de San Lorenzo realizó numerosas ampliaciones de redes, durante la concesión anterior (Aguas Provinciales) y la actual (Aguas Santafesinas), sin ningún tipo de análisis ni supervisión de la empresa prestadora del servicio, situación que alcanzó el año 2016, en el cual se crearon nuevos convenios para realizar ampliaciones de manera ordenada, planificada y supervisada.

Para acompañar la metamorfosis del abastecimiento, con el transcurrir del tiempo, las redes se fueron componiendo de dos acueductos internos (Norte y Sur) y diversas cañerías de refuerzos de presión que se han ido implementando conforme surgían las necesidades de mejoras en ciertos sectores de la ciudad.

5.4. Estructuras tarifarias

Las Estructuras Tarifarias también inciden en las posibilidades de gestión del ANC y ANF.

Básicamente, Aguas Santafesinas trabaja con dos clases de estructuras tarifarias que, sin el propósito de ser exhaustivo en las características de estas, se identifican seguidamente las incidencias más relevantes en la gestión del ANC y ANF:

a) Basada en un Sistema Catastral.

Desde hace tiempo los especialistas sobre consumos de agua no medidos han utilizado y aún utilizan una fórmula polinómica que involucra variables que buscan capturar las principales determinantes del consumo y la capacidad de pago mediante las características de los inmuebles de los usuarios tales como:

- Tamaño: superficie de terreno y superficie cubierta medidas en m².
- Antigüedad
- Localización
- Tipo Edificación

Este tipo de estructura tarifaria mediante consumos no medidos presenta problemas de injusticia tarifaria, ya que esas variables no siempre reflejan adecuadamente el consumo de agua que se intenta estimar, ya que con suma frecuencia se presentan inconsistencias, por ejemplo, el tamaño puede estar negativamente asociado con el ingreso y que la antigüedad puede estar asociada con mayor consumo.

b) Basada en la Micromedición.

Las debilidades señaladas anteriormente, se resuelven con la tarificación del agua mediante el consumo medido que, en Aguas Santafesinas, se desarrolla siguiendo el criterio de tarifa no lineal. Esta se compone de un cargo fijo y un cargo variable escalonado de acuerdo al consumo.

- Tarifa Lineal: implican un pago uniforme por unidad de consumo en \$/m³ sin cargo fijo.
- Tarifas No Lineales: se componen de un cargo fijo y un cargo variable con tarifa escalonada. Este tipo de estructura tarifaria brinda un marco de sostenibilidad de equilibrio técnico, económico, social y ambiental.

Los beneficios técnicos de la micromedición implican ahorro de agua intradomiciliario (disminución de derroches de agua) en la medida

que los sistemas de servicio con dotación de agua equilibrada entre las distintas zonas, permiten mejorar los hábitos de consumo de la población y con ello, optimizar la detección del ANC.

Entre los beneficios económicos de la micromedición, al inducir reducción de los consumos, permite disminuir los volúmenes de agua demandados ampliando la cobertura con la misma capacidad instalada, mejorando los estados financieros de la empresa. Asimismo, se reducen los costos de energía eléctrica, productos químicos y otros insumos.

Por último, deben mencionarse los beneficios ambientales que se producen al mejorar las condiciones de sostenibilidad del uso del recurso.

5.5. Volumen de agua producida

Como se indicó en apartados anteriores, existen dos formas de abastecimiento, mediante agua subterránea y agua superficial, que tienen su punto de encuentro en el nuevo centro de distribución de agua potable con una capacidad de 5.000 m³. La primera con explotación local, distribuida en doce perforaciones localizadas en el centro-oeste de la ciudad de San Lorenzo (ver Figura N°8). La segunda, es producida en la planta potabilizadora de Granadero Baigorria y transportada a través de un acueducto.

Para determinar el volumen de agua que ingresa al sistema existen dispuestos macromedidores monitoreados por SCADA, que se indican a continuación:

- a) Un macromedidor por cada perforación.
- b) Un macromedidor en la cañería que reúne las doce perforaciones, al ingreso del Centro de Distribución de Agua Potable.
- c) Un macromedidor dispuesto en el acueducto, que viene de la Planta de Granadero Baigorria, al ingreso del Centro de Distribución de Agua Potable.



Figura nº 8: Localización de Centro de Distribución y perforaciones

A los efectos de conocer el total de agua producida, se continuará trabajando con los registros que se indican por el macromedidor ubicado al ingreso del centro de distribución, sobre la cañería que reúne el caudal impulsado por las doce perforaciones.

5.6. Volumen de agua potable entregado a la red

Para tomar los volúmenes de agua que el nuevo Centro de Distribución entrega a la red, se cuenta con un macromedidor para una cañería de egreso única y un macromedidor sobre una de las bifurcaciones (Acueducto Norte) de esa cañería. Ambos se encuentran monitoreados a través de SCADA y a través de la diferencia algebraica entre ambos macromedidores se obtiene el volumen enviado al Acueducto Sur.

De acuerdo a los reportes de SCADA, en la Tabla N°1 se presentan los siguientes valores de salida de cisterna, volúmenes mensuales expresados en m³:

Año	Mes	Egreso de Cisterna SL Entregado a la Red m ³
2022	Julio	515960
	Agosto	526940
	Septiembre	511030
	Octubre	528700
	Noviembre	546910
	Diciembre	604100
2023	Enero	611360
	Febrero	548860
	Marzo	624130
	Abril	585180
	Mayo	599880
	Junio	599200

Tabla n° 1: Caudales de distribución a la red.

En la práctica se ha notado una diferencia notable entre los caudales de ingreso y egreso de cisterna. Esto es debido a dos factores: deficiencia en la instalación de macromedidores a la salida de las perforaciones; la cañería que reúne el aporte de las perforaciones, con paso por zonas de asentamientos precarios, se encuentra violentada por múltiples conexiones clandestinas comprobadas.

En la Figura N°9, se comparte la administración de la llegada de agua a través del Acueducto San Lorenzo a la cisterna y cómo es la distribución, medida con caudalímetros, que se introduce en las redes de la ciudad de San Lorenzo.

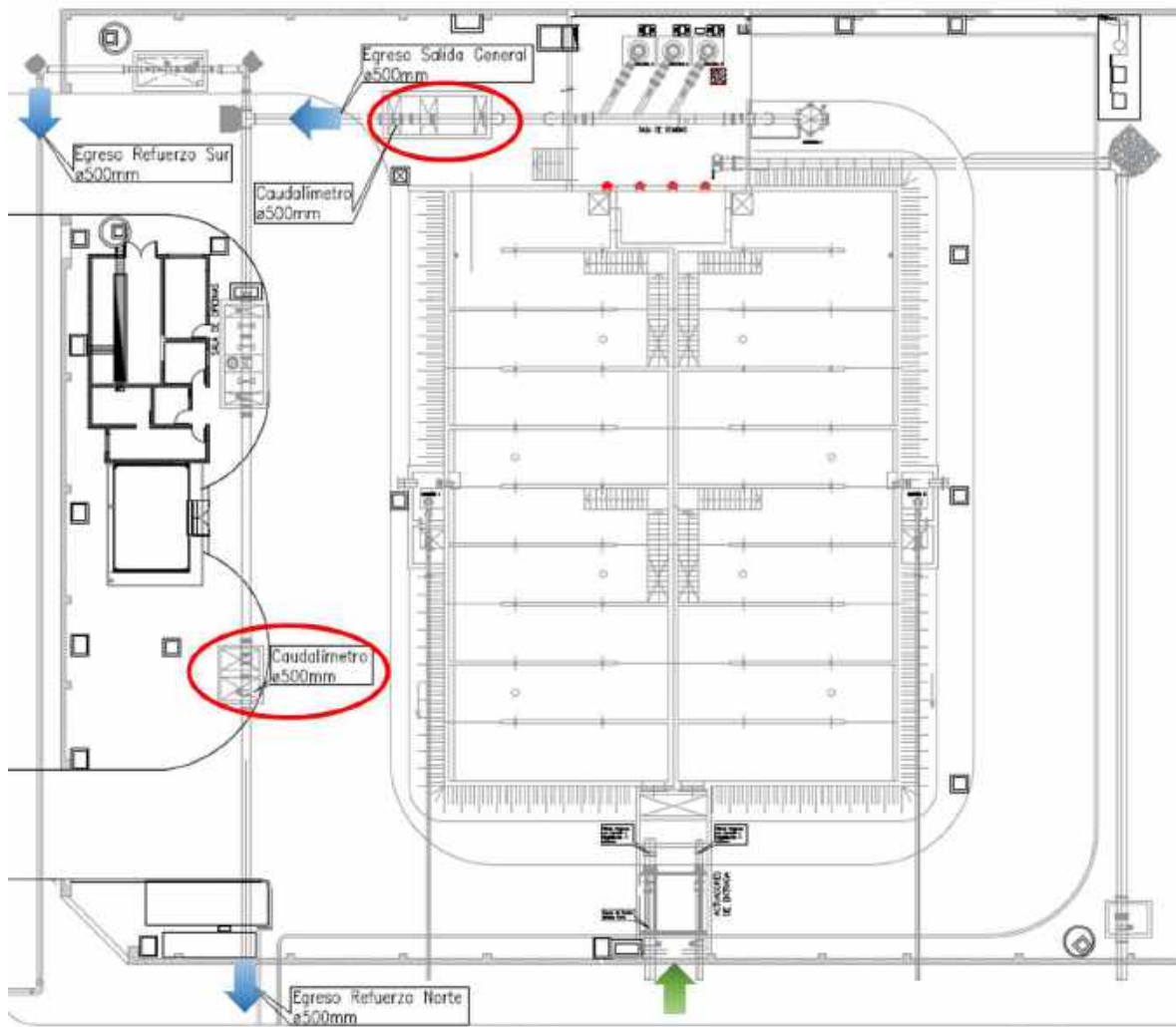


Figura nº 9: Nuevo Centro de Distribución de agua potable ubicado en el margen Oeste de San Lorenzo.

En la figura anterior, la flecha color verde representa el ingreso de agua a la Cisterna. En cambio, las de color azul indican los egresos del sistema.

5.7. Consumos facturados

Los valores de volúmenes facturados en el período de análisis son los que se presentan las Tabla N°2.

Período Comercial		Cantidad Clientes QA	Consumo No Medido (m ³)	Cantidad Clientes QM	Consumo Medido (m ³)	Consumo Total Facturado (m ³)
2022/04	Vto. Factura Agosto 2022	4297	110541	12664	427740	538281
2022/05	Vto. Factura Octubre 2022	4291	111043	12670	454644	565687

2022/06	Vto. Factura Diciembre 2022	4281	110835	12679	416659	527494
2023/01	Vto. Factura Febrero 2023	4281	110835	12689	454967	565802
2023/02	Vto. Factura Abril 2023	4279	110769	12689	532133	642902
2023/03	Vto. Factura Junio 2023	4261	110597	12691	534363	644960

Tabla n° 2: Consumos facturados.

Como se observa, los períodos comerciales son distintos a los operativos. Mientras estos últimos son mensuales, los primeros son bimestrales. Para conocer las diferencias, se sumarán los registros mensuales del volumen de salida de cisterna, haciendo coincidir con los períodos comerciales, presentando dichos resultados en la Tabla N°3 y Figura N°10.

Bimestre	Vol. Egr. Cisterna m ³ (a)	Vol. Facturado m ³ (b)	Vol. Diferencia (a) - (b) m ³	Porcentaje de pérdida
2022/04	1042900	538281	504619	48.39%
2022/05	1039730	565687	474043	45.59%
2022/06	1151010	527494	623516	54.17%
2023/01	1160220	565802	594418	51.23%
2023/02	1209310	642902	566408	46.84%
2023/03	1199080	644960	554120	46.21%

Tabla n° 3: Diferencia entre volumen distribuido y facturado.

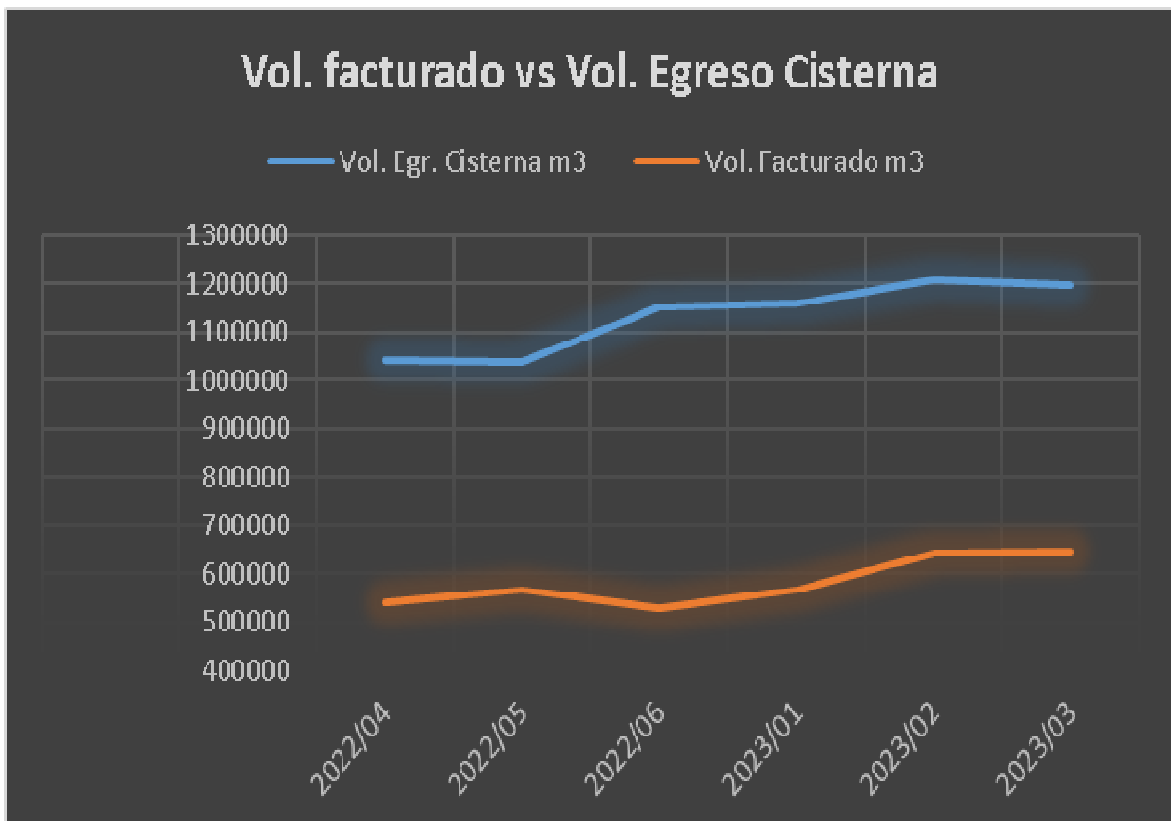


Figura nº 10: Gráfico comparativo de volumen facturado vs volumen que egresa de Cisterna

Analizando rápidamente el gráfico anterior, se desprende un aumento en los volúmenes impulsados a la red, crecimiento acompañado por el volumen facturado. Se puede decir, que hay una correspondencia entre ambos consumos, vinculados como se indicó en el ítem 5.1, por la micromedición del sistema que abarca el 94.30% de las conexiones de la ciudad, lo que estaría indicando un cambio en el hábito de consumo de la población que se podría corresponder con la falta de políticas de aumentos adecuados del servicio que acompañen el vertiginoso proceso inflacionario. De hecho, un servicio de TV/internet es mucho más costoso que un elemento vital como el servicio de agua y saneamiento. Si bien puede existir un déficit en la medición de micromedidores, se estima que el porcentaje es muy bajo debido a seguimientos que, se verán más adelante en este documento, que reduce las probabilidades de error en las lecturas.

El desafío en este presente trabajo final de la carrera de posgrado de Ingeniería Sanitaria, será diagnosticar y plantear las soluciones que reduzcan las diferencias, señaladas en la Figura N°10, entre los volúmenes de agua potable erogados a la red y los facturados.

6. Diagnóstico

Como primera medida, previo a un trabajo de sectorización y aislamientos de redes para el seguimiento y control del ANF, es importante realizar un diagnóstico a través de un balance hídrico.

Esta tarea permitirá conocer, en función de la fidelidad y confiabilidad de toda la información obtenida de la empresa prestadora de servicio de agua y saneamiento, el estado general de la red estableciendo un porcentaje de agua no facturada.

Finalmente, el diagnóstico conducirá a concentrarse sobre lo que puede controlarse desde la prestadora de servicio de agua y saneamiento, es decir, las pérdidas físicas de la red.

6.1. Balance hídrico

El Balance de Agua tiene como objetivo rastrear y contabilizar cada componente de agua de un sistema de abastecimiento. Busca identificar todos los componentes de consumo y pérdidas en un formato estandarizado. Un Balance de Agua claramente definido es el primer paso para evaluar el agua no facturada y gestionar las fugas en las redes de distribución.

Cuando se elabora un Balance de Agua, la exactitud de los volúmenes de pérdida de agua depende de la veracidad y calidad de los datos utilizados. Por lo que resulta necesaria una medición confiable de todos los volúmenes de agua que ingresan y salen del sistema de abastecimiento.

Actualmente, los elementos utilizados para la medición de caudales que egresan de la cisterna de la ciudad de San Lorenzo pueden considerarse de alta confiabilidad, debido a su escasa antigüedad y a que han mostrado ser fiables en la información brindada a través del SCADA.

Para realizar el balance hídrico, se trabajará con dos propuestas. La primera de ellas es el balance de agua desarrollado por la IWA. El segundo, es un balance desarrollado por el Ing. Miguel Durando, especialista en el tratamiento de agua no facturada en Aguas Santafesinas S.A., que ha aportado la información necesaria para llevar a cabo el proyecto final.

6.1.1. Balance de agua IWA

La IWA determina que las Empresas Prestadoras de Servicio deben realizar una auditoría por medio de un Balance de Agua con el fin de estimar la cantidad de agua para los principales componentes del consumo y de las pérdidas de agua. Asimismo, estimar también un precio para cada componente


con el fin de evaluar su impacto financiero. Un Balance de Agua detallado y preciso es la base para una estrategia de gestión de ANC.

A grandes rasgos, el Balance de Agua establece los conceptos para poder identificar y separar los componentes que lo forman:

- El Volumen de Entrada representa el volumen anual del sistema de abastecimiento o de una parte del mismo.
- El Consumo Autorizado es el volumen anual medido o no medido que es suministrado a usuarios registrados.
- Se establecen también los conceptos de agua que genera ingresos y el agua que no genera ingresos, el primero es igual al Consumo Autorizado Facturado, y el segundo igual a la diferencia resultante entre el Volumen de Agua y el Consumo Autorizado Facturado.
- Las pérdidas de agua corresponden a las Pérdidas Aparentes y a las Pérdidas Reales, que es equivalente a la diferencia entre el volumen de entrada y el Consumo Autorizado.
- Las pérdidas aparentes son la suma de los Consumos No Autorizados y las mediciones inexactas, también denominadas “Pérdidas de Gestión”.
- Las pérdidas reales comprenden las fugas y derrames en las tuberías y tanques desde la fuente hasta el punto de medición del usuario, y se denominan asimismo “Pérdidas Físicas”.

A continuación, se expone la pantalla de inicio del balance que se analizó para Aguas Santafesinas en el Distrito San Lorenzo:

En adelante, se mostrarán los datos de entrada para cada uno de los ítems, exponiendo toda la información recabada de Aguas Santafesinas en la ciudad de San Lorenzo:



WB-EasyCalc
The free water balance software
Version 6.17 (19 August 2021)

Nombre de la Empresa: **Aguas Santafesinas S.A.** Año: **2023**

Los volúmenes empleados para este balance hídrico corresponden a un período de: **120** Días

Datos de entrada

- Inicio
- Cambiar de idioma
Change Language
- 1.) Volumen de entrada al sistema
- 2.) Consumo facturado
- 3.) Consumo no facturado
- 4.) Consumo no autorizado
- 5.) Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura
- 6.) Información del sistema
- 7.) Presión
- 8.) Continuidad del servicio
- 9.) Información financiera

En adelante, se analizarán los períodos 05/2022 y 06/2022.

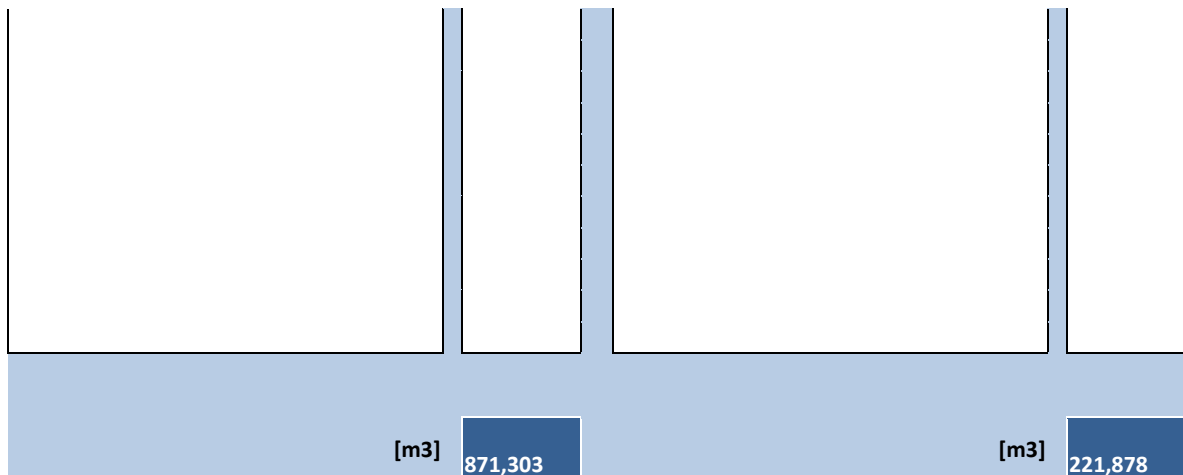
1. Volumen de entrada al sistema

Se analizan los períodos 05/2022 y 06/2022 con una salida total de cisterna de 2.190.740 m³.

Volumen de entrada al sistema		
Fuente de suministro	[m3]	Margen de error [+/- %]
Egreso de cisterna	2,190,740	5.0%

2. Consumo facturado

Consumo facturado medido		Consumo facturado no medido	
Descripción	[m3]	Descripción	[m3]
Agua en bloque (Exportada)		Agua en bloque (Exportada)	
Consumo QM período 2022/05	454,644	Consumo QA periodo 2022/05	111,043
Consumo QM período 2022/06	416,659	Consumo QA periodo 2022/06	110,835



3. Consumo no facturado

Realizando la diferencia entre el volumen real consumido y el volumen facturado no medido (Qa) de los períodos en estudio (05/2022 y 06/2022), se obtiene el consumo no facturado no medido.

El volumen real consumido se estima tomando el promedio de los consumos medidos de los dos bimestres analizados, de acuerdo con los datos presentados en la tabla del apartado 5.7. A esta estimación se le aplica un incremento del 40%, con el fin de prever el consumo irracional de usuarios no medidos y los consumos de usuarios medidos que se perdonan debido a desacuerdos en la facturación relacionados con pérdidas internas.

Estudios de consumos realizados por Aguas Provinciales de Santa Fe para la ciudad de Rosario, emitido por los profesionales Miguel Durando, María Eugenia Torra y Carlos Tassara en Agosto del año 1999, revelan consumos de usuarios no medidos en un 60% superior del correspondiente a usuarios medidos. Por lo tanto, considerando el avance de la conciencia social en el uso racional del agua y que en San Lorenzo fue siempre un recurso escaso hasta la puesta en servicio del nuevo acueducto, se adopta un incremento del 40% de uso de agua de usuarios no medidos por sobre los medidos.

Consecuentemente, de acuerdo a los valores de Tabla N° 2 se deduce el consumo promedio por usuario en el total del período analizado:

$$\text{Prom. (05/22)} = Q_m(05/22) / \text{usuarios} = 454.644 \text{ m}^3 / 12670 = 35,88 \text{ m}^3/\text{usuario}$$

$$\text{Prom. (06/22)} = Q_m(06/22) / \text{usuarios} = 416.659 \text{ m}^3 / 12679 = 32,86 \text{ m}^3/\text{usuario}$$

$$\text{Prom. período (05/22 + 06/22)} = 35,88 \text{ m}^3/\text{us.} + 32,86 \text{ m}^3/\text{us} = 68,75 \text{ m}^3/\text{usuario}$$

desarrollada por el personal que, a los fines académicos, sirven para este análisis.

Consumo no autorizado					
Descripción	Numero estimado	Margen de error [+/- %]	Personas por vivienda	Consumo [litros/persona/día]	Total [m3]
Conexiones domésticas ilegales	350	30%	5.0	250	52,500
				Consumo [litros/conexión/día]	
Otras conexiones ilegales	20	15%		300	720
				Consumo [litros/usuario/día]	
Medidor intervenido, bypass en clientes registrados	200	20%		250	6,000
				Consumo [m3/día]	
					-
					-
					-
					-
Margen de error [+/-]		26.7%			
Consumo no autorizado [m3]					
Mínimo					43,424
Máximo					75,016
Mejor estimación					59,220

5. Inexactitud de la Micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura

Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura				
Descripción	Total [m3]	Submedición	Total [m3]	Margen de error [+/- %]
Ingrese 1 para un valor general del subregistro de los medidores o 2 para entrar manualmente los volúmenes y el nivel de subregistro para diferentes tipos de medidores o clientes.			1	
Consumo facturado medido (sin agua en bloque)	871,303	10.0%	96,811	20%
Consumo facturado medido (sin agua en bloque)	Total [m3]	Submedición		
			-	

			-	
Agua en bloque medida (Exportada)	-		-	
Consumo no facturado medido (sin agua en bloque)	-		-	
		% estimado de lecturas anómalas		
Prácticas inadecuadas de lectura de los medidores	1,093,181		-	
Errores en el manejo de los datos de lectura (Oficina)				
Margen de error [+/-]				20.0%
Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura				
Mínimo			77,449	
Máximo			116,174	
Mejor estimación			96,811	

6. Información del sistema

Redes de distribución y transmisión		Acometidas/Tomas/Conexiones de servicio		
Descripción	Longitud [km]	Descripción	Número	Margen de error [+/- %]
Longitud red de distribución de agua San Lorenzo	192.0	Número de clientes activos	16,999	1.0%
		Número de conexiones de los clientes registrados	14,047	3%
		Nota: este valor es muy probable que sea algo menor que el número de clientes registrados		
		Número de cuentas inactivas con una conexión de servicio existente	0	1%
		Número estimado de conexiones clandestinas	370	30.0%
		Margen de error [+/-]		3%
		Número de conexiones		
		Mínimo	13,981	
		Máximo	14,853	
		Mejor estimación	14,417	
Total [km]	192.0	Longitud promedio de la tubería desde el límite de la propiedad hasta el medidor de consumos [metros]	0.6	10%
Possible subestimación				
Total [km]	192.0	Longitud total de las tuberías desde el límite de la propiedad hasta el medidor de consumos [km]	9	10%
Margen de error [+/-]	1.0%			
Longitud de las tuberías [km]				
Mínimo	190.1			
Máximo	193.9			
Mejor estimación	192.0			

7. Presión

Presión promedio		
Área	Número aproximado de conexiones	Presión promedio [m] (c.s.p.)
Radio servido San Lorenzo	14,047	8.9
Margen de error [+/-]		15%
Presión promedio [m] (c.s.p.)		
Mínimo		7.6
Máximo		10.2
Mejor estimación		8.9

8. Continuidad del servicio

Continuidad del servicio			
Área	Número aproximado de	Periodo de suministro	Periodo de suministro
Radio servido San Lorenzo	14,047	7	24.0
Margen de error [+/-]			0%
Tiempo promedio de suministro [h/día]			
Mínimo			24.0
Máximo			24.0
Mejor estimación			24.0

9. Información financiera

Para el análisis de la información financiera, se toma como referencia el costo marginal de 0.022 U\$/m³, establecido en la auditoría realizada por HYTSA ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. en 2018. No obstante, dado que este valor fue calculado bajo condiciones operativas diferentes (en ese momento no existía el acueducto San Lorenzo ni su sistema de recepción y reimpulsión), y considerando el impacto del atraso cambiario, se adopta un valor ajustado, duplicando la cifra original, es decir, 0.044 U\$/m³.

En cambio, la tarifa promedio (0,30 U\$/m³) fue obtenida de la facturación correspondiente al período en estudio, información brindada por la Jefatura comercial de Aguas Santafesinas S.A.

Información financiera		
	por m3	Moneda
Tarifa promedio	0.30	U\$S
Costos variables de producción y distribución (costo marginal del agua)	0.04	U\$S
Componente del agua no facturada	Valor Anual	
Consumo no facturado medido	-	U\$S
Consumo no facturado no medido	173,505	U\$S
Pérdidas aparentes (comerciales)	142,379	U\$S
Inexactitud de la micromedición y errores en el Consumo no autorizado	88,340 54,038	U\$S U\$S
Pérdidas reales (físicas)	100,560	U\$S
Volumen total(m3/d)	6,262	
Volumen que puede ser vendido a clientes existentes o potenciales (m3/d)		
Valor total del agua no facturada	416,444	U\$S
Costos anuales de operación (sin depreciación)	546,939,056	U\$S

6.1.1.1. Balance hídrico en m³/día y m³/año.

Balance hídrico en m³ por día

Volumen de entrada al 18,256 m ³ /día Margen de error [+/-] 5.0%	Consumo autorizado 10,694 m ³ /día Margen de error [+/-] 2.2%	Consumo autorizado facturado 9,110 m ³ /día	Consumo facturado medido 7,261 m ³ /día	Agua facturada 9,110 m ³ /día	
			Consumo facturado no medido 1,849 m ³ /día		
	Pérdidas de agua 7,562 m ³ /día Margen de error [+/-] 12.5%	Consumo autorizado no facturado 1,585 m ³ /día Margen de error [+/-] 15.0%	Pérdidas aparentes (comerciales) 1,300 m ³ /día Margen de error [+/-] 16.0%	Consumo no facturado medido 0 m ³ /día	Agua no facturada 9,146 m ³ /día Margen de error [+/-] 10.0%
				Consumo no facturado no medido 1,585 m ³ /día Margen de error [+/-] 15.0%	
			Consumo no autorizado 494 m ³ /día Margen de error [+/-] 26.7%	Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura 807 m ³ /día Margen de error [+/-] 20.0%	
		Pérdidas reales (físicas) 6,262 m ³ /día Margen de error [+/-] 15.4%			

Balance hídrico en m³ por año

Volumen de entrada al 6,663,501 m ³ /año Margen de error [+/-] 5.0%	Consumo autorizado 3,903,441 m ³ /año Margen de error [+/-] 2.2%	Consumo autorizado facturado 3,325,092 m ³ /año	Consumo facturado medido 2,650,213 m ³ /año	Agua facturada 3,325,092 m ³ /año	
			Consumo facturado no medido 674,879 m ³ /año		
	Pérdidas de agua 2,760,060 m ³ /año Margen de error [+/-] 12.5%	Consumo autorizado no facturado 578,349 m ³ /año Margen de error [+/-] 15.0%	Pérdidas aparentes (comerciales) 474,596 m ³ /año Margen de error [+/-] 16.0%	Consumo no facturado medido 0 m ³ /año	Agua no facturada 3,338,409 m ³ /año Margen de error [+/-] 10.0%
				Consumo no facturado no medido 578,349 m ³ /año Margen de error [+/-] 15.0%	
			Consumo no autorizado 180,128 m ³ /año Margen de error [+/-] 26.7%	Inexactitud de la micromedición y errores en el manejo de los datos de lectura 294,468 m ³ /año Margen de error [+/-] 20.0%	
		Pérdidas reales (físicas) 2,285,464 m ³ /año Margen de error [+/-] 15.4%			

Esta evaluación del sistema presenta un panorama preocupante en materia de producción de agua con destino principalmente en pérdidas reales físicas estimadas en 6.262 m³/día. En menor medida, y no menos importante, se disipan 1.300 m³/día de agua potable en pérdidas comerciales. Finalmente, este balance proyecta un valor de un 50% de agua no facturada.

Será menester de este trabajo final analizar la solución para bajar la alta incidencia del porcentaje de agua no facturada sin que ello

implique costos onerosos para la empresa prestadora del servicio de agua y saneamiento.

A continuación, se presentan diversos indicadores de performance de infraestructura derivados del balance de agua IWA.

6.1.1.2. ILI (Infraestructure Leakage Index).

El índice ILI es una medida del grado de gestión de las pérdidas reales a la presión actual, no implicando que la presión actual se la óptima. Es decir, es un indicador de pérdidas físicas relacionadas con la infraestructura. Este índice no contempla las pérdidas comerciales.

El índice ILI es la relación entre las Pérdidas Reales Anuales Actuales (CAPL) y las Pérdidas Reales Anuales Inevitables (MAPL), es decir, $ILI = CAPL / MAPL$.

Al ser una proporción, el ILI no tiene unidades y, por lo tanto, facilita las comparaciones entre países que utilizan diferentes unidades de medida (métricas, estadounidenses, británicas).

Los distintos valores que pueda adoptar el índice ILI, se relacionan con el estado del sistema de redes de distribución de agua potable. A continuación, se escriben sus indicadores según sus valores:

ILI = 1 ➡ Representa las pérdidas reales inevitables. Cualquier esfuerzo por reducir las pérdidas, resulta antieconómico.

ILI = 2 a 4 ➡ Implica una buena performance del operador. Por lo tanto, un esfuerzo adicional por reducirlo, puede resultar antieconómico, a menos que haya escasez de agua.

ILI = 4 a 8 ➡ Permite realizar mejoras considerando la gestión de la presión, llevando adelante mejores prácticas de control de pérdidas y mejoramiento en la red.

ILI = 8 a 16 ➡ Representa un sistema deficiente, solo tolerable si el agua es abundante y barata. Incluso si la obtención del recurso fuese económica, se requiere atender las pérdidas e intensificar esfuerzos para su reducción.

ILI > 16 ➡ Representa un uso altamente ineficiente del recurso e implica priorizar la reducción de fugas.

Para el cálculo del índice ILI, se tomará la información brindada de la planilla de balance hídrico de IWWA, WB-EasyCalc, que a continuación se expone en la Figura N°11.

Indicadores de gestión				
Nivel de servicio				
	Mejor estimación	Margen de error [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
Tiempo promedio de suministro [h/día]	24.0	0%	24.0	24.0
Presión promedio [m] (c.s.p.)	8.9	15%	7.6	10.2
Volumen de pérdidas reales (físicas)				
	Mejor estimación	Margen de error [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
CAPL - Volumen actual anual de pérdidas reales [m3/día]	6,262	15%	5,296	7,228
MAPL - Pérdidas reales anuales inevitables [m3/día]	135	15%	115	156

Figura n° 11: Valores para el cálculo de índice ILI.

De acuerdo a lo indicado anteriormente, el $ILI = CAPL/MAPL$. Por lo tanto, reemplazando valores de tabla resulta:

$$ILI = \frac{6.262 \text{ m}^3/\text{día}}{135 \text{ m}^3/\text{día}} = 46 > 16 \rightarrow \text{Uso altamente ineficiente del recurso.}$$

Un índice ILI que supera el valor de 16, implica priorizar y orientar todos los esfuerzos en la reducción de fugas reales del sistema.

Los inconvenientes de este índice es que no tiene en cuenta las pérdidas comerciales, entre ellas, las generadas por los sistemas sin medición total donde hay subfacturación del consumo real por el derroche, los fraudes a cortes y micromedidores, ni el consumo de agua a través de conexiones clandestinas.

Otros de los problemas del ILI es que se trata de un valor poco entendible a nivel gerencial, político y público. Asimismo, cuando el

abastecimiento de agua no es continuo, el índice no es representativo, que no es el caso de la ciudad de San Lorenzo.

6.1.1.3. Pérdida por conexión por día.

Volviendo sobre la hoja de cálculo WB-EasyCalc, de sus indicadores de pérdida de agua, se obtiene la pérdida por conexión por día de la ciudad de San Lorenzo, que resulta de 634 lts/conexión.día, o lo que es lo mismo 0.63 m³/conexión.día. Esto obtenido de figura n° 14: indicadores de pérdidas total. Cabe destacar que estos valores son para sistemas intermitentes, que no es el caso en estudio.

Si bien no es un indicador determinante, permite concluir que, a pesar del mal estado general de la red de distribución de agua potable, su valor se encuentra por debajo de la media internacional (0.70 m³/conexión.día) y de la media latinoamericana (0.75 m³/conexión.día).

6.1.1.4. Otros indicadores de WB-EasyCalc.

En las planillas de las Figuras N°12, 13 y 14, se observan indicadores sobre la gestión de las pérdidas reales y comerciales que, según sus valores las ubica en un determinado grupo de desempeño.

Indicadores de gestión para las pérdidas reales (físicas)				
	Mejor estimación	Margen de error [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
Índice de fugas estructural (IFE)	46	22%	36	56
Litros por conexión por día (c.s.p.) c.s.p.: cuando el sistema esta presurizado. Esto significa que este valor ya está corregido en el caso de sistemas intermitentes	434	16%	366	503
Litros por conexión por día por metro de presión (c.s.p.)	49	22%	38	59
m ³ /km de red por hora (c.s.p.)	1.36	15%	1.15	1.57

Figura n° 12: Indicadores de pérdidas reales.

Indicadores de gestión para las pérdidas aparentes (comerciales)				
	Mejor estimación	Margen de error [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
Pérdidas aparentes (comerciales) expresadas como % del consumo autorizado	12%	24%	9%	15%
litros/conexión/día	90	16%	75	105
litros/cliente/día	76	16%	64	89

Figura n° 13: Indicadores de pérdidas aparentes.

Indicadores de pérdidas de agua				
	Mejor estimación	Margen de error [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
Volumen de agua no facturada expresado como % del volumen de entrada al sistema	50%	10%	45%	55%
Valor del agua no facturada expresado como % de los costos anuales de operación	0%	10%	0%	0%
Litros por conexión por día (c.s.p.) c.s.p.: cuando el sistema esta presurizado. Esto significa que este valor ya está corregido en el caso de sistemas intermitentes	634	10%	568	701

Figura n° 14: Indicadores de pérdidas total.

Que todos los indicadores de gestión de las pérdidas lo ubiquen en el grupo/categoría "D", significa que el sistema es altamente ineficiente, por lo que es imperativo y de alta prioridad desarrollar un programa integral de reducción de pérdidas.

Para dimensionar el estado del sistema, a continuación, se describen las categorías involucradas en un balance de agua.

A1 Desempeño notable en la gestión de las pérdidas físicas. Teóricamente son posibles reducciones marginales adicionales.

A2 La reducción adicional de las pérdidas puede ser antieconómica, aunque, se presenten racionamientos. Se requiere de un análisis cuidadoso para identificar las medidas de mejoramiento costo efectivas.

B Potencial de mejoramiento interesante. Considere la gestión de presiones, unas mejores prácticas para el control activo de pérdidas y un mejor mantenimiento del sistema.

C El nivel de pérdidas es importante. Esta situación es tolerable sólo si el agua es barata y en exceso. Aun así, analice el nivel y naturaleza de las pérdidas e intensifique los esfuerzos por su reducción.

D El uso de los recursos es terriblemente ineficiente. Los programas de reducción de pérdidas son imperativos y de alta prioridad.

6.2. Análisis caudales diarios y mínimos nocturnos.

Para la evaluación de los balances de agua elaborados por Aguas Santafesinas S.A., se ha toma los valores de caudal de salida de la cisterna de un día completo de época invernal. En la Tabla N°4, se exponen los valores reportados por SCADA el 19 de junio de 2023 entre las 00:00 y las 23:59 hs:

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
00:03	779 m3/hs	08:08	781 m3/hs	16:08	896 m3/hs
00:08	782 m3/hs	08:13	839 m3/hs	16:13	903 m3/hs
00:13	784 m3/hs	08:18	829 m3/hs	16:18	904 m3/hs
00:18	777 m3/hs	08:23	840 m3/hs	16:23	912 m3/hs
00:23	784 m3/hs	08:28	845 m3/hs	16:28	900 m3/hs
00:28	772 m3/hs	08:33	844 m3/hs	16:33	894 m3/hs
00:33	760 m3/hs	08:38	850 m3/hs	16:38	902 m3/hs
00:38	772 m3/hs	08:43	845 m3/hs	16:43	881 m3/hs
00:43	774 m3/hs	08:48	862 m3/hs	16:48	890 m3/hs
00:48	767 m3/hs	08:53	859 m3/hs	16:53	896 m3/hs
00:53	756 m3/hs	08:58	867 m3/hs	16:58	896 m3/hs
00:58	748 m3/hs	09:03	870 m3/hs	17:03	884 m3/hs
01:03	754 m3/hs	09:08	871 m3/hs	17:08	897 m3/hs
01:08	743 m3/hs	09:13	877 m3/hs	17:13	888 m3/hs

01:13	744 m3/hs	09:18	883 m3/hs	17:18	891 m3/hs
01:18	742 m3/hs	09:23	885 m3/hs	17:23	889 m3/hs
01:23	736 m3/hs	09:28	885 m3/hs	17:28	887 m3/hs
01:28	737 m3/hs	09:33	895 m3/hs	17:33	883 m3/hs
01:33	739 m3/hs	09:38	884 m3/hs	17:38	896 m3/hs
01:38	727 m3/hs	09:43	888 m3/hs	17:43	887 m3/hs
01:43	723 m3/hs	09:48	898 m3/hs	17:48	891 m3/hs
01:48	730 m3/hs	09:53	897 m3/hs	17:53	896 m3/hs
01:53	722 m3/hs	09:58	906 m3/hs	17:58	886 m3/hs
01:58	731 m3/hs	10:03	899 m3/hs	18:03	892 m3/hs
02:03	729 m3/hs	10:08	908 m3/hs	18:08	891 m3/hs
02:08	717 m3/hs	10:13	904 m3/hs	18:13	881 m3/hs
02:13	725 m3/hs	10:18	901 m3/hs	18:18	884 m3/hs
02:18	714 m3/hs	10:23	906 m3/hs	18:23	879 m3/hs
02:23	712 m3/hs	10:28	910 m3/hs	18:28	890 m3/hs
02:28	711 m3/hs	10:33	902 m3/hs	18:33	891 m3/hs
02:33	719 m3/hs	10:38	914 m3/hs	18:38	894 m3/hs
02:38	711 m3/hs	10:43	924 m3/hs	18:43	890 m3/hs
02:43	708 m3/hs	10:48	927 m3/hs	18:48	882 m3/hs
02:48	705 m3/hs	10:53	911 m3/hs	18:53	880 m3/hs
02:53	711 m3/hs	10:58	912 m3/hs	18:58	891 m3/hs
02:58	705 m3/hs	11:03	914 m3/hs	19:03	892 m3/hs
03:03	697 m3/hs	11:08	929 m3/hs	19:08	894 m3/hs
03:08	707 m3/hs	11:13	919 m3/hs	19:13	895 m3/hs
03:13	704 m3/hs	11:18	907 m3/hs	19:18	890 m3/hs
03:18	700 m3/hs	11:23	922 m3/hs	19:23	891 m3/hs
03:23	691 m3/hs	11:28	914 m3/hs	19:28	898 m3/hs
03:28	701 m3/hs	11:33	917 m3/hs	19:33	894 m3/hs
03:33	693 m3/hs	11:38	927 m3/hs	19:38	902 m3/hs
03:38	692 m3/hs	11:43	929 m3/hs	19:43	894 m3/hs
03:43	702 m3/hs	11:48	932 m3/hs	19:48	904 m3/hs
03:48	696 m3/hs	11:53	920 m3/hs	19:53	904 m3/hs
03:53	697 m3/hs	11:58	926 m3/hs	19:58	891 m3/hs
03:58	697 m3/hs	12:03	929 m3/hs	20:03	895 m3/hs
04:03	692 m3/hs	12:08	927 m3/hs	20:08	902 m3/hs
04:08	699 m3/hs	12:13	934 m3/hs	20:13	901 m3/hs
04:13	699 m3/hs	12:18	943 m3/hs	20:18	910 m3/hs
04:18	696 m3/hs	12:23	937 m3/hs	20:23	904 m3/hs
04:23	692 m3/hs	12:28	933 m3/hs	20:28	907 m3/hs
04:28	685 m3/hs	12:33	937 m3/hs	20:33	914 m3/hs
04:33	686 m3/hs	12:38	930 m3/hs	20:38	913 m3/hs
04:38	681 m3/hs	12:43	927 m3/hs	20:43	905 m3/hs
04:43	694 m3/hs	12:48	928 m3/hs	20:48	909 m3/hs
04:48	690 m3/hs	12:53	937 m3/hs	20:53	911 m3/hs
04:53	689 m3/hs	12:58	940 m3/hs	20:58	919 m3/hs

04:58	682 m3/hs	13:03	931 m3/hs	21:03	909 m3/hs
05:03	692 m3/hs	13:08	937 m3/hs	21:08	904 m3/hs
05:08	694 m3/hs	13:13	935 m3/hs	21:13	905 m3/hs
05:13	688 m3/hs	13:18	943 m3/hs	21:18	897 m3/hs
05:18	687 m3/hs	13:23	939 m3/hs	21:23	897 m3/hs
05:23	687 m3/hs	13:28	940 m3/hs	21:28	906 m3/hs
05:28	695 m3/hs	13:33	938 m3/hs	21:33	904 m3/hs
05:33	692 m3/hs	13:38	944 m3/hs	21:38	906 m3/hs
05:38	685 m3/hs	13:43	936 m3/hs	21:43	899 m3/hs
05:43	693 m3/hs	13:48	932 m3/hs	21:48	906 m3/hs
05:48	697 m3/hs	13:53	938 m3/hs	21:53	904 m3/hs
05:53	693 m3/hs	13:58	943 m3/hs	21:58	903 m3/hs
05:58	698 m3/hs	14:03	932 m3/hs	22:03	899 m3/hs
06:03	699 m3/hs	14:08	935 m3/hs	22:08	900 m3/hs
06:08	700 m3/hs	14:13	934 m3/hs	22:11	796 m3/hs
06:13	748 m3/hs	14:18	931 m3/hs	22:13	804 m3/hs
06:18	723 m3/hs	14:23	927 m3/hs	22:18	827 m3/hs
06:23	727 m3/hs	14:28	934 m3/hs	22:23	817 m3/hs
06:28	729 m3/hs	14:33	933 m3/hs	22:28	810 m3/hs
06:33	727 m3/hs	14:38	930 m3/hs	22:33	808 m3/hs
06:38	722 m3/hs	14:43	940 m3/hs	22:38	821 m3/hs
06:43	731 m3/hs	14:48	931 m3/hs	22:43	811 m3/hs
06:48	734 m3/hs	14:53	923 m3/hs	22:48	819 m3/hs
06:53	735 m3/hs	14:58	923 m3/hs	22:53	812 m3/hs
06:58	747 m3/hs	15:03	920 m3/hs	22:58	807 m3/hs
07:03	734 m3/hs	15:08	911 m3/hs	23:03	812 m3/hs
07:08	748 m3/hs	15:13	923 m3/hs	23:08	817 m3/hs
07:13	745 m3/hs	15:18	922 m3/hs	23:13	816 m3/hs
07:18	747 m3/hs	15:23	915 m3/hs	23:18	809 m3/hs
07:23	750 m3/hs	15:28	901 m3/hs	23:23	795 m3/hs
07:28	754 m3/hs	15:33	910 m3/hs	23:28	801 m3/hs
07:33	759 m3/hs	15:38	901 m3/hs	23:33	800 m3/hs
07:38	778 m3/hs	15:43	900 m3/hs	23:38	802 m3/hs
07:43	767 m3/hs	15:48	911 m3/hs	23:43	788 m3/hs
07:48	769 m3/hs	15:53	904 m3/hs	23:48	787 m3/hs
07:53	772 m3/hs	15:58	899 m3/hs	23:53	792 m3/hs
07:58	775 m3/hs	16:03	909 m3/hs	23:58	796 m3/hs

Tabla n° 4: Caudales de distribución en un día completo con bajas temperaturas

De aquí se desprenden algunos valores que servirán de base para el balance hídrico:

Caudal medio: $Q_{med} = 836 \text{ m}^3/\text{hs}$

Caudal máximo: $Q_{m\acute{a}x} = 944 \text{ m}^3/\text{hs}$

Caudal mínimo nocturno: $Q_{m\acute{i}n.noc} = 681 \text{ m}^3/\text{hs}$

El método de los caudales mínimos nocturno se basa en considerar que la noche el caudal tiende a ser mínimo, siendo el mismo constituido por las fugas inevitables y un mínimo consumo residencial (controlando si hay fábricas, hospitales o cualquier gran consumidor nocturno y deducirlo).

Una vez deducidos los consumos, lo restante son las pérdidas físicas de las redes y, en caso de no haber micromedición, también las pérdidas internas residenciales (aparentes).

Otra forma de expresar los caudales presentados en la Tabla N°5, es a través de un gráfico hora vs caudal, que es también información provista por SCADA, como se observa en la Figura N°15:

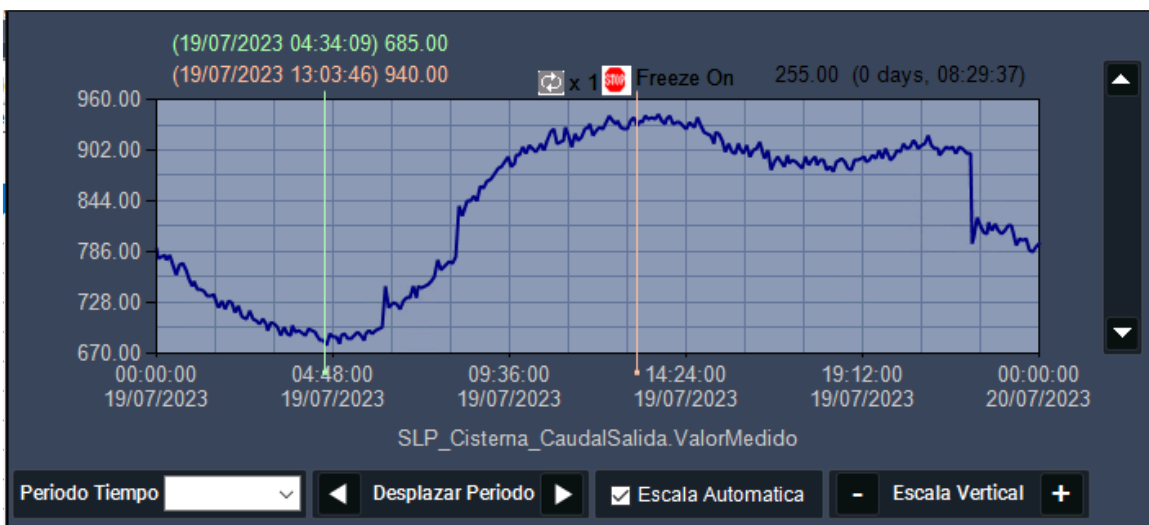


Figura n° 15: Gráfico Caudal vs Tiempo

Caudal medio diario	836	m3/h
Caudal max diario	944	m3/h
Caudal min. Noct	681	m3/h
I1	1.4	<3 fugas importantes
I2	0.81	>0,35 fugas importantes

Long. Total red km.	192
---------------------	-----

Donde I1 representa la relación entre el caudal máximo diario y el mínimo nocturno, mientras que I2 es el cociente entre el caudal mínimo nocturno y el caudal medio diario

**Cálculo IWA
para sector
elegido**

Down	UARL	163,848	l/día	9	m3/h
	Long. Red	192	km.		
	Conexiones	14,047	N°		
	Long. Conexión	10	m.		
	Presión media	9	mca		
	Consumo Noct	70.235	m3/h	70	m3/h
	Cálculo caudal mínimo nocturno IWA			82	m3/h
	Para D° (mm)	60	v=	8.04	m/s
	Modelo Artigas	0.2	l/s km.	138	m3/h
	Nivel de infrae.	Malo			
	Fugas inev	17,244	l/h.	17	m3/h
	Cálculo caudal mínimo nocturno BID			90	m3/h
Top	Por I2	0		293	m3/h
	Por I1	6		157	m3/h
Consumo nocturno de grandes clientes			3.00	m3/h	

Si se vuelca en un gráfico la información adquirida anteriormente, se obtiene la siguiente interpretación visual presentada en la Figura N°12:

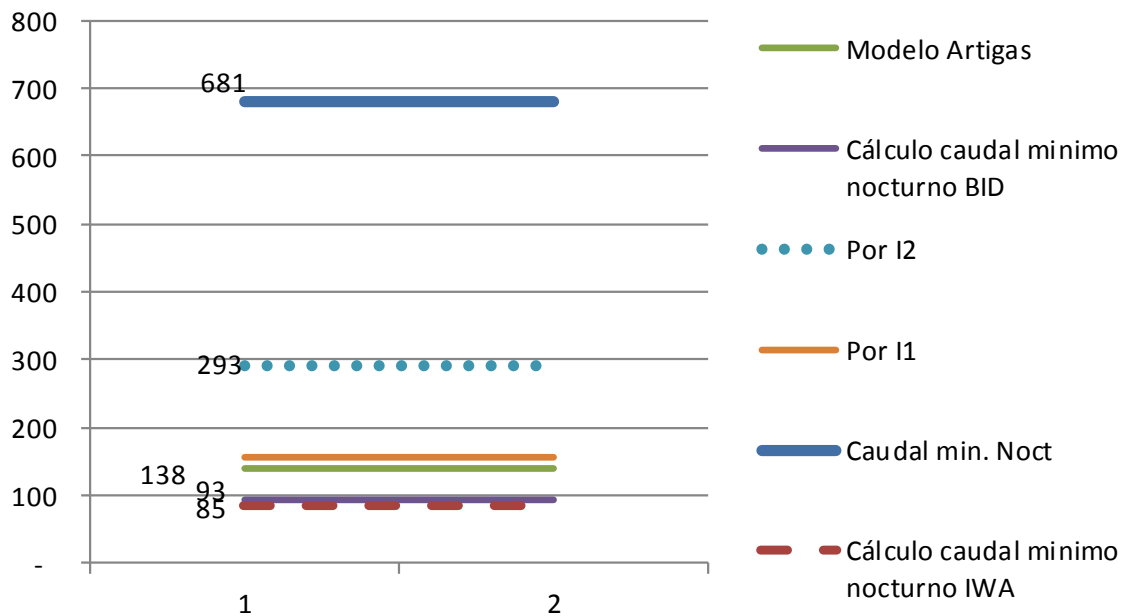


Figura n° 16: Cálculo de Caudales mínimo nocturno

Los valores obtenidos en la Figura N°16 expresan caudal mínimo nocturno según cálculos de distintos autores en función de conocimientos empíricos. Para el análisis del presente proyecto, se tomará el valor más conservador, el obtenido a través del índice I2, caudal que se adquiere de la hipótesis que ese indicador es igual a 0,35. Despejando el caudal mínimo nocturno, resulta el mismo en 293 m³/hs.

De lo expresado en el gráfico anterior, rápidamente se advierte un caudal de pérdida mínimo de 388 m³/hs. El restante, 293 m³/hs (I2), corresponde al consumo real nocturno donde, por ejemplo, se llenan tanques de reserva domiciliarios, donde existe demanda insatisfecha diurna, fugas inevitables e industrias. Este último valor, debería ser como máximo el caudal mínimo nocturno en un sector saneado a través de la reparación de fugas reales para el caso en análisis.

El caudal mínimo nocturno está representado por los consumos mínimos nocturnos (I1), las fugas de fondo y las fugas por estallido.

Este balance, presenta características desalentadoras, al igual que el realizado en el apartado anterior, en cuanto al estado del sistema de redes de la ciudad.

Para cotejar el último balance con WB-EasyCalc, es necesario llevar el valor de caudal de pérdida nocturno 388 m³/hs en términos de volumen por día. Debido a que durante el día la presión baja por el consumo, las fugas en la red son menores. Por lo tanto, se adopta criterio que el total de pérdidas durante 24

hs puede definirse en un 70% del valor nocturno, debido a que las fugas no se consideran constante durante todo el día (parte se traslada al consumo). Es decir:

$$\text{Caudal de pérdidas físicas} = 388 \text{ m}^3/\text{hs} \times 0,70 \times 24 \text{ hs/día} = 6518 \text{ m}^3/\text{día}$$

Consecuentemente, es posible decir los valores de calculados de caudal de pérdida física diaria es semejante al obtenido con el balance de WB-EasyCalc, de 6262 m³/día.

6.3. Evaluación de diagnóstico

De acuerdo a lo desarrollado hasta el momento en este capítulo, todos los indicadores apuntan a un sistema de distribución de agua totalmente deficiente con pérdidas económicas ante la falta de tratamiento de las fugas físicas y comerciales. Por lo tanto, es necesario una fuerte política de inversión para la búsqueda y reparación de fugas en la red y el proyecto para el control de agua no facturada.

Del diagnóstico realizado se desprende un valor de ANF del 50%. Es decir, cada 10 m³ de agua que se envía a la red, 5 m³ no se factura por diversos motivos (pérdidas comerciales y físicas).

Asimismo, el 50% de ANF está compuesto por un 34,30% de fugas físicas, 12% de pérdidas comerciales y el restante a consumos autorizados no facturados.

En los próximos capítulos, se indican las tareas que se recomiendan para reducir las pérdidas físicas y comerciales, como así también una propuesta de proyecto de sectorización de las redes para el control de agua no facturada.

7. Plan de reducción de pérdidas reales o físicas

Para la reducción del ANF se debe planificar las acciones necesarias, de manera tal que la inversión que se haga en el sector sea lo más eficiente posible, logrando una reducción de fugas que haga viable el proyecto.

En la Figura N°17 se establecen las principales acciones para la reducción de las pérdidas reales, comentándose a continuación algunas particularidades aplicables a nuestro caso en estudio de la ciudad de San Lorenzo.

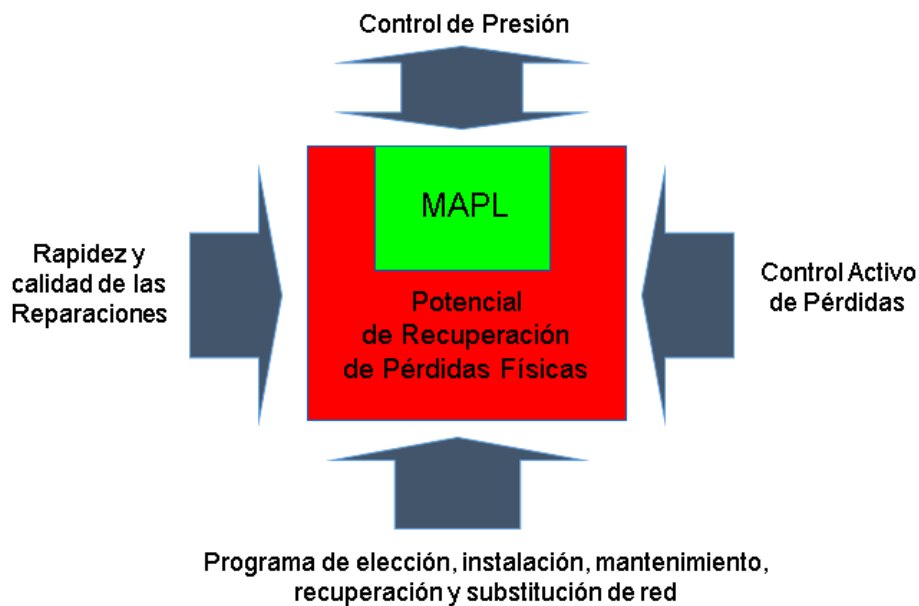


Figura n° 17: Pérdidas físicas relacionadas con la infraestructura

Asimismo, en el plan de reducción de pérdidas debe incluirse la implementación de macromedidores, indispensables para un correcto diagnóstico.

Es decir, estos elementos permitirán conocer la cantidad de agua producida y la eficiencia global como producto de la eficiencia física y comercial, para lo cual se deberá establecer un tratamiento de la información generada que permita obtener lo siguiente:

- Cuantificación de la producción.
- Información para realizar balances hidráulicos del sistema.
- Identificación de los componentes de las pérdidas hidráulicas del sistema.
- Identificación de la eficiencia comercial del sistema, con base en los volúmenes producidos y los volúmenes facturados.
- Conocimiento del comportamiento hidráulico del sistema en tiempo real, para tomar decisiones operativas sobre la administración del agua.
- Apoyo para la formulación de políticas tarifarias.
- Información básica para la planificación del crecimiento del sistema en relación a necesidades de nuevas fuentes de abastecimiento y capacidad de suministro a nuevos usuarios.
- Información para evaluar el comportamiento del sistema de redes.
- Medición especializada de volúmenes a grandes consumidores.

- Medición de caudales de salida de plantas de tratamiento, cisternas y estaciones elevadoras.

En el apartado 9.7 del presente documento, se trata la necesidad de instalación de macromedidores y la determinación de sectores hidráulicos a través de la implementación de estos elementos.

7.1. Rapidez y calidad de las reparaciones.

La celeridad con que se ejecutan las reparaciones es fundamental para el control de pérdidas y del agua no facturada. Para ello es imprescindible una eficaz recepción de los reclamos y denuncias de usuarios con un sistema que los cobije y tenga la dinámica y versatilidad suficiente para visualizar rápidamente por cualquier operador el ingreso de nuevos requerimientos técnicos, que puedan ser reportados a la brevedad al cuerpo de personal operativo.

Actualmente, Aguas Santafesinas opera con un sistema integrado de recepción e información de reclamos técnicos algo obsoleto. Se trata del sistema NSR (Nuevo Sistema de Reclamos) que, entre sus mayores falencias, no presenta una pantalla dinámica con el impacto de ingreso de nuevos requerimientos. Es decir, el operador debe actualizar continuamente la pantalla para verificar si existen nuevos reclamos. Aquí cobra importancia la necesidad de contar con nueva infraestructura informática.

Respecto a la calidad de los trabajos, se puede decir que es normal encontrarse con antiguas reparaciones realizadas con cámaras de neumático de bicicleta. Estos arreglos, pueden permanecer algunos años hasta que la goma empieza a perder su resistencia elástica, se quiebra y aflora nuevamente la pérdida. Haber realizado la reparación con una junta/abrazadera de reparación en un caño distribuidor o un empalme en el caso de una conexión domiciliaria, hubiera sido la solución óptima y perdurable (ver en Figura N° 18). Es experiencia del autor del presente documento encontrarse con las situaciones antes indicadas.



Figura n° 18: Cañería maestra reparada con junta de reparación

Además, reemplazar un tramo de cañería con dos juntas de desarme (denominadas también maxifit o unión FD, ver Figura N°18) y no realizar el corte justo, dejando una separación, por ejemplo, de 3 o 4 cm, hace que la presión del agua, con el tiempo, erosione y “barre” la junta elástica de la pieza de hierro fundido, provocando la pérdida a través de ella.



Figura n° 19: Reemplazo de tramo de cañería maestra vinculando con uniones FD

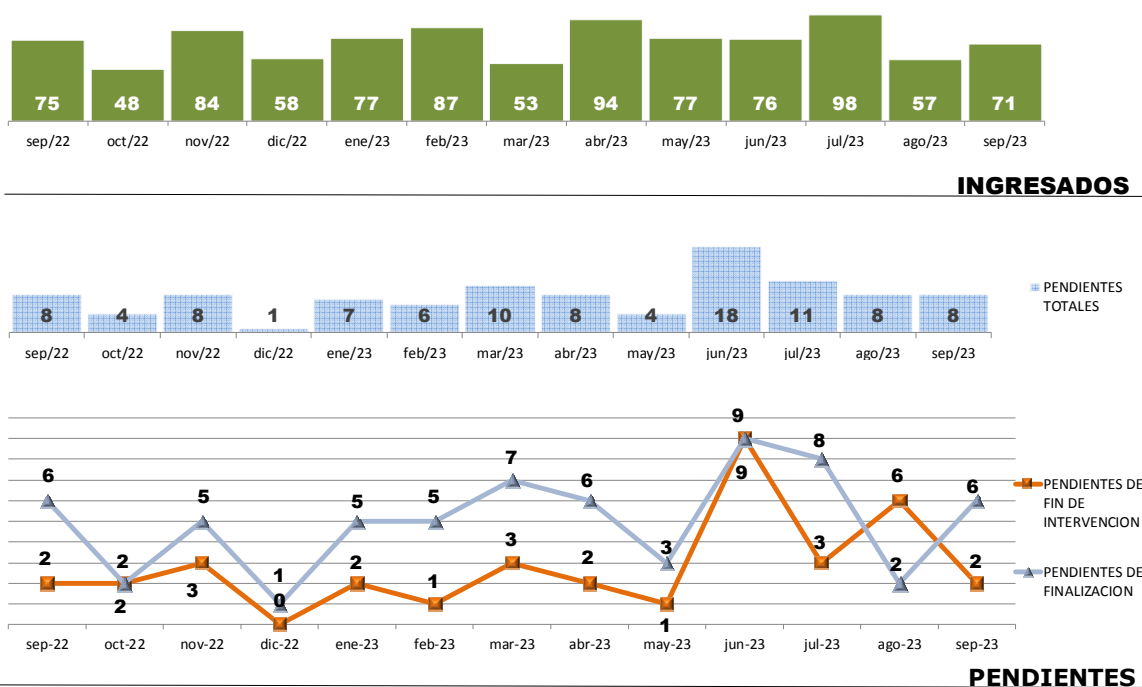
Para la atención de muchos de los detalles como los mencionados anteriormente, es necesario tener personal operativo entrenado y con capacitaciones constantes que, muchas de ellas, pueden gestionarse a través de los propios proveedores de materiales para reparación de fugas en las redes de distribución de agua potable.

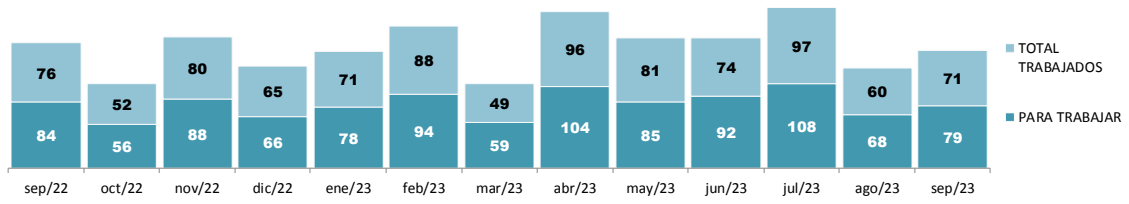
Asimismo, para mayor control sobre personal propio y empresas tercerizadas, es necesario contar con una aplicación vinculada al sistema de gestión de reclamos técnicos, que permita la toma de imágenes con georeferencia, de manera de ir creando una base confiable de información gráfica de las intervenciones que se van realizando sobre la red de distribución de agua potable. Con este tipo de control, se evitarían muchos fraudes cometidos por contratistas y personal de la empresa.

En la Figura N° 20 se presenta un reporte elaborado para la gerencia de Aguas Santafesinas, respecto a la evolución en la resolución de reclamos técnicos de la ciudad de San Lorenzo, donde puede advertirse la capacidad de respuesta del distrito. Solo se muestra un extracto del mismo, donde se puntualizan los reclamos técnicos ingresados con motivos de fugas de agua potable en la red y conexiones.

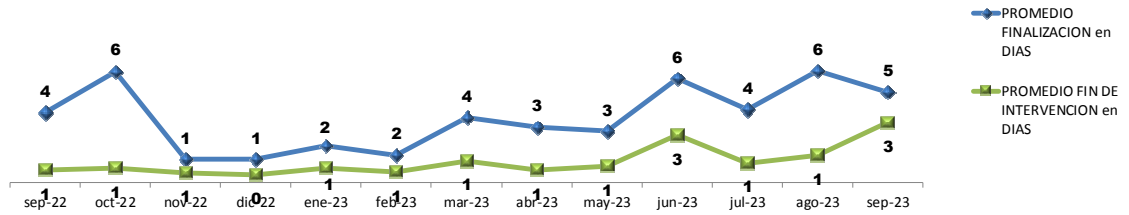
Distrito San Lorenzo SEPTIEMBRE 2023

Evolución Mensual Reclamos AGUA

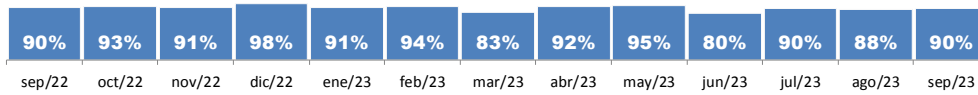




EVOLUCION MENSUAL TRABAJADOS



DIAS PROMEDIO DE RESOLUCION



CAPACIDAD DE RESPUESTA %

Figura n° 20: Tiempos de respuesta en resolución de reclamos técnicos de agua.

En la Figura N°21 se muestra los motivos de los reclamos técnicos analizados en el informe de evolución mensual.

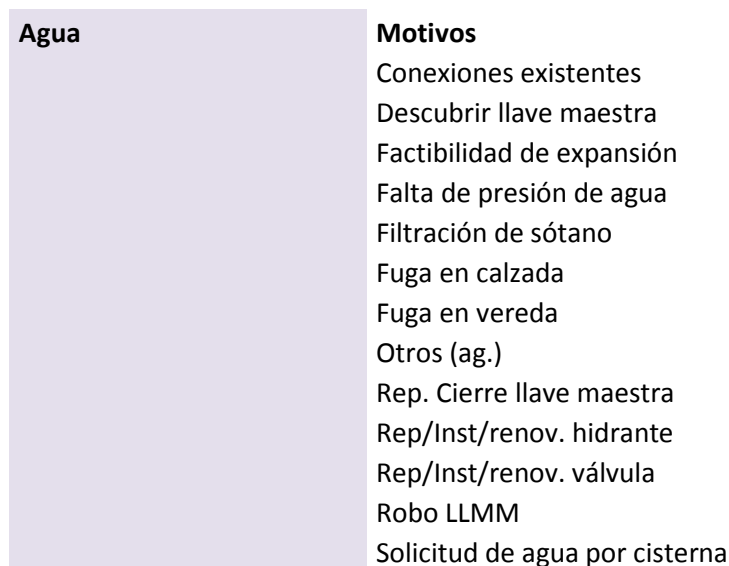


Figura n° 21: Motivos de reclamos

De este informe, emitido en Octubre del año 2023 puede advertirse que las fugas tienen un promedio de resolución hidráulica (reparación de la fuga propiamente dicha) de 2 días en el último año y un promedio de terminación (rellenos, veredas, pavimentos, etc) de 4 días.

De lo publicado anteriormente, en el término de 12 meses, se han realizado 126 reparaciones sobre cañería distribuidora y 829 sobre conexiones domiciliarias. De las últimas intervenciones indicadas, 646 correspondieron a reparaciones y las restantes, 183 unidades, a renovaciones de conexiones por fuga principalmente en calzada.

Con la información expuesta, puede determinarse que se detectaron y repararon 5 fugas visibles por kilómetro de red, valor superior a los determinados por los estándares internacionales establecidos en un valor que no supera las 2 fugas (visibles y no visibles) por kilómetro de red. Para este caso, si se consideran las fugas no visibles, la cantidad por kilómetro de red sería sustancialmente mayor.

7.2. Control de presión.

Se puede definir la gestión o control de la presión como la práctica de manejar presiones del sistema a niveles óptimos de servicio a la vez que se asegura un suministro suficiente y eficiente.

Para distribuir el agua a los usuarios sin mayores problemas, es necesario controlar la presión adecuada y la distribución del volumen de agua en la medida de lo posible.

La regulación de la distribución se refiere a la planificación de la instalación de tuberías de distribución para que toda el área de suministro sea abastecida con una presión casi uniforme y a la manipulación de válvulas y otros instrumentos.

Las presiones excesivas, así como las fluctuaciones de presiones fuertes o transitorias, causan roturas y estallidos de tuberías dentro de las redes de distribución.

Por lo tanto, la gestión y control de la presión es el único método de intervención que permite tener un impacto positivo en los tres componentes de las pérdidas reales de agua: las fugas de fondo, las fugas reportadas y las no reportadas.

La presión que pueda entregarse a la red lo gobernará el caudal que se bombea desde la cisterna, la que reúne el agua superficial tratada con la

subterránea. En función de esto último, se producirán mayores pérdidas física o real, como puede observarse en la Figura N° 22.

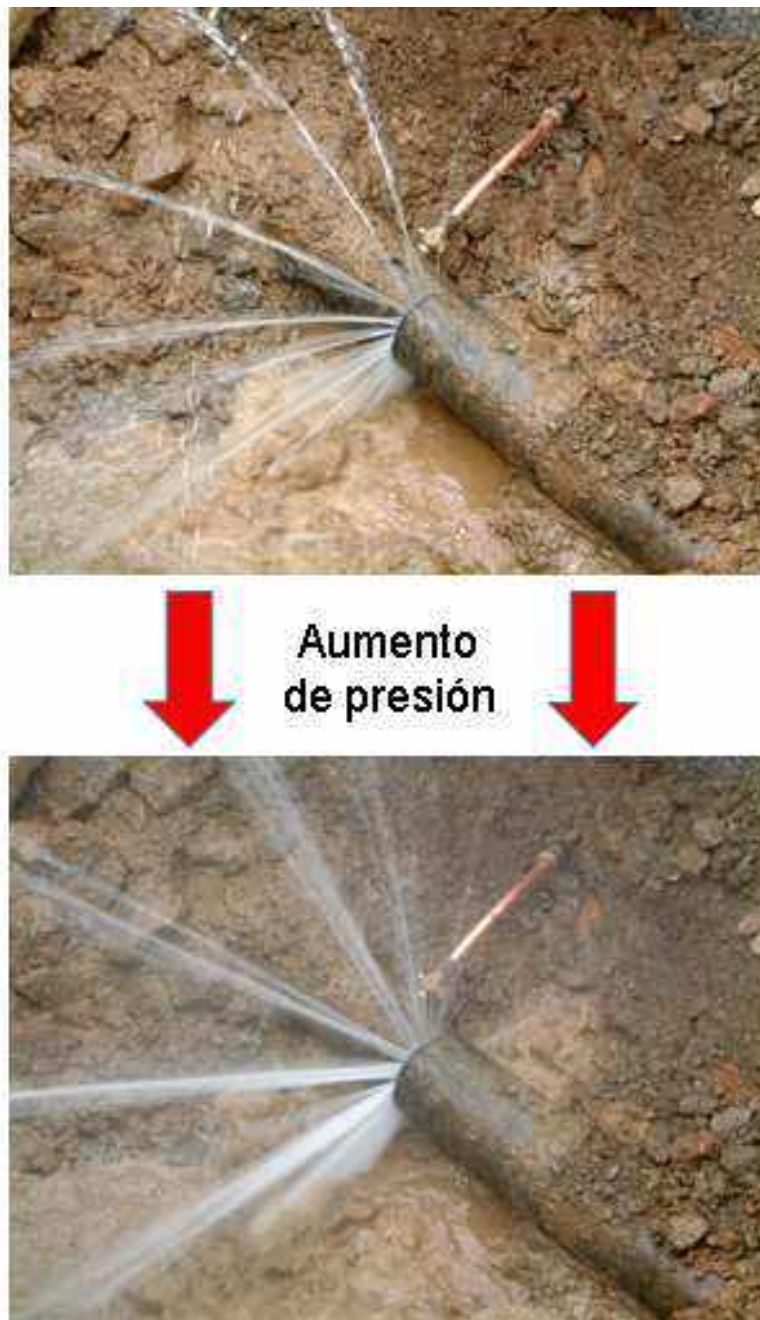


Figura n° 22: Pérdida física afectada por la presión del sistema.

Al respecto, caben las siguientes consideraciones generales:

- Presión alta: la presión alta resultará en un mayor caudal de fuga proveniente de las roturas existentes, y de nuevas que se puedan producir a medida que se aumenta la presión.

- Variaciones de presión: las marcadas variaciones de presión dentro del sistema pueden llevar a la fatiga de materiales y generar roturas y fugas, principalmente en tuberías de plástico.
- Aumento repentino de la presión: los aumentos repentinos de la presión (golpe de ariete) surgen principalmente de mecanismos de control inapropiados o cortes eléctricos, paradas de bombas no planificadas, etc., y pueden causar roturas de tuberías, desconexión de uniones y daño en las válvulas y accesorios, lo cual genera fugas.

La gestión de presiones debe considerar el abastecimiento adecuado a la red, denominándose punto crítico de una red al punto de presión más bajo, pero efectivo, en una zona. Si es posible asegurar una presión mínima de servicio en el punto crítico, la presión será suficiente en todas las demás zonas de la ciudad. La existencia de una presión excesiva en el punto crítico determina que gestionar la presión podría reducir pérdidas evitables de agua. Además, existen otros beneficios indirectos tales como la reducción en los costos de producción y consumo de energía.

Sin embargo, el control de la presión no remedia las causas de la pérdida de agua, sino que es una ayuda con el fin de aliviar los impactos de estas pérdidas. La empresa prestadora de servicio puede considerar la gestión de la presión como una solución inicial para empezar a reducir altos niveles de fuga y acceder a generar ahorros y recuperar inversión a corto plazo.

La presión de salida de la ciudad de San Lorenzo se encuentra regulada desde el nuevo Centro de Distribución y, de acuerdo a los últimos mapas de presiones, muestran uniformidad de las mismas entre 7 y 10 m.c.a. a excepción de una zona que registra presiones entre 4 y 7 m.c.a., que si bien se considera un punto crítico, que obedecen principalmente a posibles obstrucciones y/o pérdidas no visibles que, al momento de completar este documento se encuentra en análisis con distintas intervenciones, encontrándose válvulas esclusa cerradas, pérdidas que se han puesto de manifiesto en bocas de registro cloacales, entre otras.

Actualmente, la presión de salida del Centro de Distribución está seteada por franjas horaria, entregando menor presión en horarios nocturnos y mayor en los diurnos.

La Figura N° 23 indica el mapa de presión actual (Agosto 2023) de la ciudad que demuestra lo antes mencionado.

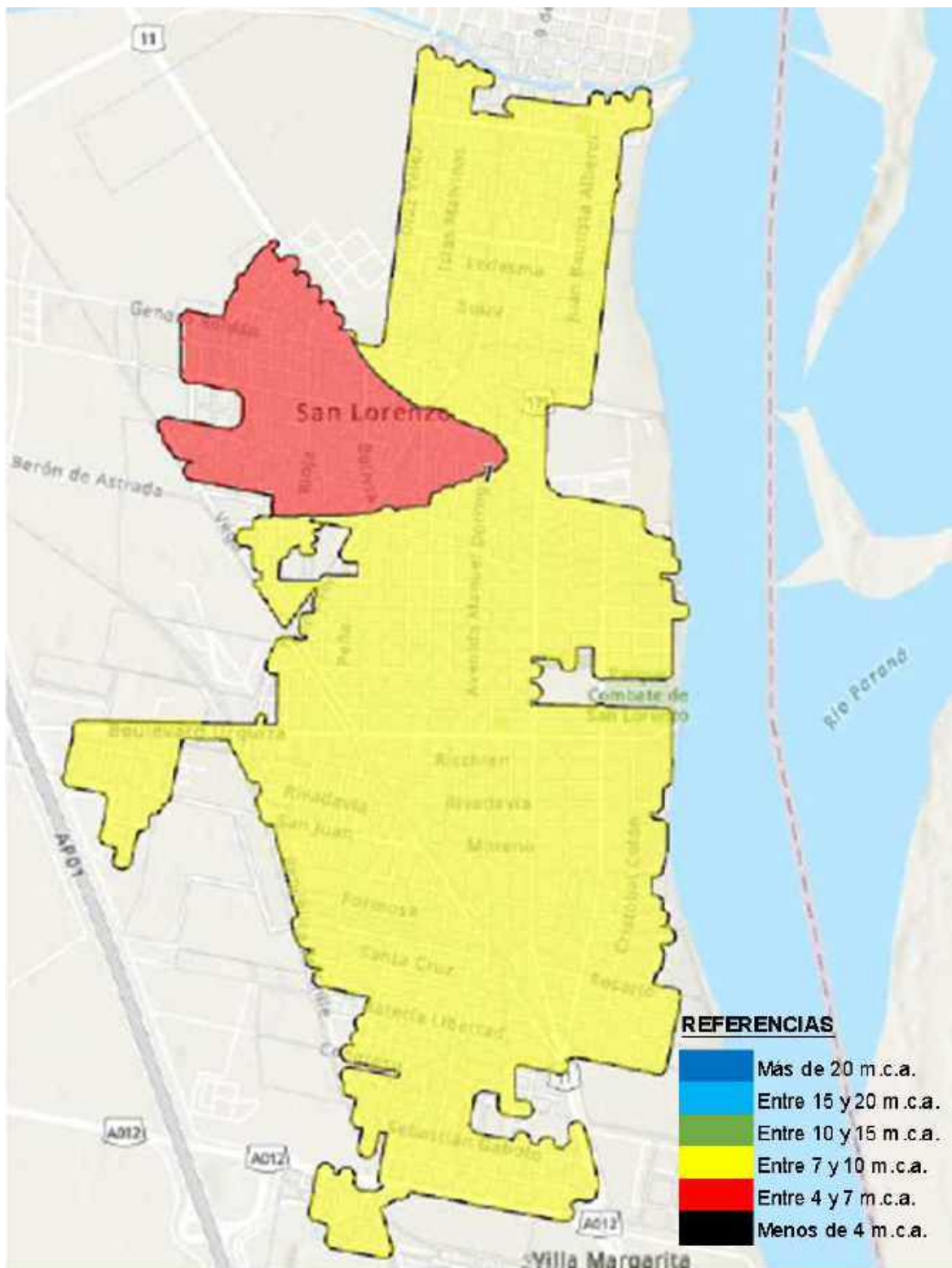


Figura n° 23: Mapa de presión de la red de San Lorenzo

Por todo lo expuesto, se concluye que no es necesario realizar mayores acciones en este sentido.

7.3. Programa de elección, instalación, mantenimiento, recuperación y sustitución de la red.

La renovación planificada de redes y accesorios constituye una actividad fundamental a largo plazo, pues es esperable que los elementos de la red presenten mayor número de roturas en la medida que pase el tiempo. Actualmente, la red de distribución de agua potable de la ciudad de San Lorenzo está constituida en aproximadamente un 85% del material asbesto cemento (AC) que, generalmente presenta las mayores fallas con pérdidas en sus cabezales o punto de unión. El restante, se compone por materiales como el PVC y hierro fundido (HF).

Las últimas dos décadas, las partidas presupuestarias de la empresa en la ciudad estuvieron orientadas a resolver inconvenientes con la red cloacal mediante obras de renovación por sobre las mejoras en la red de distribución de agua. Las cloacas, afectadas por emisiones de sulfuro de hidrógeno (H_2S), han quedado sin su media caña superior, provocando grandes obstrucciones sin solución por medios mecánicos. Por estos motivos, ha prevalecido el saneamiento cloacal por sobre la renovación de cañerías distribuidoras de agua.

Actualmente, la atención sobre la renovación de cañerías de la red secundaria de distribución de agua potable, está puesta en el casco histórico/céntrica de la ciudad, partiendo desde la cañería de transporte (acueducto Norte) donde las tuberías son las más antiguas (no existe información de antigüedad, pero se cree que tiene una edad no menor a 60 años). Esto permitirá un trabajo de aguas arriba hacia aguas abajo, concluyendo en las zonas periféricas.

De acuerdo a planificaciones con asignaciones presupuestarias en distintos frentes operativos del Distrito San Lorenzo, se prevé renovar en los próximos 4 años aproximadamente 16.800 m de red la red secundaria de distribución de agua potable. Es decir, a razón de 350 m mensuales.

A continuación, se muestra la zona planificada con intervenciones de renovación de cañerías.

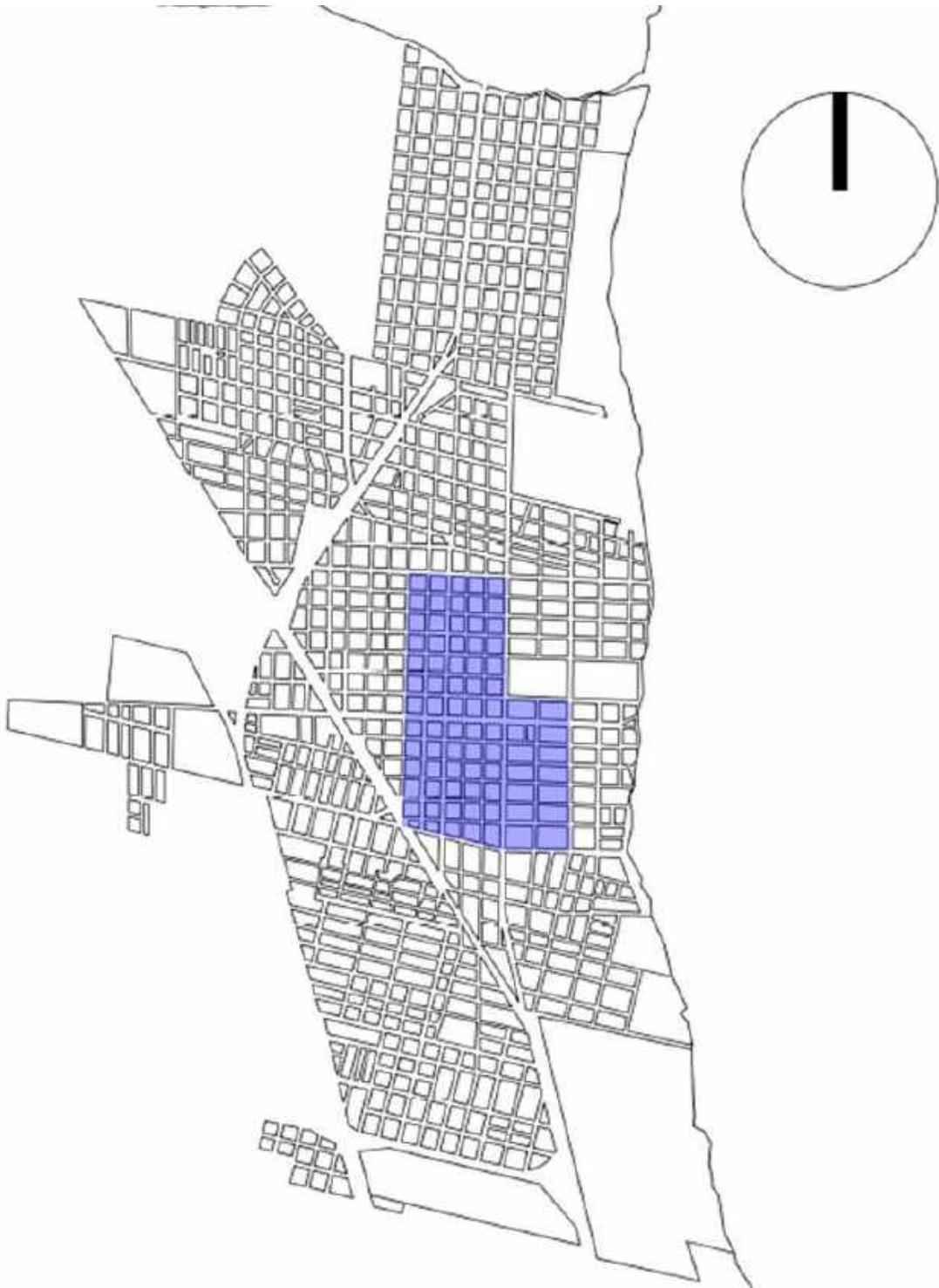


Figura n° 24: Plano de San Lorenzo con zona afectada a renovación de redes de agua.

A sabiendas que es imperioso un plan de renovación de la red general y que ello demandará años hasta cumplir con su total saneamiento, es necesario avanzar los temas más simples de resolver y que, a priori, muestran la deficiencia en la distribución y uso del agua. Por ejemplo, comenzar con las mejoras de las redes/conexiones clandestinas cuantificadas para el balance de agua que, al ser

realizadas por personas que no son idóneas, terminan generando pérdidas. La mayoría de estas cañerías, en la ciudad de San Lorenzo, suelen encontrarse soterradas. Un claro ejemplo de situaciones que pueden individualizarse, se muestra en la Figura N° 25 (ilustrativa, caso no real de ciudad de San Lorenzo).



Figura n° 25: Conexiones clandestinas

En la zona Suroeste de la ciudad, barrio José Hernández, precisamente en las calles Batería Libertad 1100/1200, República del Paraguay 1100/1200, Álvarez Thomas 1200, República de Chile 600/700/800/900/1000, Zeballos 700/800 y Ernesto Sábató 700/800, existen asentamientos precarios y viviendas construidas por el gobierno municipal sin la adecuada planificación de infraestructura que toda expansión urbana demanda. Por lo tanto, suelen encontrarse en esta zona situaciones como la mostrada en la Figura N° 25, como así también numerosas pérdidas entre las generadas en vía pública y las intradomiciliarias que son descartadas a través de pluviales al cordón cuneta. Esto provoca cunetas anegadas todos los días del año, como se observa en la Figura N° 26.



Figura n° 26: Cordón cuneta de zona Suroeste anegadas por las pérdidas en redes clandestinas.

A continuación, se muestra en la Figura N° 27, una imagen satelital con las redes de Aguas Santafesinas y los sectores antes indicados que no poseen red de distribución de agua potable en forma reglamentaria.



Figura n° 27: Sector de la ciudad de San Lorenzo, urbanizado, sin infraestructura sanitaria

La propuesta para esta situación, es realizar la ampliación de la red de distribución de agua en aproximadamente 1500 m, dejando instalados las conexiones para cada lote. A raíz de las mejoras de presión introducidas en la zona con intervenciones realizadas durante el año 2022, sumado a que el consumo ya existe en la zona a sanear, estas obras cuentan con la factibilidad de expansión. Así, se lograría mermar las múltiples pérdidas al desvincular en su totalidad las redes antirreglamentarias. Otros beneficios que genera esta actividad, pueden indicarse a continuación:

- Mejoras de las presiones para usuarios de los sectores contiguos a la zona saneada.
- Evitar el deterioro de la infraestructura urbana como calzadas de asfalto/hormigón y veredas.
- Reducir las posibilidades de generación de enfermedades de origen hídrico al tener acceso a un servicio de calidad de agua potable.
- Facturación de consumos que no estaban autorizados.

En la Figura N° 28, se muestra el trazado de las redes anteriormente descriptas.



Figura n° 28: Red de agua a expandir en barrio José Hernández

7.4. Control activo de pérdidas

El control activo de fugas, puede definirse como el proceso por el cual se detectan y reparan las fugas no visibles. Una empresa prestadora de servicio utiliza fondos, personal y equipo técnico para detectar y reparar las fugas que existen bajo tierra pero que no están detectadas o visibles. El principal objetivo es minimizar las pérdidas reales de agua reduciendo el tiempo durante el cual drenan las fugas ocultas.

Para esto es necesario contar con el área de Hidrometría y RANC (Reducción de Agua No Contabilizada), perteneciente a la gerencia de Infraestructura de Aguas Santafesinas S.A., que posee el equipamiento y personal capacitado para realizar el seguimiento continuo en la búsqueda de pérdidas físicas y aparentes. Se considera una estrategia fundamental para dar inicio al Plan de Reducción.

Asimismo, el control activo de fugas también se compone de actividades de comunicación para motivar a los usuarios a informar inmediatamente sobre fugas visibles, y administrar el trabajo de forma eficaz para garantizar reparaciones rápidas y de buena calidad.

La bibliografía especializada determina tres pasos en el control activo de fugas:

- Percepción: la subdivisión de sectores con maniobras de válvulas esclusa y la gestión de presiones proveen la posibilidad de monitorear y analizar continuamente los flujos en la red de distribución de agua, lo que ayuda a una percepción temprana de fugas.
- Detección de fugas: mediante el establecimiento de sectores hidráulicos que se subdividen cerrando temporalmente válvulas (pruebas por pasos o step testing) y a través de dispositivos acústicos, se determinan las fugas en un área específica de la red o en una cierta sección de un caño.
- Ubicación de las fugas: existen a disposición varios métodos para localizar fugas, los cuales se describen a continuación como los más utilizados por Aguas Santafesinas S.A.

7.4.1. Correlación acústica

Una fuga en una red genera una onda acústica que se propaga a una velocidad específica y constante en el material del conducto. La amplitud de la onda acústica se atenúa al propagarse, hasta que deja de distinguirse del ruido de fondo. La correlación consiste en colocar 2 sensores en los puntos de acceso de la red (si es posible en ambos extremos de la fuga) y buscar similitudes entre los ruidos que se registran.

Cuando se identifica un ruido de fuga, es posible calcular su posición, si se conocen los siguientes datos:

- La distancia entre los dos sensores.
- La velocidad de propagación del ruido en el material o en el agua.
- El desfase temporal en el registro por parte de los 2 sensores del ruido generado por la fuga (el sensor más alejado de la fuga lo percibe atenuado y retrasado).

La correlación acústica se practica con ayuda de sensores móviles, cuando se ha localizado previamente una fuga en un tramo, y de sensores en lugares fijos, que se instalan para realizar una supervisión diaria de la red. En la Figura N° 29 se muestra equipamiento y esquema de correlación de fugas.

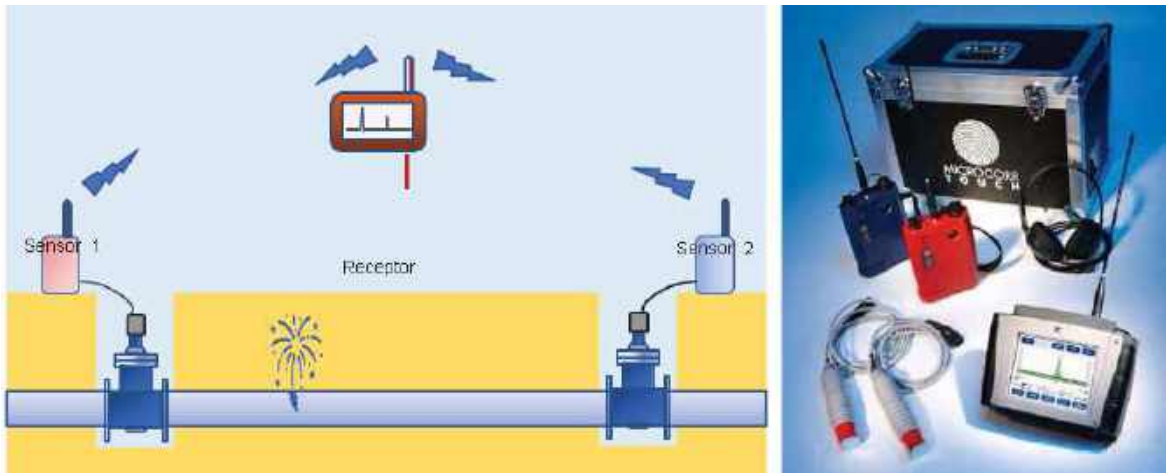


Figura nº 29: Esquema de correlación acústica.

7.4.2. Correlación multipuntos

La correlación multipuntos es un método que consiste en un localizador de fugas tipo registrador de datos (datalogger) no inalámbrico. Tiene un máximo de doce sensores y permite instalarse en doce puntos en forma simultánea. La información se registra en la memoria integrada en el sensor. Luego de recoger los datos registrados, se realiza el análisis de correlación con un software de aplicación en la base del correlador (ver Figura N° 30 y Figura N° 31).



Figura nº 30: Correlación multipuntos

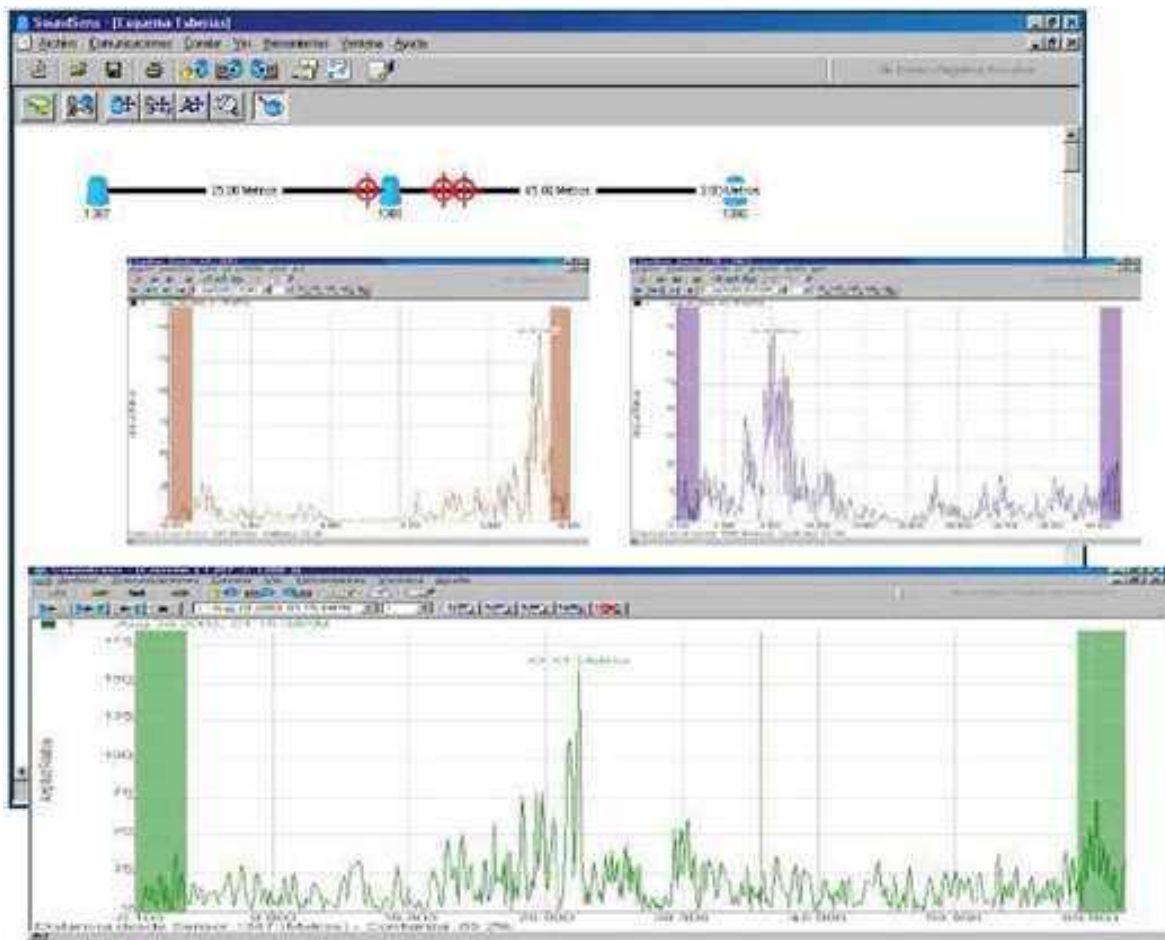


Figura n° 31: Software con reportes de correlación

Este método resulta con mayor efectividad para análisis de frecuencias bajas, particularmente para cañerías plásticas como el PVC, que generan sonidos de fugas de frecuencias relativamente bajas.

7.4.3. Localización de fugas con geófonos

El geófono es un elemento que traduce el desplazamiento, la velocidad o la aceleración en señales acústicas. En el caso de la localización de fugas de agua, traduce el movimiento y la fuerza del agua en impulsos eléctricos. Esto permite deducir dónde se encuentra la fuga de agua a través de ondas de sonido. A mayor acercamiento a la fuga, mayor será la amplitud del sonido detectado.

A diferencia de la correlación acústica, la detección del ruido se hace desde la superficie sin realizar perforaciones o aperturas.

Para trabajar con esta herramienta para la detección de fugas, se necesita lo siguiente:

- Buen mapeo de la red.

- Buen nivel de presión.
- Operadores entrenados que deben entender el funcionamiento de la red. A veces, también se debe ver en las cloacas o instalaciones telefónicas enterradas.
- Aptos físicamente con muy buena audición y listos para caminar.
- Documentar todo lo detectado y avisar rápidamente al sistema y redes.



Operativo con geófono



Geófono, equipamiento completo

Figura n° 32: Geófono y su operación

Debido a la naturaleza del material de la red de distribución de agua de la ciudad de San Lorenzo, compuesta mayormente por asbesto cemento (AC), es posible realizar búsquedas de fugas no visibles con los métodos e instrumentos descritos, utilizando correlación acústica y geófonos. En los casos de cañerías de PVC, su naturaleza elástica no transmite bien los ruidos de fugas.

Es de advertir que, en muchas ocasiones, la primera detección de un geófono son fugas muy pequeñas (hasta un goteo) pero que interfiere en la señal o rumor buscado de la pérdida mayor. Es decir, resolviendo esas pequeñas fugas, es posible luego escuchar o advertir la alteración de los sonidos emitidos por roturas más graves. Por este motivo, es necesario el absoluto compromiso de quienes operan las redes de reparar aquellas pérdidas por insignificantes que estas sean.

Actualmente, San Lorenzo cuenta con planimetrías y planchetas de sus redes de agua con localización lo suficientemente precisas como para planificar recorridos de un operador con geófono. El inconveniente puede presentarse en que el 90% de la red está emplazada debajo de la superficie de rodamiento vehicular, promoviendo un verdadero desafío para el operario sorteando obstáculos (vehículos estacionado y circulando) al realizar el escaneo de la red.

8. Prácticas para la reducción de pérdidas aparentes o comerciales

8.1. Estudio de usuarios.

Es importante que la información exacta y actualizada de los usuarios esté siempre disponible. Para ello, no es suficiente esperar la información declarada de los usuarios e ingresar los datos, sino que es necesario actitud proactiva de la empresa, procurando obtener la información más actualizada por sus propios medios. Por ejemplo, cuando un habitante de una vivienda se muda, si no avisa nada a Aguas Santafesinas S.A., el nuevo habitante recibe la factura del habitante anterior. De igual manera, un comercio cerrado e inactivo puede estar recibiendo facturas.

Al obtener estas informaciones tempranamente y reflejarlas en el catastro de usuarios, se puede evitar problemas con los usuarios y reducir el monto facturado no pagado. Asimismo, al verificar el micromedidor en el terreno, se puede detectar a los habitantes no registrados en el catastro de usuarios y las conexiones ilegales sin medidores, por ende, se puede reducir la tasa de ANF comercial.

El estudio de usuarios consiste en visitar a todos los usuarios de una determinada zona, llevando a mano un cuestionario pre elaborado, entrevistarlos

según el contenido del cuestionario y obtener la información nueva y correcta para corregir los desvíos producidos por información antigua y equivocada.

A continuación, se enumera una serie de medidas para el estudio de usuarios:

- Selección del área de estudio y período previsto: cuando se implementan las medidas de ANF en un área específica, también se efectúa el estudio de usuarios en el mismo sector. Básicamente, se realizan visitas a todos los usuarios del área, independientemente de que la conexión sea domiciliaria o no. Al determinar el área de estudio, ya se sabe el número de usuarios a visitar y el período de estudio estimado, unas semanas o un mes, para terminar el trabajo. En la Tabla N° 5, se detalla los rubros a considerar en el estudio indicado.

N°	RUBRO
1	Código área
2	Ciudad
3	Barrio
4	Sector
5	Número de cuenta ASSA
6	Número ID parcela
7	Unidad de facturación
8	Dirección (nombre común)
9	Dirección (nombre oficial)
10	Tipo de usuario (individual, organización, etc)
11	Condición usuario (vivienda propia, alquilada)
12	Estado del uso de agua (activo, anulado, suspendido, otros)
13	Nombre de usuario y contacto
14	Tipo de entrevistado (dueño, inquilino, vecino)
15	Tipo de edificio (apartamento, casa, comercio, edificio, etc)
16	Tipo de economía (escasos recursos, vivienda normal, etc)
17	Nombre del comercio
18	Tipo de actividad comercial (hotel, restaurante, tienda, etc)
19	Tipo de abastecimiento (camión cisterna, pozo, red, etc)
20	Número de casas conectadas
21	Situación del alcantarillado frente a la vivienda del usuario
22	Estado del cajón del medidor
23	Forma de conexión (normal, directa, cortada, etc)
24	Estado de funcionamiento del micromedidor
25	Información del micromedidor (marca, número, etc)
26	Existencia de fugas
27	Ubicación del medidor (información de GPS)
28	Distribución interna (directa de red, tanque reserva, mixta)

Tabla n° 5: Rubros de estudio de usuarios

- Organización de la información: se examinan las respuestas entregadas por los encuestadores y se organizan los asuntos y contenidos a corregir para cada usuario correspondiente.

Cuando se detectan usuarios o viviendas aledañas con sospecha de conexiones ilegales, se elabora una lista de estas personas con nombre y apellido, dirección, número de usuario y descripción de la situación, y se entrega una copia a la jefatura Antifraude. Si es posible, se le explican verbalmente los antecedentes del estudio y la situación detallada de los sospechosos de conexiones ilegales.

- Corrección de la información de los usuarios: Sobre la base de los cuestionarios llenados y examinados y el resumen de los asuntos y contenidos a corregir para cada usuario, se realiza la corrección de la información de los usuarios a través de los programas SAP y NSR.

8.2. Medidas para disminuir conexiones ilegales.

Las medidas para disminuir conexiones ilegales, de usuarios de redes formales, es uno de los grandes pilares de la reducción de ANF comercial, por lo tanto, son muy importantes. Si no se toma ninguna medida, se supone que el número de conexiones ilegales se incrementará semanalmente. Es un deber de Aguas Santafesinas S.A. hacer esfuerzos constantes para detectarlas y controlarlas.

La constante implementación de medidas para combatir la proliferación de conexiones ilegales es una amenaza para sus usuarios, y esto se traduce en una reducción de nuevas conexiones ilegales. Esta práctica diaria beneficia a los operadores de la empresa prestadora del servicio de agua y saneamiento, pues implica mejorar a través de la acumulación y transmisión de las técnicas especializadas y el know-how en atención a los usuarios de conexiones ilegales, detección de las mismas y procedimientos de legalización.

Algunas veces, los ingresos provenientes de la multa y el cargo por ANF de los altos consumidores producto del control de conexiones ilegales son enormes. Si no se hubiera ejecutado el control, esta enorme cantidad de ANF hubiera seguido aún. Es necesario implementar las medidas para disminuir las conexiones ilegales, no sólo por la necesidad de mejorar la moral de los usuarios formales de la red y garantizar la equidad sino también desde el punto de vista financiero de costo-beneficio de Aguas Santafesinas S.A.

Es necesario seleccionar a los sospechosos de conexiones ilegales

para realizar visitas de inspección.

Los sospechosos incluyen a los siguientes: vivienda, tienda, restaurante, edificio para oficina, campo de atletismo, parque, nueva área de desarrollo, etc.; para usuarios y no usuarios de Aguas Santafesinas S.A.

Los sospechosos se seleccionan a partir de las experiencias previas y la situación actual de la ciudad.

Asimismo, los sospechosos pueden ser escogidos de los datos de facturación de los usuarios. Se comparan los mismos con los de otros usuarios de la misma categoría. Si el usuario consume el agua mucho menos, se selecciona ese usuario como sospechoso. Es útil preguntar al lector de medidor, personal de distribución de facturas y al inspector de campo las razones de poco consumo de agua, como así también solicitar indicaciones de la situación del usuario (ejemplo: vivienda deshabitada, etc.).

La Gerencia Comercial de Aguas Santafesinas S.A. mantiene un seguimiento para la detección de fraudes, en los que se destacan los siguientes puntos:

- Consumos cero: con la detección de aquellos usuarios que no han tenido consumo, se analiza el motivo de la causa. Esto puede deberse a viviendas deshabitadas, medidores rotos o bien posible fraude a través de un “bypass”.
- Cortados no regularizados: se encuentra conformado por un grupo de usuarios a los que se les ha cortado el suministro de agua potable por falta de pago. Es importante realizar el seguimiento sobre estos para evitar fraudes a través de conexiones clandestinas.
- Cambios considerables en las medias de consumo: con esta tarea se pone de manifiesto los errores de lectura y los cambios de hábito de consumo del usuario. Esta última causa concede una alerta tanto sobre posibilidad de fraudes como de un aumento de consumo por pérdidas internas de la vivienda.

8.3. Verificación de precisión de micromedidores.

La precisión de los micromedidores afecta el consumo de agua que es la base de facturación. Si la precisión del medidor es baja y el medidor muestra un valor inferior al consumo real, esto significa que existe un volumen no facturado, por lo tanto, se producen pérdidas comerciales de ANF.

Por el contrario, si el medidor muestra un valor superior al consumo

real, se está cobrando a ese usuario la tarifa de un volumen superior al consumo real y la empresa de agua está haciendo una facturación excesiva para el servicio brindado. Esto implica las quejas y los reclamos de los usuarios.

Por esta razón, es importante verificar la precisión de micromedidores. Si los resultados de la verificación muestran un error de precisión excesivamente superior o inferior a los admisibles establecidos, hay que reemplazarlo por un nuevo medidor.

Una inspección ordenada sería instaurar por zonas según presión de la red, y en función de ello regular el error admisible de la prueba de verificación.

Para los medidores de clase 2, empleados en Aguas Santafesinas S.A., los errores permitidos por norma están definidos de la siguiente manera:

- El error máximo permitido para la zona superior del rango de caudal ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) es $\pm 2\%$ para temperaturas de $0,3^\circ\text{C}$ a 30°C , y $\pm 3\%$ para temperaturas superiores a 30°C .
- El error permitido para la zona inferior del rango de flujo ($Q_1 \leq Q < Q_2$) es $\pm 5\%$ independientemente del rango de temperaturas.

De todos modos, en Aguas Santafesinas S.A. adoptan como un error “aceptable” un $\pm 10\%$.

Las características de caudal de un medidor estarán definidas por los valores Q_1 , Q_2 , Q_3 y Q_4 , que a continuación se describen:

- Caudal nominal (Q_3): el mayor régimen de caudal, dentro de las condiciones nominales de operación del medidor, en el que funciona satisfactoriamente dentro del error máximo permitido por el Reglamento Metrológico y Técnico de Medidores para Agua Potable Fría.
- Caudal de sobrecarga (Q_4): el mayor régimen de flujo, al cual un medidor puede trabajar durante un corto período de tiempo, dentro de su error máximo permitido por el Reglamento Metrológico y Técnico de Medidores para Agua Potable Fría, manteniendo sus características metrológicas, cuando posteriormente trabaja dentro de sus condiciones nominales de operación.
- Caudal mínimo (Q_1): el régimen de flujo mínimo al que debe funcionar el medidor dentro de su error máximo permitido.
- Caudal de transición (Q_2): régimen de flujo comprendido entre Q_1 y Q_3 ,

que divide el rango de flujo en dos zonas, la “zona superior” y la “zona inferior”, cada una caracterizada por su propio error máximo permitido.

De acuerdo al Reglamento Metrológico y Técnico de Medidores para Agua Potable Fría y en función de los caudales antes determinados, se definen las siguientes características metrológicas:

- Se designará un medidor por el valor numérico de Q3 en m³/hs y la relación Q3/Q1.
- El valor Q3 expresado en m³/hs debe elegirse de la siguiente lista:
 - 1 – 1,6 – 2,5 – 4 – 6,3 – 10 – 16 – 25 – 40 – 63 – 100 – 160 – 250 – 400
- El valor de la relación Q3/Q1 debe elegirse de la siguiente lista:
 - 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 500 – 630 – 800 - 1000
- La relación Q2/Q1 será 1,6
- La relación Q4/Q3 será 1,25

Asimismo, es necesario tener un control, con fecha de instalación, de los medidores considerando inconvenientes de submedición (es decir, que no es capaz de registrar todos los consumos, especialmente los de bajo caudal) por su envejecimiento. Actualmente, Aguas Santafesinas S.A. no realiza cambios por envejecimiento, es más costoso el reemplazo del medidor que aquello que se recupera en facturación, priorizando los cambios para los casos de robos o rotura.

Al proyectar el mantenimiento de medidores, se identifican los siguientes tipos de intervenciones en el parque de micromedidores con el objetivo de mantener su servicio en el rango de un error aceptable:

- Mantenimiento Correctivo

Consiste en el reemplazo de los medidores a partir del momento en que se detecta que no está cumpliendo la función para la que fue diseñado.

- Mantenimiento Preventivo

Consiste en la realización de trabajos destinados a mantener el funcionamiento de los medidores dentro de un nivel determinado de error en la medición. Este tipo de mantenimiento incluye trabajos de calibración o sustitución directa del medidor.

- Cambio Tecnológico

Al programa de reemplazo de medidores por mantenimiento preventivo se puede agregar el cambio tecnológico, el que consiste en reemplazar los medidores por medidores de clase superior, que reflejen una mayor precisión de la medición y facturación. También se puede mencionar un mejoramiento en la forma de instalar el medidor, con el cual se evite un mayor desgaste del medidor o pérdidas.

8.4. Lectura de micromedidores.

En condiciones de funcionamiento normal de un micromedidor y con mediciones correctas del consumo de agua, si los lecturistas no pueden leer correctamente, la facturación será inferior o superior a lo que corresponda al usuario.

Las irregularidades en los procedimientos de lectura de los medidores pueden detectarse rápidamente si se utilizan estrategias de contabilidad y se programa para alertar sobre anomalías.

Si la lectura del volumen es menor que el volumen real, esa diferencia se convertiría en ANF, por ende, pérdidas comerciales. Si la lectura es mayor que el volumen real, esa facturación excesiva produciría reclamos de los usuarios y mermaría la confianza hacia la empresa.

Si existen márgenes de mejora de la exactitud de lectura de medidores, se debe brindar orientación y capacitación de manera periódica para mejorar la capacidad de lectura.

Actualmente, Aguas Santafesinas S.A. tiene desarrollado una aplicación para telefonía móvil que es utilizado por lectorista (de empresa tercerizada) para la volcar la información colectada en campo. Esto ha permitido incrementar la calidad de la información por la posibilidad de obtener datos directos de terreno (sin intermediarios), control en tiempo real, certeza sobre identificación del operador, lugar donde se efectúa la medición (GPS), fecha, qué ruta tomó y demoras. Asimismo, concede la posibilidad de tener controles automáticos in situ, asistencia online al lectorista para ubicar medidores, predicción inteligente de errores, relectura del 25% de los medidores, registros fotográficos de incidencias, relevamiento de datos adicionales a la conexión, detección de errores de ASSA previo a la facturación y prevención con detección de acciones desleales del lectorista.

La aplicación antes indicada, durante el proceso de lectura, permite lo siguiente:

- Flexibilidad para alterar ciclos adaptados al plan masivo de instalación de medidores.
- Robustez ante el crecimiento acelerado del parque medido.
- Ruteo proporcionado por contratista, pero en poder de Aguas Santafesinas S.A.
- Agilidad de reacción ante imprevistos meteorológicos.
- Auditoría de control de calidad.
- Feedback para contratista sobre rendimiento de su personal.
- Resultados observables:
 - Toma de decisiones para mantenimiento preventivo.
 - Inmediatez en el mantenimiento correctivo.
 - Reducción de necesidad de inspecciones con personal de Aguas Santafesinas S. A.
 - Reducción de reclamos comerciales.
 - Detección de reclamos técnicos con proactividad.

8.5.Reducción de pérdidas intradomiciliarias.

Consiste en establecer un conjunto de medidas o acciones junto a los consumidores con el propósito de sensibilizarlos de la importancia en la identificación y reparación de las pérdidas domiciliarias, las cuales normalmente representan caudales que están dentro del rango de insensibilidad del medidor y, por lo tanto, no se facturan.

Dependiendo de la magnitud de estas pérdidas, la propia empresa puede asumir los gastos involucrados, incluyendo:

- Reparación de instalaciones intradomiciliarias o entrega de materiales para reparación por parte del propio usuario.
- Cursos o talleres de plomería.
- Educación al consumidor sobre el correcto uso de las instalaciones, utilización racional del agua e identificación de las pérdidas.

9. Propuesta de reducción del ANF en el Distrito San Lorenzo

El proceso metodológico para la reducción del agua no facturada se fundamenta en un sistema de zonificación/sectorización y control de todas las variables

y caudal mínimo nocturno. Este sistema establece lo que se denominará en adelante sector o área hidráulica de medición, que permiten efectuar de forma controlada mediciones de caudal para su análisis. Es decir, se trata de una pequeña área aislada dentro de una red de distribución y cuyos volúmenes de agua de entrada y salida se miden.

Con la información obtenida en todo el proceso, que serán los indicadores, se podrá realizar un análisis sistemático a través de la comparativa anterior y posterior, determinando los beneficios obtenidos por la reducción del agua no facturada, tanto en eficiencia del servicio como en la reducción de costos de producción.

Asimismo, la implementación del plan de sectorización, permite la posibilidad de realizar un monitoreo adecuado y constante, así como determinar patrones del comportamiento del consumo.

9.1. Establecimiento de las áreas hidráulica de medición.

Se entiende que una red de distribución se encuentra sectorizada cuando se utilizan elementos de control y medición (Válvulas de cierre y Macromedidores) que determinan áreas o sectores relativamente homogéneos en sus consumos.

De ésta manera resulta posible desagregar balances de agua completos para cada uno de los sectores en que se ha subdividido la red, considerando más detalladamente los aspectos inherentes a las características técnicas (presiones en la red, materiales, antigüedad de las tuberías, etc.) y las componentes comerciales (tipos de usuarios mayoritario – zona residencial o industrial; tipo de micromedidores instalados; perfil de los consumos; etc.).

La subdivisión de las redes de distribución busca localizar las fugas, permitiendo reducir los tiempos de percepción, ubicación, y reparación. Además, es posible cuantificar el nivel de fuga para distintas áreas, identificando las más problemáticas. Durante una reparación, los sectores hidráulicos de medición ayudan a reducir los períodos de interrupción del suministro y además permite comparar el consumo facturado de los usuarios con los volúmenes netos de ingreso de agua al sector.

El establecimiento de los sectores hidráulicos de medición se planifica basándose en la información reflejada en los planos existentes (catastro de redes) de los sistemas de distribución de agua potable, funcionamiento de las zonas de presión, horarios de servicio y las zonas de cobertura de las fuentes de abastecimiento. En este sentido, como ya se ha manifestado en el desarrollo de este documento, la ciudad de San Lorenzo cuenta con un catastro de redes,

el cual fue actualizado durante el progreso de este trabajo final. El horario de servicio de distribución de agua es de 24 hs por 365 días del año. Asimismo, las presiones se mantienen uniformes en toda la ciudad a excepción de un sector, con menor presión, afectado por problema estructural de la red, en vías de solución.

9.2. Planificación y diseño de los aislamientos y mediciones.

El diseño de los sectores hidráulicos de medición requiere un conocimiento profundo del sistema de distribución de agua potable, además de contar con un catastro de redes actualizado, como se mencionó anteriormente, y la utilización de modelización matemática de las redes a través de software diseñados para simular y predecir el comportamiento dinámico del fluido dentro del sistema de distribución.

Existen algunas pautas generales para el diseño de sectores hidráulicos que a continuación se consideran:

- Cada sector hidráulico medido puede tener varios puntos macromedidos de salida y entrada.
- Se deben crear límites del sector hidráulico medido, cerrando válvulas esclusa. Estos deben seguir en lo posible límites naturales como por ejemplo ríos, líneas de ferrocarril, vías principales o cualquier otro tipo de barrera urbana.
- Se deben minimizar el número de válvulas a cerrarse. Las válvulas de aislamiento tienen que estar claramente marcadas o equipadas con dispositivos especiales que eviten que personal no autorizado de la empresa tenga acceso a su manipulación.
- Las variaciones de elevación del terreno deben ser mínimas en el sector hidráulico medido.
- Deben respetarse las regulaciones legales de presiones mínimas, las restricciones locales debido a la topografía y altura de los edificios, así como las necesidades de la lucha contra incendios.
- Es necesario conocer los caudales máximos actuales más aquellos posibles por expansión urbanística y los mínimos esperados luego de reparadas las fugas de los sectores

hidráulicos determinados. Conocer estos valores, posibilitará seleccionar y adquirir el macromedidor del rango necesario que no quede obsoleto ante un descenso considerable de los caudales.

Se deben considerar factores hidráulicos, prácticos y económicos cuando se planea subdividir la red en áreas hidráulicas medidas. Respecto al tamaño de estas últimas, los costos de instalación y mantenimiento por conexión para las zonas pequeñas generalmente son más altos debido a que se requiere una mayor cantidad de válvulas y medidores. Sin embargo, cuantos más pequeñas son estas áreas, rápidamente se descubre la presencia de nuevas fugas, ya que es posible distinguir fugas pequeñas y de fondo. Asimismo, un área pequeña logra económicamente un nivel más bajo de fugas.

Algunas bibliografías recomiendan que los sectores hidráulicos medidos en áreas urbanas tengan entre 500 y 3.000 conexiones de servicio. En cambio, otros autores y personal experimentado manifiestan que esas áreas pueden estar integradas por 6000 o 7000 conexiones.

9.3. Implementación de un sector hidráulico de medición.

Una vez que los límites de un sector hidráulico de medición se han determinado, se realizará una investigación del sitio cerrando y verificando la hermeticidad de las válvulas de aislamiento existentes. Es esencial probar las válvulas, ya que el mal funcionamiento de una, distorsionará la evaluación de pérdidas en la red del sector hidráulico medido y también del área contigua.

La exactitud y repetitividad de las mediciones, los costos de instalación y el mantenimiento, así como las condiciones operativas (suministro continuo o intermitente) también desempeñan un papel importante para la decisión de la implementación del sector hidráulico. Una vez que se han cerrado y probado todas las válvulas, se debe realizar una prueba de presión cero (preferiblemente durante un periodo de consumo bajo y luego de haber informado a los usuarios) para verificar que el sector hidráulico de medición esté completamente aislado.

9.4. Operación y gestión.

Como todas las otras metodologías de reducción de fugas analizadas en el apartado nº 7, implementar un sector hidráulico medido no es un tema de rápida resolución, sino que requiere un compromiso de largo plazo por parte de

la Gerencia de Aguas Santafesinas S.A. y de su personal operativo.

Diseñando e implementando correctamente un sector hidráulico puede ser una de las medidas más eficaces para reducir las pérdidas de agua. En el largo plazo, la empresa Aguas Santafesinas S.A. además de implementar un sistema que abarque el tratamiento y control del ANF, deberá mantener operaciones de rutina, verificando la capacidad y potencial de implementar una gestión de presiones.

9.5. Determinación del nivel de fuga en un sector hidráulico medido.

Las fugas en un sector hidráulico medido se calculan como la diferencia entre el flujo ingresante total y el consumo de los clientes dentro del mismo periodo.

Se puede medir directamente el ingreso al sistema luego de instalar medidores de flujo en todos los puntos de entrada (y salida) de un sector hidráulico medido. Se puede transferir las mediciones del flujo en tiempo real utilizando el sistema SCADA. Los datos en tiempo real permiten reacciones inmediatas a las nuevas fugas.

El método más común para determinar el nivel de fuga en un sector hidráulico medido es analizar el periodo de caudal mínimo nocturno (CMN), que ocurre usualmente entre las 2 y las 4 de la mañana en las áreas urbanas como lo es la ciudad de San Lorenzo. El consumo del usuario se encuentra en su valor mínimo, y la fuga representa así el porcentaje máximo del flujo ingresante neto en el sector hidráulico medido. Las fugas no reportadas y las fugas de fondo (no detectables) constituyen la fuga total.

El flujo que ingresa al sector hidráulico medido debe consistir sólo de los consumos de los clientes y las fugas de fondo (no detectables).

Asimismo, se deberá monitorear los reclamos de los usuarios sobre presiones bajas, interrupción del servicio, y problemas de calidad del agua para identificar las fallas potenciales en el sector hidráulico medido.

En la Figura N° 33 se muestra la variación del caudal diario con sus componentes.

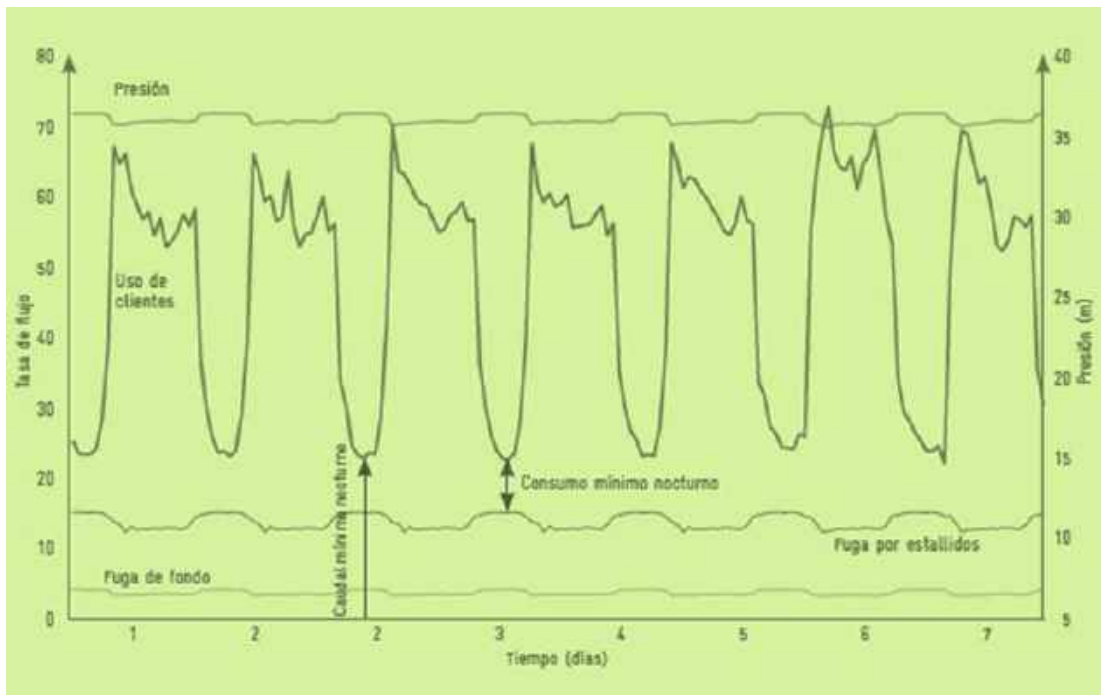


Figura n° 33: Componentes de un caudal mínimo nocturno.

9.6. Métodos para la percepción de fugas en un sector hidráulico medido.

Básicamente se disponen de tres métodos principales para percibir tempranamente nuevas fugas y reducir el tiempo de fuga:

- Monitoreo del caudal entrante
Las roturas y estallidos de cañerías causan una elevación más o menos abrupta en el caudal, lo cual se puede detectar monitoreando constantemente el flujo que ingresa a una red abierta o a un sector hidráulico medido.
- Monitoreo de la presión
La presión en la red también es un parámetro utilizado para la percepción de fugas. En un sector hidráulico medido, durante la noche podrían ser cerradas las llaves de entrada a los usuarios, y en esas condiciones, el sistema sin consumo tendría que alcanzar el nivel hidrostático teórico. Si se realizaran mediciones de presión y se detectaran pérdidas de carga, se infiere que existen fugas que reducen la presión en la red. Por otra parte, en un sistema con registros de presión continua, un decrecimiento no esperado de la presión podría estar indicando un posible aumento en la tasa de fugas.

Esta práctica, en San Lorenzo, es poco viable tratándose que los sectores hidráulicos medidos, que en adelante se proponen, tendrán

conexiones por encima del millar de unidades, lo cual hace dificultosa la tarea operativa de cerrar y abrir esa cantidad de llaves en un solo día.

- Monitoreo del ruido

La descarga de agua desde una fuga produce ondas u oscilaciones acústicas. Estas ondas acústicas se propagan en la columna de agua y se pueden detectar por registradores de ruidos de fuga que se instalan usualmente en válvulas. Este tema ya fue desarrollado en el apartado 7.4.1.

9.7. Propuesta de conformación de sectores hidráulicos de medición en la red de distribución de agua potable de la ciudad de San Lorenzo.

De acuerdo a lo desarrollado en el apartado n° 9.2, se plantearán distintos sectores hidráulicos a través de la implementación de cámaras pitométrica con instalación de macromedidores en las principales cañerías (red primaria) de ingreso al área a realizar su aislamiento.

Por la naturaleza del sistema de redes de distribución de agua potable de la ciudad de San Lorenzo, se planifican sectorizaciones de operatividad activa. Es decir, se instalarán macromedidores en las principales cañerías y se colocarán válvulas esclusa en redes secundarias para asegurar el aislamiento. Esto hace que los análisis del ANF, necesiten planificaciones previas como avisos al Ente Regulador, medios masivos de comunicación, y vecinos por la merma de presión, y disponibilidad de operarios y horas extras en horarios nocturnos para (cierre en las primeras horas de la noche y apertura en las últimas de la madrugada, rango horario donde se producen los caudales mínimos nocturnos) maniobra de las válvulas. Si bien esta modalidad permite advertir anomalías en el sistema de redes de distribución de agua, no admite un análisis pormenorizado de cada sector hidráulico medido en tiempo real y constante, sin antes realizar la maniobra de válvulas. Es por esta razón que, por la complejidad del entramado de redes, es necesario aplicar un control del ANF con operatividad activa.

Es también posible aplicar un sistema pasivo operativamente, colocando macromedidores en cada vía de acceso de red a un sector hidráulico medido, pero esta alternativa, para el caso en estudio, es inviable económicamente. Esta metodología, respecto de la anterior, consiste en trabajar con sectores que son monitoreados las 24 hs del todo el año y que no necesitan de válvulas de cierre que deban ser operadas. Las condiciones de la red deben permitir esta situación o bien realizar modificaciones hasta lograrlo, pero todo siempre depende de las condiciones económicas y presupuestarias de la empresa.

A continuación, se presentan los distintos sectores hidráulicos medidos propuestos para el presente trabajo final.

Sector hidráulico medido n° 1:

Es el área situada en el Suroeste de la ciudad de San Lorenzo y se prevé la instalación de tres macromedidores (M1, M2 y M3) y un cierre con válvula esclusa (VE) para asegurar el aislamiento, como se presenta en la Figura N° 34.

Esta zona cuenta con alrededor de 3151 conexiones y es la más afectada por la presencia de conexiones y redes clandestinas por su baja o nula cobertura de servicio en algunos sitios, como ya se indicó en el apartado 7.3.

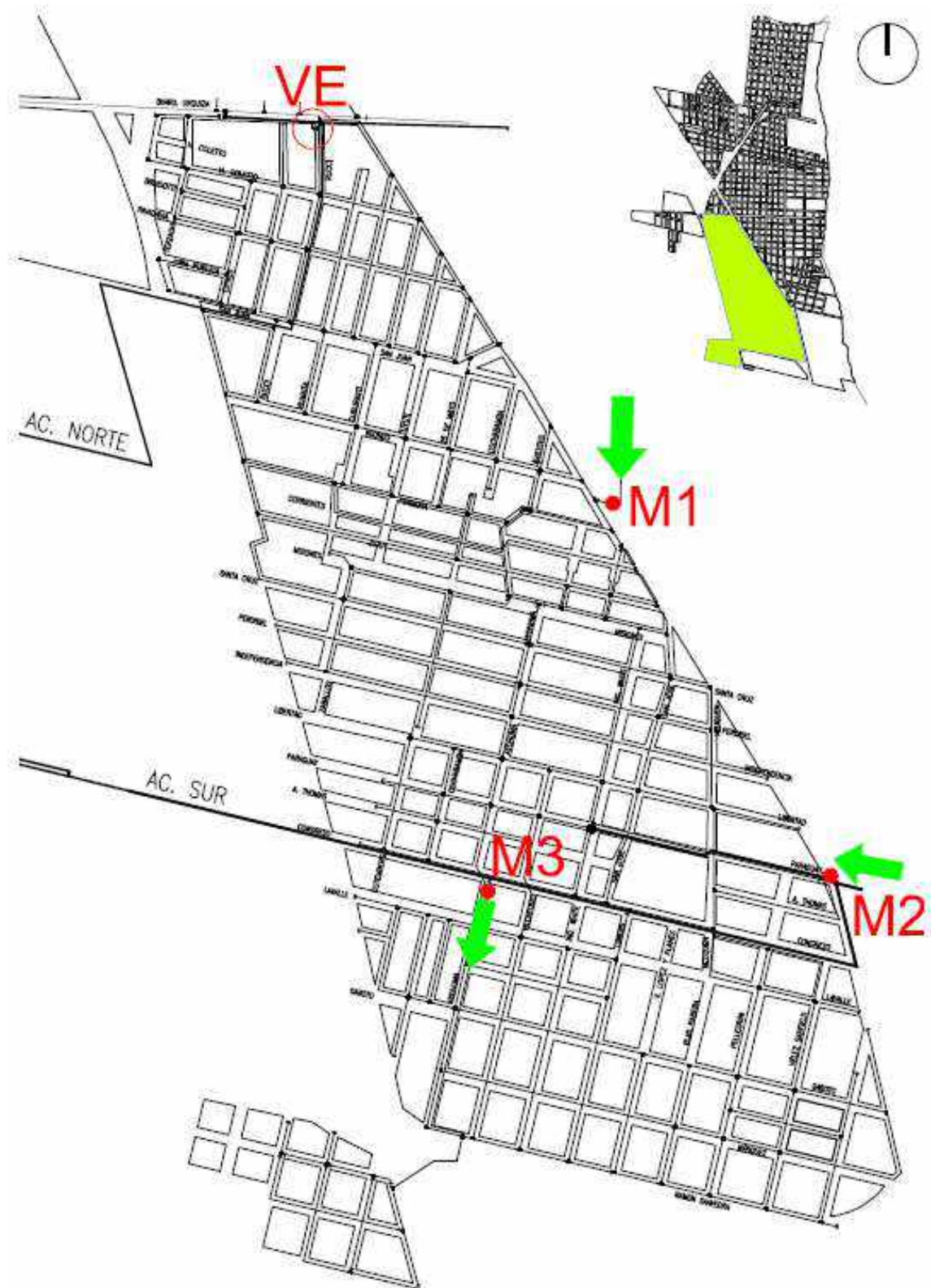


Figura n° 34: Sector n° 1 de aislamiento con los ingresos de agua al sistema cerrado.

En las Figura N° 35, Figura N° 36, Figura N° 37 y Figura N°38 se muestran detalle de nodos donde se realizarán cierre y colocación de macromedidores en el sector hidráulico medido n° 1:

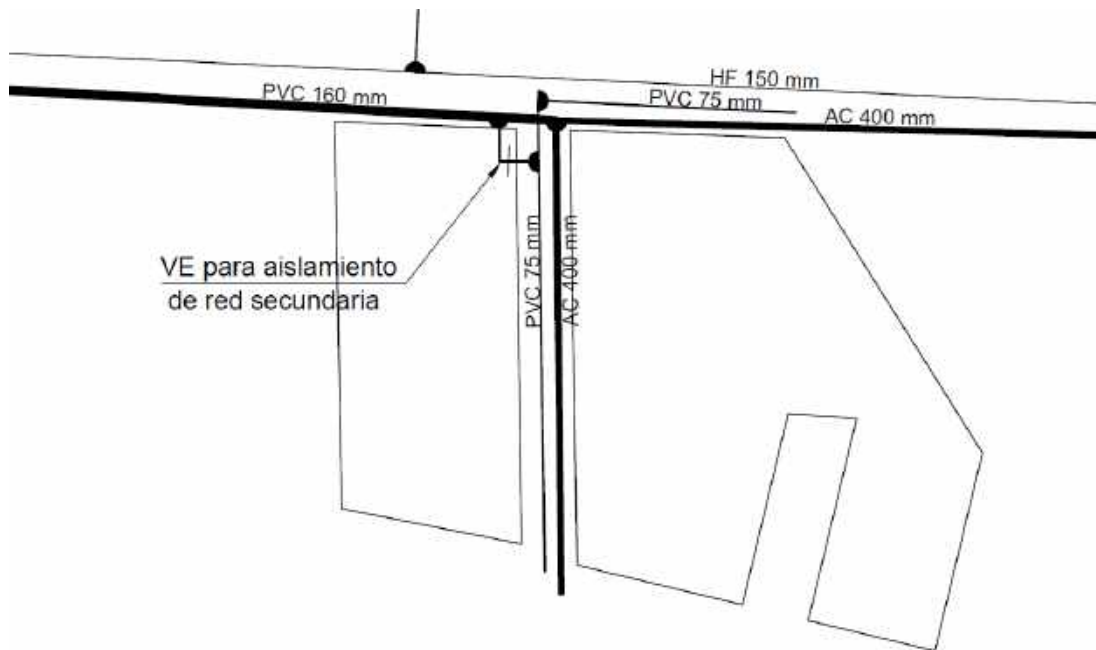


Figura n° 35: Desvinculación red secundaria con primaria con cierre de VE.

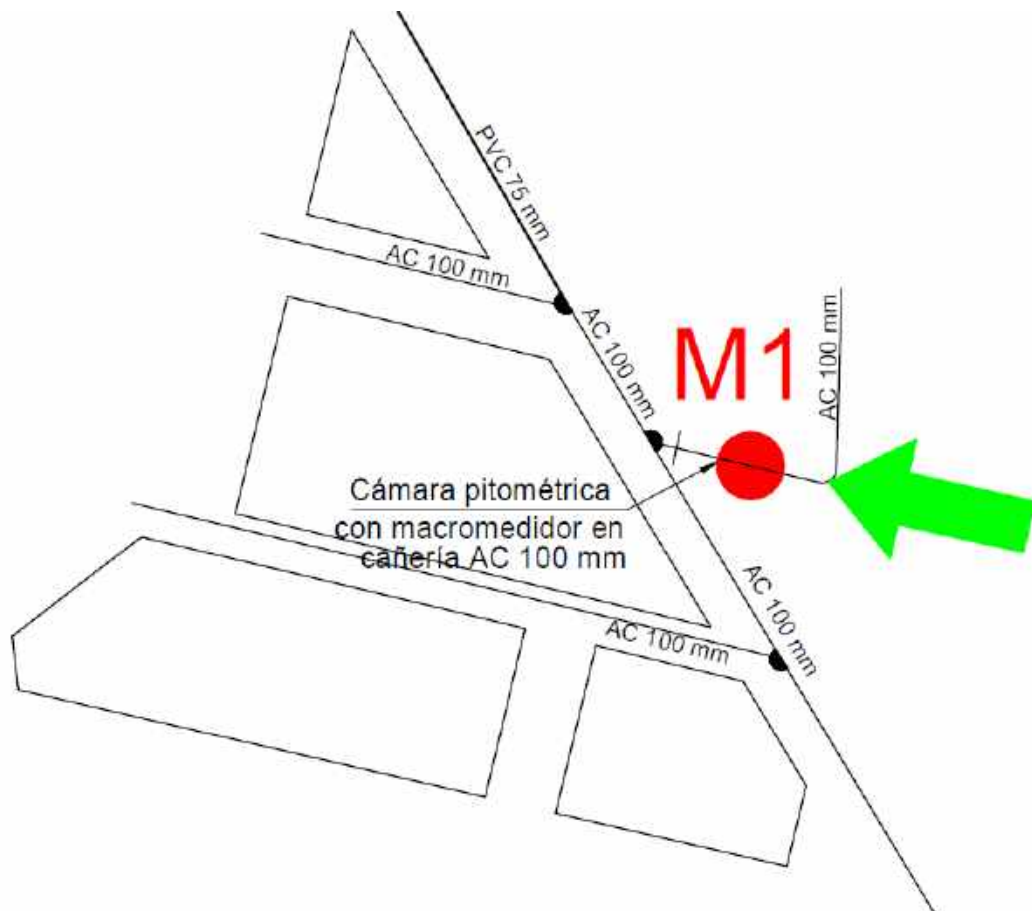


Figura n° 36: Instalación macromedidor M1

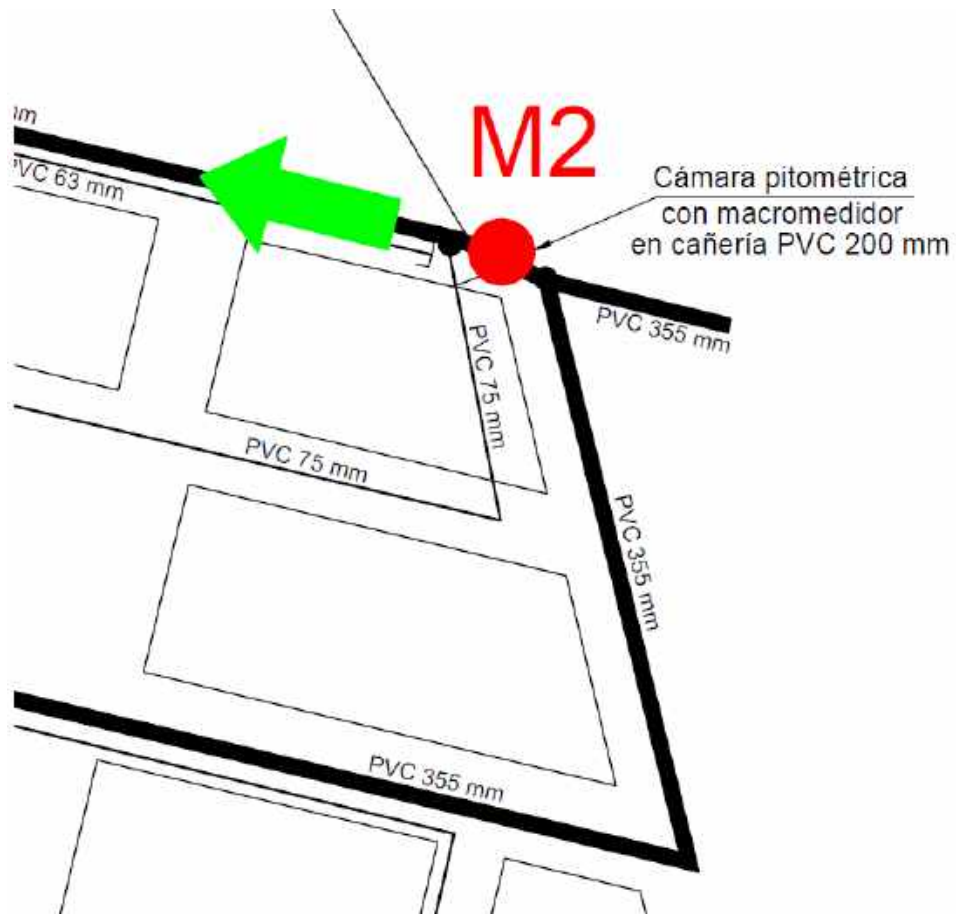


Figura n° 37: Instalación macromedidor M2

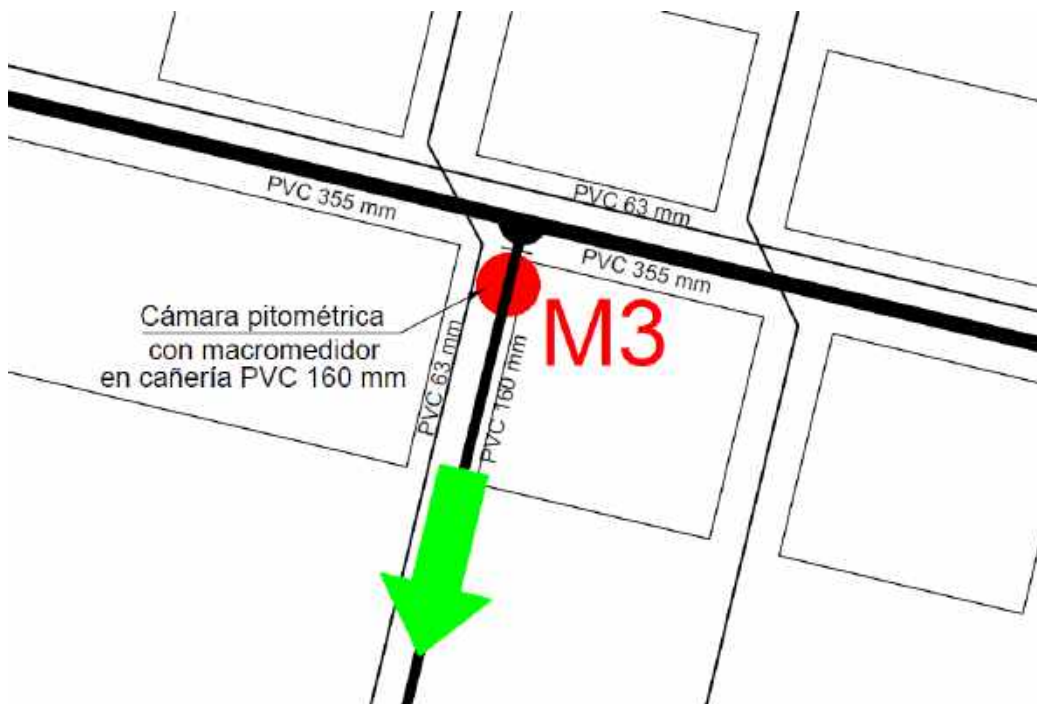


Figura n° 38: Instalación macromedidor M3

Sector hidráulico medido n° 2:

El área ubicada al Norte y Noroeste de la ciudad de San Lorenzo, como se representa en Figura N° 39, conformará el sector hidráulico medido n°2 a través de la instalación de tres macromedidores (M4, M5 y M6) y siete cierres con válvula esclusa (VE2 a VE8) que garantizarán el paso del flujo solo por los tres sitios antes indicados.

Esta zona cuenta con alrededor de 4364 conexiones de agua y por su condición periférica puede afirmarse también que existan conexiones y redes clandestinas.



Figura n° 39: Sector n° 2 de aislamiento con los ingresos de agua al sistema cerrado.

A continuación, se muestran en detalle de la ubicación de macromedidores y válvulas esclusa del sector hidráulico N° 2 (ver Figura N° 40. Figura N° 41 y Figura N° 42).

Realizando la maniobra de cierre de las válvulas esclusa, se logra que el paso del flujo sea solo por los macromedidores n° 4 y 5 para el control del ANF en la zona de referencia.

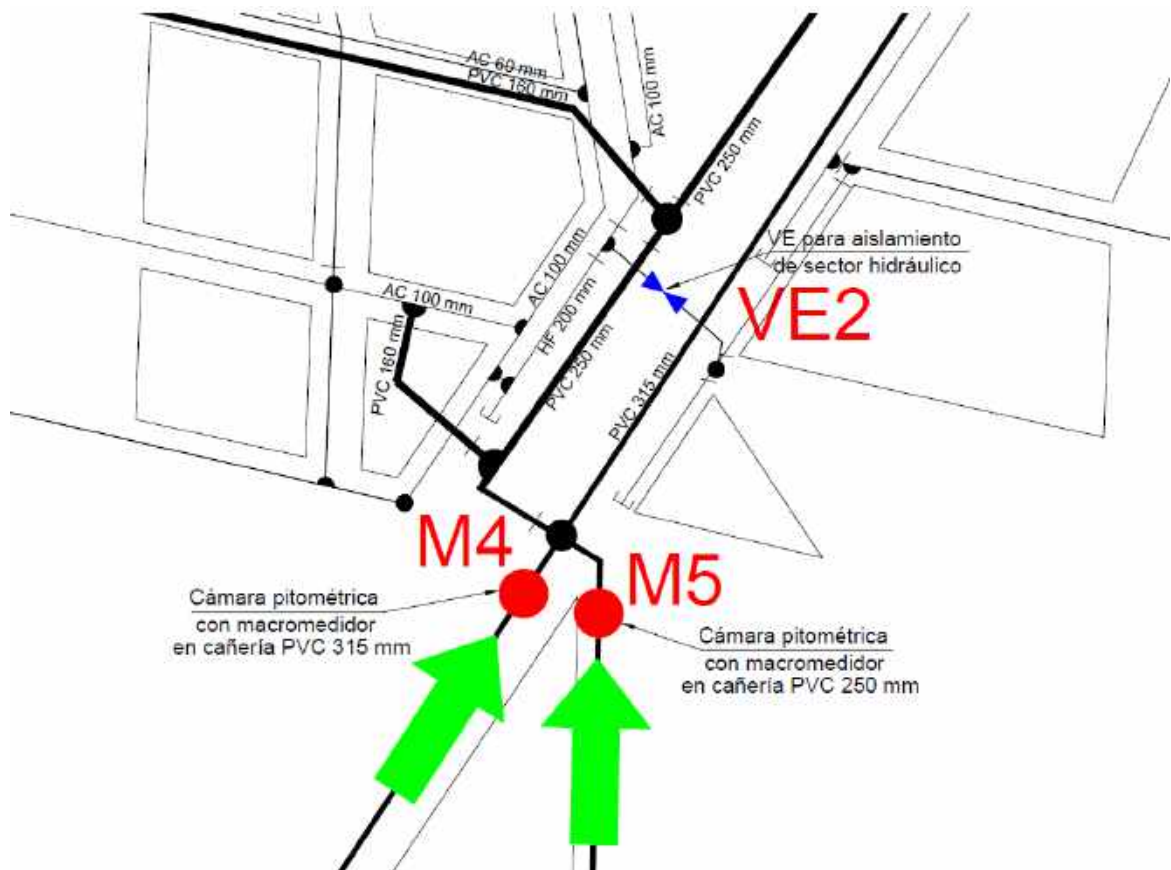


Figura n° 40: Instalación macromedidor M4, M5 y válvula esclusa VE2.

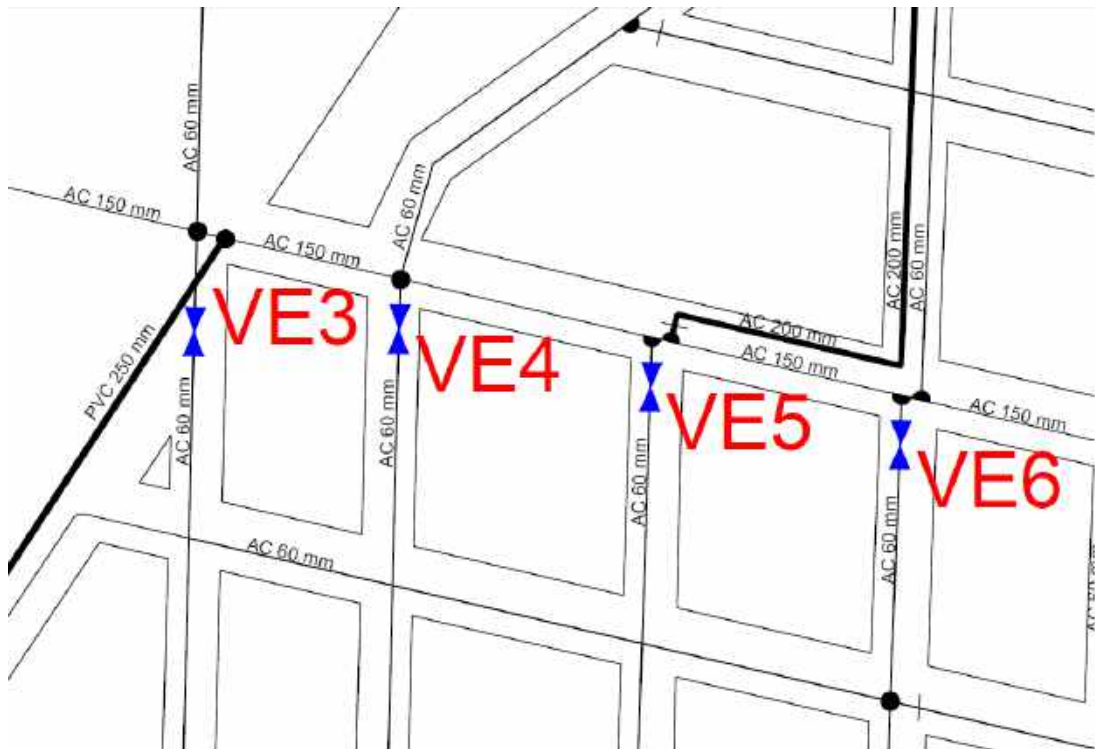


Figura n° 41: Desvinculación red con cierres de VE para aislamiento sector hidráulico n°2.

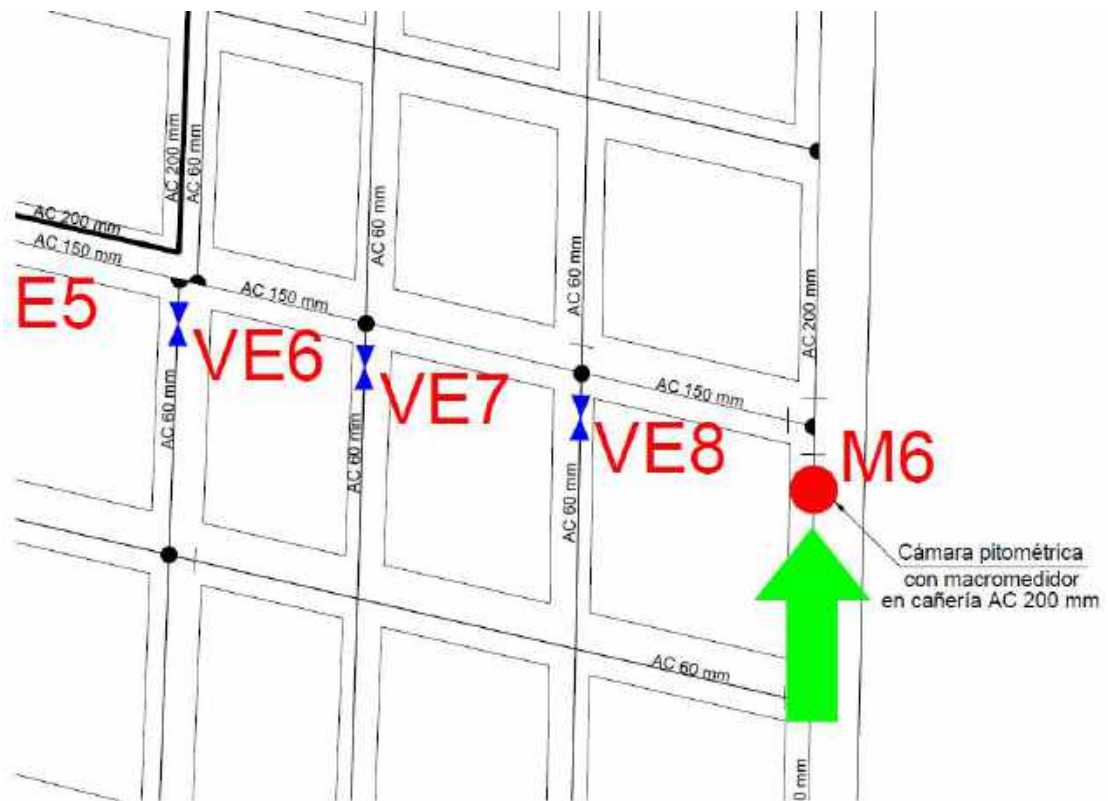


Figura n° 42: Desvinculación red con cierres de VE y ubicación de macromedidor M6.

Sector hidráulico medido n° 3:

Este sector, que se presenta en la Figura N° 43, es el área comprendida por el centro y sur de la ciudad de San Lorenzo, compuesto por su casco histórico, siendo la zona con mayor densidad poblacional.

El control del sector hidráulico medido n° 3 resultará de la diferencia de los registros indicados en los macromedidores de salida del nuevo Centro de Distribución de agua potable menos aquellos registros en los macromedidores M1 a M6 correspondientes a los sectores hidráulico medido 1 y 2.

Esta zona cuenta con alrededor de 6532 conexiones de agua.



Figura n° 43: Área correspondiente al sector hidráulico n° 3 y sus puntos de egreso macromedidos.

10. Evaluación económica

10.1. Valoración de propuestas para mejoras del ANF.

Para el análisis global de llevar a cabo la propuesta de controlar y mejorar el agua no facturada de la ciudad de San Lorenzo, es necesario calcular los costos que acarrea el proyecto y cotejarlos con la minimización de costos en la producción de agua si realmente se efectiviza el plan.

En adelante, se analizarán los costos operativos a través de Obra Modular San Lorenzo, que se ejecuta con empresa tercerizada. Estos contratos constituyen en su mayor parte ítems cerrados, que son aquellos que comprenden varias tareas.

Los valores establecidos en Obra Modular no incluyen costos por materiales hidráulicos. Por lo tanto, estos últimos serán evaluados en los próximos análisis.

Debido a que distintos costos se han tomado en diversos momentos del año, los mismos serán evaluados en dólares para simplificar su análisis. Al momento de realizar la conversión de la moneda peso a la divisa norteamericana, se ha utilizado la valorización oficial, utilizada por la empresa Aguas Santafesinas S.A., descartando valorizaciones alternativas como dólar paralelo (blue, turista, ahorro, etc).

Los costos operativos que a continuación de desarrollan, serán evaluados para implementar durante un año calendario.

10.1.1. Obras de expansión de red de agua.

En el apartado n° 7.3 se propuso la ampliación de la red de distribución de agua potable a través del tendido de 1500 m de cañería de PVC 75 mm clase 10. Esto permitirá incorporar alrededor de 74 nuevos usuarios/cuentas con el consecuente aumento de facturación de agua de consumos que no están autorizados hasta el momento.

En la Tabla N° 6, se expone el cómputo de las tareas y materiales necesarios para la obra y su costo final.

Tarea	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Excavación y tapada	750 m3	37.76 U\$\$	28320.00 U\$\$
Solados	44.4 m2	51.19 U\$\$	2272.84 U\$\$
Rotura pavimento asfalto	4.10 m3	102.28 U\$\$	418.84 U\$\$
Reposición suelo-cemento	11.70 m3	96.69 U\$\$	1131.27 U\$\$
Reposición asfalto	4.10 m3	453.98 U\$\$	1859.05 U\$\$
Colocación cañería	1500 m	18.05 U\$\$	27075.00 U\$\$
Empalmes a cañerías existentes	8 un.	106.77 U\$\$	854.16 U\$\$
Instalación conexión agua	74 un.	104.35 U\$\$	7721.90 U\$\$
Subtotal			69653.05 U\$\$
Material	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Cañería PVC 75 mm C10	250 un.	21.66 U\$\$	5415.00 U\$\$
Ramal Tee 75 x 75 C10	9 un.	25.13 U\$\$	226.17 U\$\$
Ramal Tee 110 x 75 C10	1 un.	37.86 U\$\$	37.86 U\$\$
Curva PVC 75 mm a 45°	12 un.	4.16 U\$\$	49.92 U\$\$
Reducción PVC 75 a 63 mm	3 un.	4.25 U\$\$	12.75 U\$\$
Conexión FD tolerancia 72-85 mm	14 un.	105.71 U\$\$	1479.94 U\$\$
Conexión FD tolerancia 110-128 mm	2 un.	80.44 U\$\$	160.88 U\$\$
Caño PEAD 25 mm	750 m	0.73 U\$\$	547.50 U\$\$
Llave maestra	74 un.	8.75 U\$\$	647.50 U\$\$
Cajón plástico	74 un.	36.18 U\$\$	2677.32 U\$\$
Toma en carga	74 un.	0.52 U\$\$	38.48 U\$\$
Medidor de agua clase C DN 20 mm	74 un.	20.60 U\$\$	1524.40 U\$\$
Subtotal			12817.72 U\$\$
TOTAL			82470.77 U\$\$

Tabla n° 6: Valoración obra de expansión red de agua.

10.1.2. Reparación de fugas.

Este apartado presenta un alto grado de incertidumbre debido al desconocimiento de la naturaleza de las pérdidas (caño distribuidor, conexión, llave, medidor, etc.). Aun así, se realiza una estimación fundamentada en el análisis realizado sobre el año 2022 en cuanto cantidad de reparaciones según los motivos de fugas.

Del total de pérdidas en la red ingresadas por usuarios y por iniciativa propia, aproximadamente un 80% correspondieron a fugas en vereda y el restante intervenciones en calzada. La totalidad del último motivo indicado, se corresponde con la reparación de cañerías distribuidoras (se recuerda que en San Lorenzo la red está emplazada principalmente bajo calzada). En cambio, dentro del grupo de fugas en vereda, en un 20% se repararon cañerías distribuidoras bajo vereda.

Para el presente análisis, se ha proyectado reparar 300 fugas no visibles en el término de un año, cantidad manifiesta por la gerencia como excedente sobre los presupuestos habituales por reclamos técnicos. Se presume que puede absorberse, sin mayores inconvenientes, entre

contratista tercerizada y fuerza propia de Aguas Santafesinas S.A. Las mismas, serán producto de la búsqueda por correlación que fue tratada en el apartado n° 7 de este documento. Se considerará un 40% de la totalidad como fugas a reparar en la red bajo calzada, que tiene su fundamento en la experiencia de conocer situaciones en la que la fuga no emerge o no se manifiesta con facilidad a través de un hundimiento en la superficie de rodamiento debido a que gran parte de la ciudad tiene pavimento rígido de hormigón.

Realizando las simplificaciones y ponderaciones del caso, donde puede establecerse como reparación en calzada aquellas correspondientes a intervenciones sobre cañerías distribuidoras y en vereda las conexiones domiciliarias, se obtiene en la Tabla N° 7 los valores de mano de obra y materiales necesarios para la reparación de fugas.

Tarea	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Reparación fuga en calzada	120 un.	271.38 U\$S	32565.60 U\$S
Reparación fuga en vereda	180 un.	83.92 U\$S	15105.96 U\$S
Subtotal			47671.56 U\$S
Material	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Junta de reparación tol. 66-78 mm	47 un.	225.18 U\$S	10538.42 U\$S
Junta de reparación tol. 78-90 mm	47 un.	235.04 U\$S	10999.87 U\$S
Junta de reparación tol. 90-105 mm	23 un.	256.05 U\$S	5991.57 U\$S
Junta de reparación tol. 105-120 mm	23 un.	260.78 U\$S	6102.25 U\$S
Junta de reparación tol. 120-135 mm	16 un.	248.92 U\$S	3883.15 U\$S
Empalme PE/PE B D. ext. 17 mm	43 un.	8.34 U\$S	358.62 U\$S
Empalme con rosca P/PB D. 19 mm	57 un.	6.55 U\$S	373.35 U\$S
Tubo emp. M rosca 20 x 27 T. loca	57 un.	6.56 U\$S	373.92 U\$S
Empalme poliprp. mult. Tol. 21-27 mm	43 un.	29.95 U\$S	1287.85 U\$S
Subtotal			102686.53 U\$S
TOTAL			150358.09 U\$S

Tabla n° 7: Costo de reparación de fugas.

10.1.3. Costos de la implementación de sectores hidráulicos medidos.

Para avanzar con lo establecido en el apartado 9.7, donde es necesario sectorizar la red de la ciudad para controlar el agua no facturada, se debe implementar una serie de obras que incluyen instalación/renovación de válvulas esclusa y colocación de macromedidores electromagnéticos a batería con transmisión de datos a distancia. Estos últimos necesitan de una cámara de hormigón armado.

A continuación, en la Tabla N° 8, se presentan los de costos para el cierre de sectores hidráulicos. Se aclara que, de las ocho válvulas esclusa

necesarias para las sectorizaciones, una de ellas ya está instalada (la correspondiente al cierre del sector hidráulico medido n°1), trabajo realizado en el transcurso del año 2023.

Tarea	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Hormigón Armado para cámaras	12.6 m3	721.31 U\$\$	9088.51 U\$\$
Excavación p/colocación macromedidor	40.50 m3	33.15 U\$\$	1342.58 U\$\$
Instalación macromedidor	6 un.	183.88 U\$\$	1103.28 U\$\$
Excavación p/colocación VE	10.82 m3	33.15 U\$\$	358.55 U\$\$
Relleno p/colocación VE	9.15 m3	47.31 U\$\$	432.98 U\$\$
Rotura pavimento p/ colocación VE	1.46 m3	136.96 U\$\$	199.41 U\$\$
Reposición suelo cemento p/VE	1.46 m3	112.94 U\$\$	164.44 U\$\$
Reposición pavimento p/colocación VE	1.46 m3	300.33 U\$\$	437.28 U\$\$
Instalación válvula esclusa	7 un.	127.91 U\$\$	895.37 U\$\$
Subtotal			14022.40 U\$\$
Material	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Macromedidor	6 un.	15000 U\$\$	90000.00 U\$\$
Válvula esclusa 80 mm	6 un.	176.54 U\$\$	1059.24 U\$\$
Adaptador Brida p/PVC 75 mm	12 un.	67.28 U\$\$	807.36 U\$\$
Conexión FD tolerancia 72-85 mm	6 un.	105.71 U\$\$	634.26 U\$\$
Válvula esclusa 200 mm	1 un.	377.21 U\$\$	377.21 U\$\$
Adaptador Brida p/PVC 200 mm	2 un.	152.85 U\$\$	305.70 U\$\$
Conexión FD tolerancia mm	1 un.	73.92 U\$\$	73.92 U\$\$
Bulones	96 un.	2.08 U\$\$	199.68 U\$\$
Subtotal			93457.37 U\$\$
TOTAL			107479.77 U\$\$

Tabla n° 8: Costos de implementación de sectores hidráulicos.

El costo del macromedidor tiene incluido juntas de desarme, registradores y transmisores de datos. Tener en cuenta que no habrá mayores costos debido a que no habrá rotación de equipos, quedando ya fijos cada elemento de medición que se implementarán para el control de flujo de entrada y salida a cada sector hidráulico establecido en el punto 9.7.

Este apartado es un costo inicial del proyecto con expectativa de amortización en años.

10.1.4. Costos para mejoras del ANF comercial.

En este apartado se plantea la necesidad de renovación de parque micromedido, el mantenimiento de cajones para lecturas más precisas del medidor y detección de conexiones ilegales y/o fraudes.

En referencia a la renovación de micromedidores, se planifica una cantidad de 50 reemplazos al mes, totalizando 600 unidades al año y se puede decir que el costo es lo suficientemente preciso.

En el caso del mantenimiento de cajones de conexiones de agua y la detección de fraudes, se tiene un alto grado de incertidumbre al respecto y se tratará de determinar cantidades en función de la experiencia del servicio en la ciudad de San Lorenzo. El primero de los casos, trata de la limpieza, en algunos con reemplazo del cajón, que los lecturistas van informando cuando rinden su parte de trabajo, estableciéndose un número de 30 unidades de limpieza/mantenimiento mensual.

En cambio, para la detección de fraudes, se prevé la decisión política de la empresa Aguas Santafesinas S.A., de trasladar los costos de intervención para regularizar la conexión de agua al infractor a través de la aplicación y cobro de una multa.

La Tabla N° 9 expone la deducción de gastos de los trabajos mencionados anteriormente.

Tarea	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Renovación de micromedidor	600 un.	12.52 U\$S	7512.00 U\$S
Mantenimiento y limpieza de cajón	360 un.	6.83 U\$S	2458.80 U\$S
Subtotal			9970.80 U\$S
Material	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
Medidor de agua clase C DN 20 mm	600 un.	20.60 U\$S	12360.00 U\$S
Cajón plástico	144 un.	36.18 U\$S	5209.92 U\$S
Subtotal			17569.92 U\$S
TOTAL			27540.72 U\$S

Tabla n° 9: Costos para la mejora del ANF comercial.

10.2. Estimación de impactos y valoración de pérdidas

Para la valoración de las pérdidas reales, se toma como referencia el costo marginal de 0.022 U\$S/m³, establecido en la auditoría realizada por HYTSA ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. en 2018. No obstante, dado que este valor fue calculado bajo condiciones operativas diferentes (en ese momento no existía el acueducto San Lorenzo ni su sistema de recepción y reimpulsión), y considerando el impacto del atraso cambiario, se adopta un valor ajustado, duplicando la cifra original, es decir, 0.044 U\$S/m³.

Según lo indicado en el apartado 6.3, página 48, el ANF obtenido se desglosa en un 34,30% de pérdidas físicas y un 12% de pérdidas aparentes. En consecuencia, considerando que las fugas físicas corresponden a un volumen de

2.285.580,84 m³/año, el valor de las pérdidas económicas anuales, calculado a partir del costo marginal, asciende a U\$S 100.565,56.

Por otro lado, las fugas aparentes corresponden a un volumen de 474.441,27 m³/año. A un precio de venta del agua de 0,30 U\$S/m³, esto representa una pérdida económica anual de U\$S 142.332,38. Sin embargo, no se ha considerado en este cálculo la submedición de los 4281 usuarios con caudales asignados, cuyo consumo, según las hipótesis de este trabajo, es un 40% superior al de los usuarios con micromedidor. Para verificar este supuesto y determinar con precisión la pérdida económica asociada a la falta de medición en estos usuarios, sería necesario realizar una prueba de medición de caudales sobre una muestra representativa de esa población y evaluar la viabilidad de dicho enfoque. Es importante tener en cuenta que parte de estos usuarios no medidos son no medibles (por ejemplo, edificios, comercios e industrias) y presentan patrones de consumo variados según su actividad.

Adicionalmente, durante la instalación masiva de medidores en la ciudad de San Lorenzo entre 2017 y 2018, se decidió no instalar medidores en sectores considerados conflictivos debido a la alta incidencia de robo o daño a estos dispositivos. En estos casos, se optó por mantener los volúmenes asignados, considerando más conveniente esta alternativa, asumiendo un porcentaje de pérdida no recuperable.

10.3. Reducción del ANF.

Distintas bibliografías indican que es infructuoso el esfuerzo por reducir el ANF a valores cercanos al 0%, pues los costos se disparan y difícilmente se consigan tales resultados, más aún tratándose de una red tan antigua como la que se encuentra operando actualmente en la ciudad de San Lorenzo. Por este motivo, la expectativa para este proyecto, es reducir el ANF del 50% actual hasta alcanzar un valor aceptable y que, a continuación, se estimará el alcance.

10.3.1. Pérdidas en conexiones y red distribuidora.

La IWA y el Programa de Investigación de la Industria del Agua del Reino Unido (UKWIR, por sus siglas en inglés) recomiendan la adopción de una expresión exponencial simple para representar la relación del caudal de fuga y la presión de servicio. La misma se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{f1} = Q_{f0} \times (P_1/P_0)^{N1}$$

Donde:

Q_{f1} es el caudal de fuga a la presión de la red en estudio.

Q_{f0} es el caudal de fuga a la presión de 50 m.c.a., definiéndose en 0,84 m³/hs en conexiones y 12,24 m³/hs en promedio de red.

P_1 es la presión de la red, definida para este caso en 8,9 m.c.a.

P_0 es el equivalente de presión 50 m.c.a.

N_1 es un coeficiente que puede adoptarse entre los valores 0,5 y 1,5, adoptándose para este caso el valor de 1,2.

Reemplazando valores en la ecuación anterior, se obtiene como resultados caudales de pérdidas de 0,11 m³/hs (2,54 m³/día) en una conexión y de 1.54 m³/hs (37,03 m³/día) en una rotura de red distribuidora.

De acuerdo a lo expresado en el apartado 10.1.2, se proyecta alrededor de 180 reparaciones en conexiones y 120 en la red distribuidora por fugas no reportadas. Por lo tanto, el volumen esperado de recuperar al término de un año es de 1.788.792 m³.

10.3.2. Submedición en medidores.

Según lo indicado en el apartado 10.1.4, se prevé el reemplazo de 600 medidores por año. De acuerdo al sistema NSR (Nuevo Sistema de Reclamos) de Aguas Santafesinas S.A., se observó que se factura en promedio 30 m³/mes por cada conexión.

Con el reemplazo de medidores por envejecimiento u obsolescencia, según lo indicado por personal del área de Micromedición de ASSA, se espera una recuperación entre 5 y 15% de lo facturado por conexión. Se adopta un valor del 10% para el cálculo de recuperación de volumen, es decir, que se recupera 3 m³/mes por conexión que se renueva el medidor. Por lo tanto, al cabo de un año se espera facturar a precio de venta 21.600 m³ más de lo actual.

10.3.3. Estimación de reducción de ANF.

En función de la estimación de recuperación de agua en los apartados anteriores, de la suma de ambos se espera recuperar 1.810.392 m³/año. Esto, sobre un total de volumen de entrada al sistema de 6.663.501 m³/año, representa una reducción del 27,2% del ANF.

Por lo tanto, al cabo de un año de fuertes inversiones y los esfuerzos por erradicar pérdidas no visibles (al mismo tiempo que se las hace con aquellas reportadas y visibles) el ANF no debería superar el 22,8%, valor aceptable para una red con la antigüedad como la analizada.

Es importante señalar que reducir un 27,2% de ANF representaría un escenario ideal, el cual podría no alcanzarse debido a factores imprevistos, como el fracaso en las búsquedas de fugas, que conlleva la realización de cateos y consume tanto presupuesto como tiempo, lo que limita la capacidad para lograr la cantidad esperada de reparaciones. Un objetivo más realista sería alcanzar una reducción de ANF aproximado en un 20% al cabo de un año.

10.4. Retorno de inversiones.

El costo total para llevar a cabo la planificación planteada en el apartado número 10, se muestra en el siguiente cuadro resumen de los costos:

RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN	
Proyecto	Costo
Ampliación de la red	U\$S 82470.77
Reparación de fugas	U\$S 150358.09
Sectorización de la red	U\$S 107479.77
Renovación/mantenimiento de micromedidores	U\$S 27540.72
TOTAL	U\$S 367849.35

Tabla n° 10: Costo para la mejora del ANF comercial y físico.

De lo anteriormente expresado, se debe considerar también, que parte de la inversión para el control del agua no facturada, como la sectorización hidráulica medida a través de instalación de macromedidores y válvulas esclusa con un costo de U\$S 107.479,77, puede tener una amortización a largo plazo en años por la duración de los distintos elementos, ya que no es admisible reinstalarlos año a año. Por lo tanto, los siguientes períodos al primero, las inversiones para mantener el ANF por debajo del 25%, serán sustancialmente menores.

De acuerdo a los volúmenes de agua calculados, se pretende recuperar en pérdidas aparentes (comerciales) 21.600 m³/año y reales (físicas) 1.788.792 m³/año. Considerando que, para pérdidas aparentes se evalúa con el precio de venta (0,30 U\$S/m³) y las pérdidas reales con los costos marginales de

producción (0,044 U\$/m³), la recuperación de dinero al año queda determinada de la siguiente manera:

- Pérdidas aparentes o comerciales: 21.600 m³/año x 0,30 U\$/m³ = 6.480 U\$/año
- Pérdidas reales o físicas: 1.788.792 m³/año x 0,044 U\$/m³ = 78.707 U\$/año

Es decir, se espera recuperar 85.187 U\$ al año. Por lo tanto, es deseable conocer el retorno de la inversión en términos de tiempo (Payback), calculado como la diferencia entre la inversión inicial y las ganancias esperadas por las mejoras introducidas.

$$\text{Tiempo de retorno (Payback)} = \frac{\text{U\$ 367.849,35}}{85.187 \text{ U\$/año}} = 4,3 \text{ años}$$

10.5. Otros usos del volumen recuperado por la reducción del ANF.

Como se anunció al comienzo de este trabajo, el acueducto San Lorenzo tiene instaladas tres derivaciones para vender agua en bloque a las localidades de Ricardone, Fray Luis Beltrán y la Cooperativa Bouchard de la ciudad de San Lorenzo.

Como se analizó en el apartado 10.4, la capacidad excedente que provocaría implementar el plan de acción del control de agua no facturada en San Lorenzo, sería de 1.810.392 m³/año.

Adoptando una dotación de 300 lts/hab.día y considerando que, entre la población servida de Cooperativa Bouchard y Ricardone, se sirven a aproximadamente 10.500 personas, se necesita 1.149.750 m³/año de agua, volumen inferior al recuperado por el tratamiento del agua no facturada en San Lorenzo. No queda capacidad excedente para abastecer a toda la localidad de Fray Luis Beltrán, con una población estimada en 17.300 habitantes.

Considerando que el precio de venta del agua en bloque es de 254,41 \$/m³ y según lo señalado anteriormente, donde es posible revalorizar 1.149.750 m³ de agua (gracias al tratamiento de ANF en la ciudad de San Lorenzo) vendiéndola a la Cooperativa de Bouchard y a la localidad de Ricardone, se puede estimar que las ganancias anuales serían aproximadamente de \$292.507.898 (U\$ 272.608).

Con este nuevo escenario, es posible recalcular el retorno de las inversiones (payback), el cual se obtiene dividiendo la diferencia entre las

ganancias por la venta de agua en bloque y el costo de producción (1.149.750 m³/año x 0,044 U\$/m³) por la inversión realizada. Es decir:

$$\text{Payback} = \frac{272.608 \text{ U\$/año} - (1.149.750 \text{ m}^3/\text{año} \times 0,044 \text{ U\$/m}^3)}{\text{U\$ 85.187}} = 2,6 \text{ años}$$

Por lo tanto, el volumen de agua recuperado al año puede tener dos destinos: ahorro en costos de producción, transporte y distribución o bien, utilizarlo para la venta en bloque a otras localidades sin la necesidad de realizar obras de refuerzos y aguardar la finalización de ampliación de la planta potabilizadora localizada en la localidad de Granadero Baigorria.

Por último, la implementación del tratamiento de agua no facturada y la recuperación de caudales, permitiría retrasar la obra de ampliación de la cisterna, con proyección a ejecutarse para satisfacer las demandas de las localidades indicadas en anteriormente.

11. Conclusiones

Del análisis realizado y habiendo observado el estado general de situación del ANF en la ciudad de San Lorenzo, surgen las siguientes conclusiones:

- El diagnóstico (ANF 50%) realizado con el software de balances WB-EasyCalc fue el esperado en función de lo observado en valores de producción y consumo real.
- Según los análisis realizados en la evaluación económica del proyecto (punto N° 10), el costo de las obras propuestas presenta un plazo de retorno razonable y bajo (4,3 años), lo que permitirá, en el corto plazo, generar ganancias para la empresa al vender el excedente a la localidad de Ricardone y a la Cooperativa de Bouchard, estimado en U\$S 272.608. Además, se prevé un ahorro por dejar de potabilizar, transportar y distribuir aproximadamente 660.642 m³/año, volumen que surge de la diferencia entre el total a recuperar por tratamiento de ANF (1.810.392 m³/año) y el volumen a vender en bloque a Ricardone y Cooperativa Bouchard (1.149.750 m³/año), lo cual se estima, con costo marginal, en U\$S 29.068.
- Como primera medida de mayor impacto en la recuperación del ANF, se recomienda en primera instancia regularizar las redes y conexiones

clandestinas como también avanzar sobre la renovación de micromedidores obsoletos.

- Es necesario el sinceramiento del costo del agua y la decisión política de trasladarlo al usuario. Como se observó durante el desarrollo del trabajo, el costo de producción, transporte y distribución es de 0,044 U\$S/m³, frente a los 0,30 U\$S/m³ promedio que abona el usuario. El aumento de las tarifas permitiría mayor flexibilidad en los objetivos y garantizarían que el plan de reducción de agua no facturada sea posible ejecutar. También es posible recurrir a financiamientos externos a través de préstamos de instituciones financieras internacionales, del Estado Provincial, de bancos locales comerciales, emisiones de deuda y participación privada mediante contratos de performance.
- Asumiendo que parte de las inversiones son iniciales, establecidas para un primer período, es factible que a partir del segundo año puedan realizarse, aprovechando partidas ociosas, otro tipo de inversiones como la renovación de las redes de distribución de agua potable. Esto permitirá también mejorar el ANF a largo plazo, pero lo más interesante es que será posible una restructuración de la red, permitiendo aumentar diámetros en zonas con alta densidad poblacional (casco antiguo/céntrico).
- Es necesario tener el personal idóneo y competente para las reparaciones en la red. La capacitación del mismo, puede gestionarse a través de proveedores de los materiales y elementos de red de distribución de agua.
- Si bien se desarrolló una sectorización de las redes, esto no es de implementación instantánea y sencilla. Es decir, la posible desactualización del catastro de redes, hace necesario validar que todo funcione según lo planificado o realizar las rectificaciones necesarias para lograr la correcta sectorización que permita reordenar las redes y tener un control permanente del flujo del agua sobre las mismas.

12. Bibliografía

- AFERAS. El régimen tarifario en los Servicios de Agua Potable y Saneamiento.
- ASSA. Presentación PPT de ANF dictado por el Ing. Miguel Durando.
- Fluence. ¿Qué es el Agua No Contabilizada?, <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-agua-no-contabilizada/>
- WB-EasyCalc The free wáter balance software. Versión 6.17 (19 August 2021); www.liemberger.cc
- UNR. Curso de Agua No Contabilizada dictada por el Dr. Ing. Juan Ignacio Recabeitia.
- IWA. Best Practice Water Balance; <https://www.leakssuitelibrary.com/iwa-water-balance/>
- MIDEPLAN & Pontífica Universidad Católica de Chile. Reducción de Pérdidas en Sistemas de Agua Potable. Santiago, Chile.
- Reglamento Técnico y Metrológico de Medidores de Agua Fría (normativa federal, Resolución n° 402/2020).
- Informes de auditoría realizados por HYTSA ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A. con emisión en enero del año 2020.